

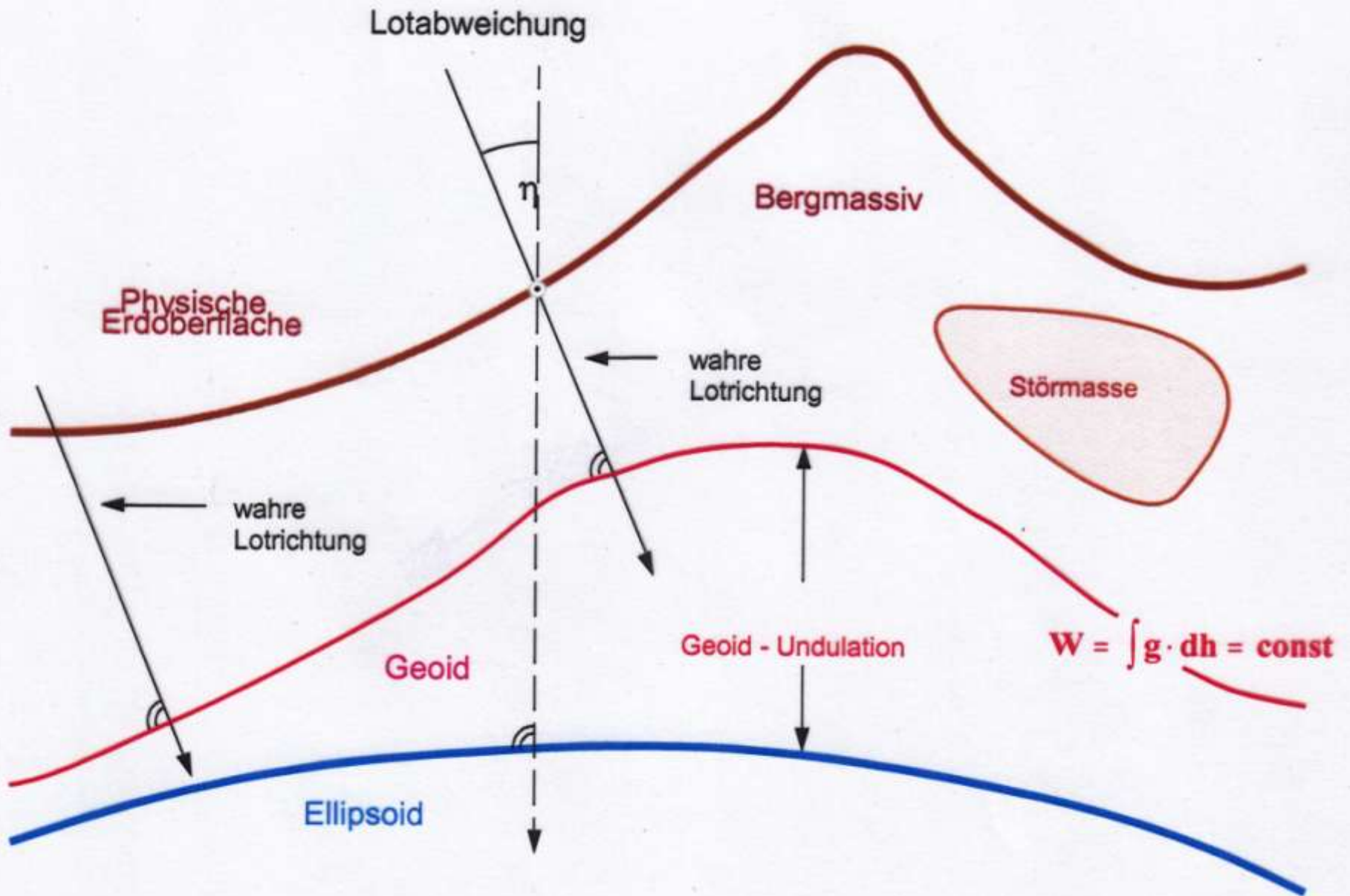
Nivellement

- Römisch- Gallisches Anschlußnivellement -



Geoid und Schwerkraft

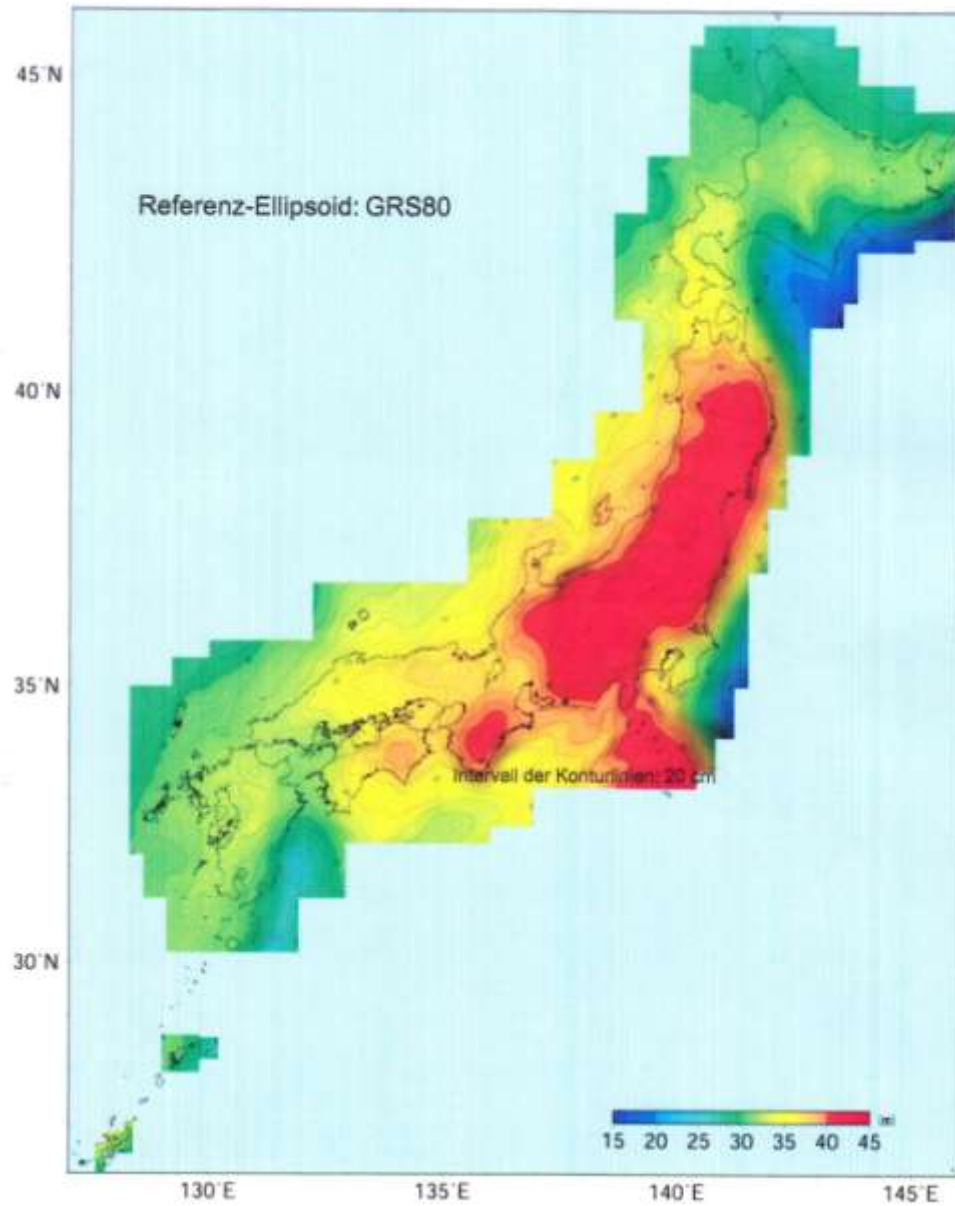
Die Definition des **Geoides** als **physikalische Ersatzfläche** der Erde geht auf **C.F. Gauß** zurück. Es ist eine gedachte Fläche, die überall orthogonal zur Richtung des lokalen Schwerkraftvektors und damit zur lokalen **“wahren Lotrichtung”** steht.



Aufgrund seiner Definition ist das Geoid eine **Äquipotenzialfläche** und stellt in der Landesvermessung den Bezug für **Höhen-** und **Schweremessungen** dar.

Die örtlich unterschiedlichen Abweichungen dieser Bezugsfläche von der mathematisch definierten Erdfigur eines **Rotationsellipsoides** werden als **“Geoid - Undulationen”** bezeichnet.

Geoid-Undulationen im Bereich der japanischen Inseln



Höhenmessung

Meßverfahren

- geometrisches Nivellement

horizontaler Zielstrahl zu vertikalen Latten
→ Nivelliere

- trigonometrische(s) Höhenmessung, Nivellement

geneigter Zielstrahl → Messung des Zenitwinkels
und der Entfernung.
Theodolit, (Reduktions-,
elektronische-) Tachymeter

- hydrostatisches Nivellement

Gesetz der kommunizierenden Röhren
→ Schlauchwaage, Kanalwaage

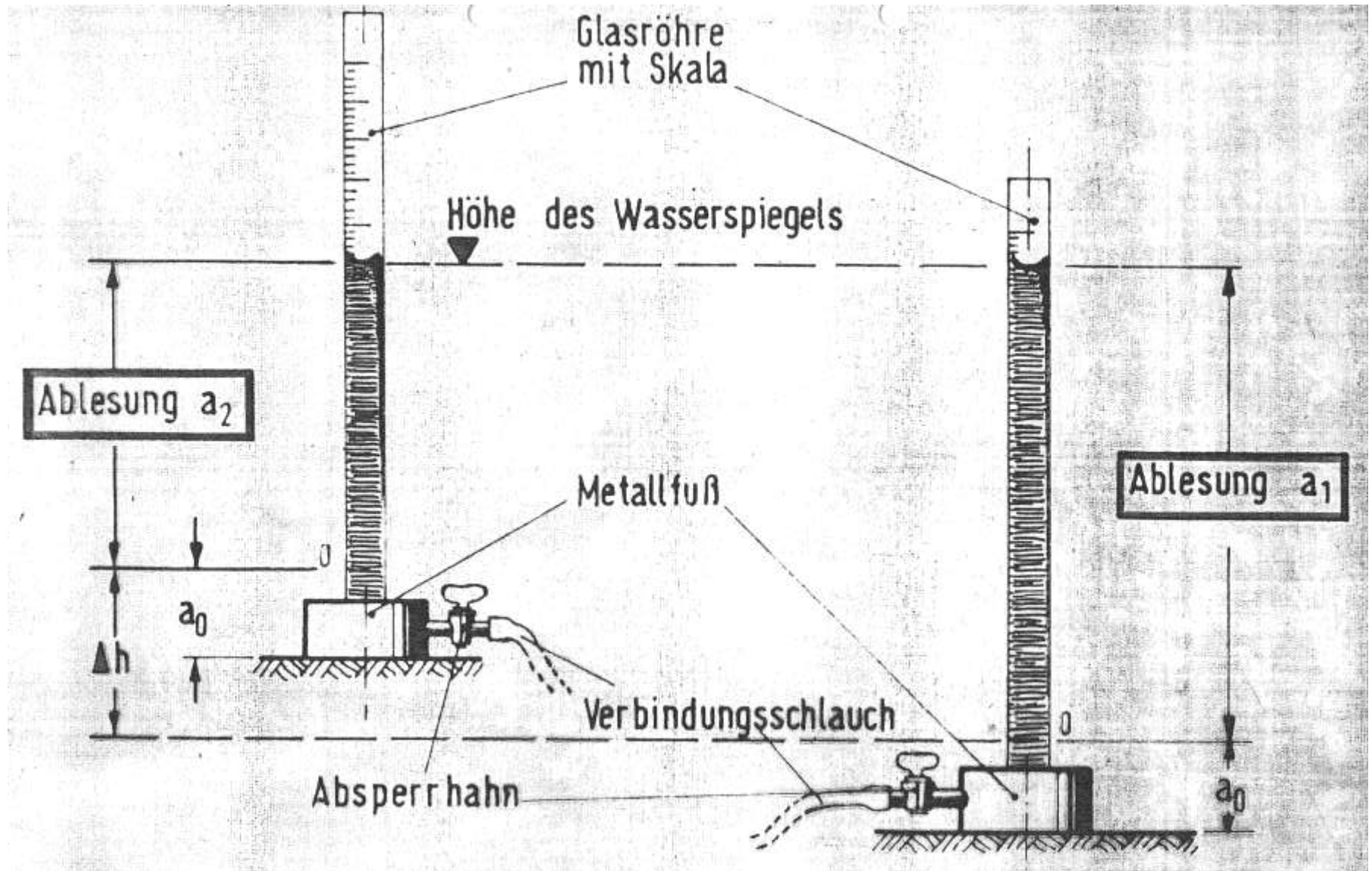
- barometrische Höhenmessung

hydrostatische Grundgleichung $dp = -g \rho dh$
→ Barometer, Altimeter

- Satellitenmessung, Echolot

dreidimensionale Punktbestimmung,
Abstandsmessung (ellipsoidische Höhe)
→ GPS, Laserscanning,
Altimetrie

Prinzip des hydrostatischen Nivellements



Einteilung der Nivelliere

- nach Horizontierung des Zielstrahls

- Libellennivelliere

- Nivelliere mit Kippschraube
- Nivelliere ohne Kippschraube

- Kompensatornivelliere

- optisch-, mechanische Baugruppe
- Kompensationsverhältnis
- Dämpfung

- nach Art der Ablesung

- optisch-mechanische Nivelliere
- Digitalnivelliere

- nach Genauigkeit

- Feinnivelliere $\sigma = 0,2-0,5 \text{ mm} / 1 \text{ km Doppelnivellement}$
- Ingenieurnivelliere $\sigma = 1,0-2,5 \text{ mm} / 1 \text{ km Doppelnivellement}$
- Baunivelliere $\sigma = 3,0-5,0 \text{ mm} / 1 \text{ km Doppelnivellement}$

Vgl. : DIN 18723 und DIN 18724:

Genauigkeitsuntersuchungen an geodätischen Instrumenten

Ausführungsformen von Nivellierinstrumenten:

Beschreibung	Baunivelliere	Ingenieurnivelliere	Feinnivelliere
s_{1km} Fernrohrvergrößerung: Anwendungsgebiete: Beispiele:	etwa 5 - 10 mm 20 -25fach hauptsächlich auf Baustellen: im Hoch-, Tief- und Ingenieurbau zur Angabe von Höhen Aufnahme von Geländelängs- und querprofilen (flaches Gelände) Höhenübertragung über Strecken Leica-Wild NA20 Zeiss Ni50	etwa 2 - 4 mm 25 - 30fach am Häufigsten verwendet, da am Vielseitigsten; Festpunktnivellements über größere Strecken; Höhenkontrollmessungen an Bauwerken, Straßen, im Brücken- und Tunnelbau; mittels aufsetzbarer planparalleler Platte für Feinnivellement aufrüstbar Zeiss Ni2 Leica-Wild NA2 (werden nicht mehr gebaut); Zeiss DiNi 20 (digital mit Selbstregistrierung); Leica-Wild NA 2002 (digital mit Selbstregistrierung);	etwa 0,4 mm (bei Verwendung einer Invarlatte) 25 - 50fach Ingenieurvermessung: Deformationsmessungen; Messungen im Landesnetz für höchste Genauigkeiten Leica-Wild N3 (wird nicht mehr gebaut) Zeiss DiNi 10 (digital mit Selbstregistrierung) Leica-Wild NA 3003 (digital mit Selbstregistrierung)

Nivellierinstrumente



```
graph TD; A[Nivellierinstrumente] --> B[mit Röhrenlibelle]; A --> C[mit Kompensator]; B --> D[mit Kippschraube  
(Fernrohr etwas kippbar)]; B --> E[ohne Kippschraube]; C --> F[mit Handaufschreibung]; C --> G[mit Selbstregistrierung]; C --> H[Rotationslaser];
```

The diagram is a hierarchical tree structure. At the top is a red box labeled 'Nivellierinstrumente'. Two arrows point down from this box to two separate boxes: 'mit Röhrenlibelle' (red) on the left and 'mit Kompensator' (green) on the right. From 'mit Röhrenlibelle', two arrows point down to 'mit Kippschraube (Fernrohr etwas kippbar)' and 'ohne Kippschraube'. From 'mit Kompensator', three arrows point down to 'mit Handaufschreibung', 'mit Selbstregistrierung', and 'Rotationslaser'.

mit Röhrenlibelle

mit Kompensator

mit Kippschraube
(Fernrohr etwas kippbar)

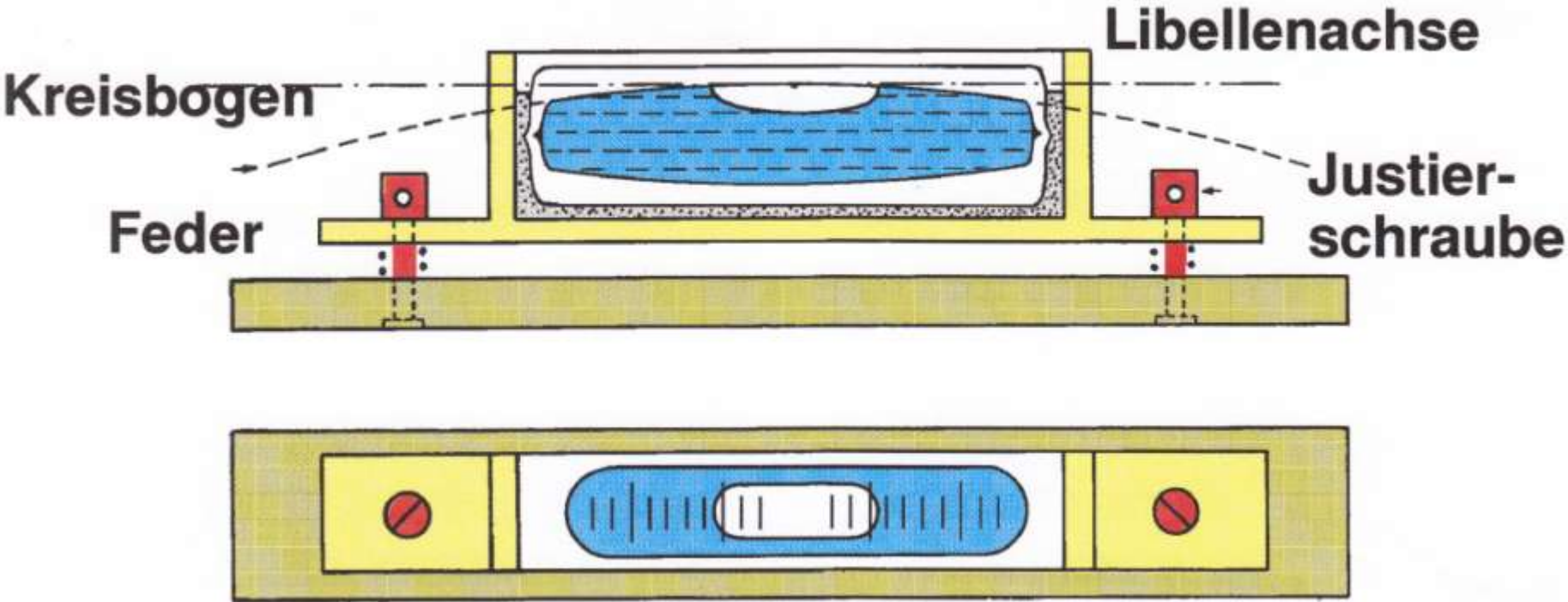
ohne Kippschraube

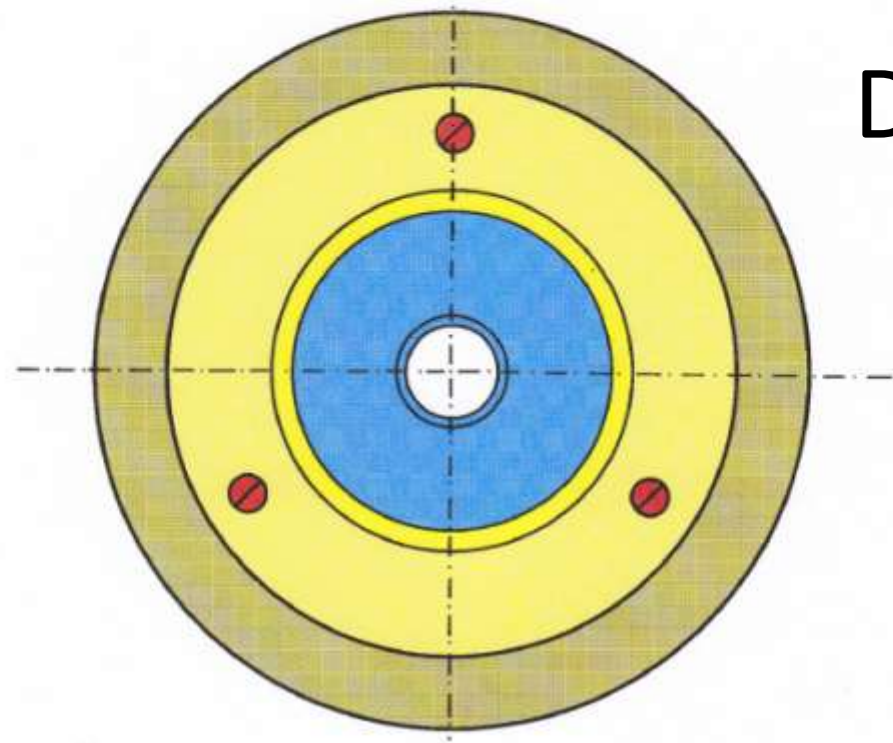
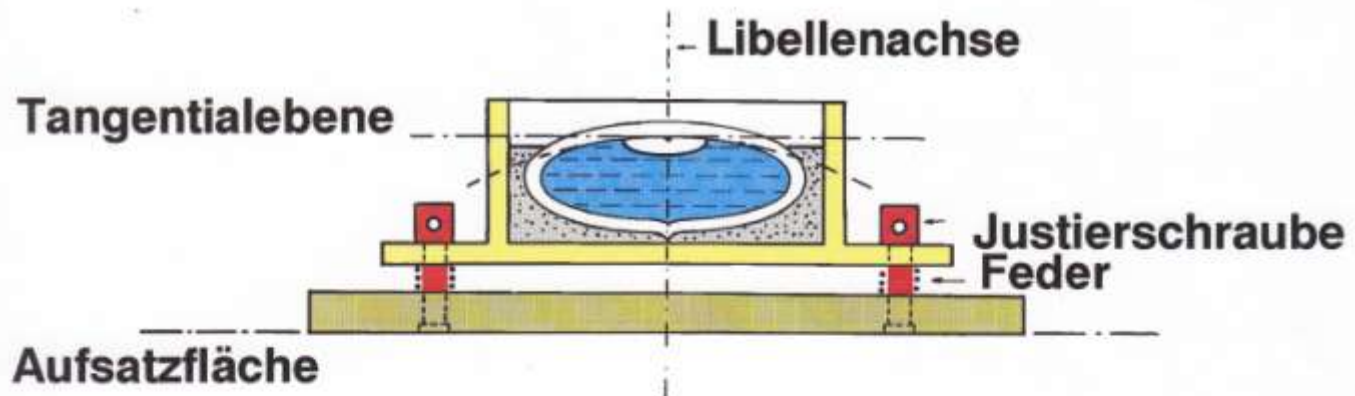
mit Handaufschreibung

mit Selbstregistrierung

Rotationslaser

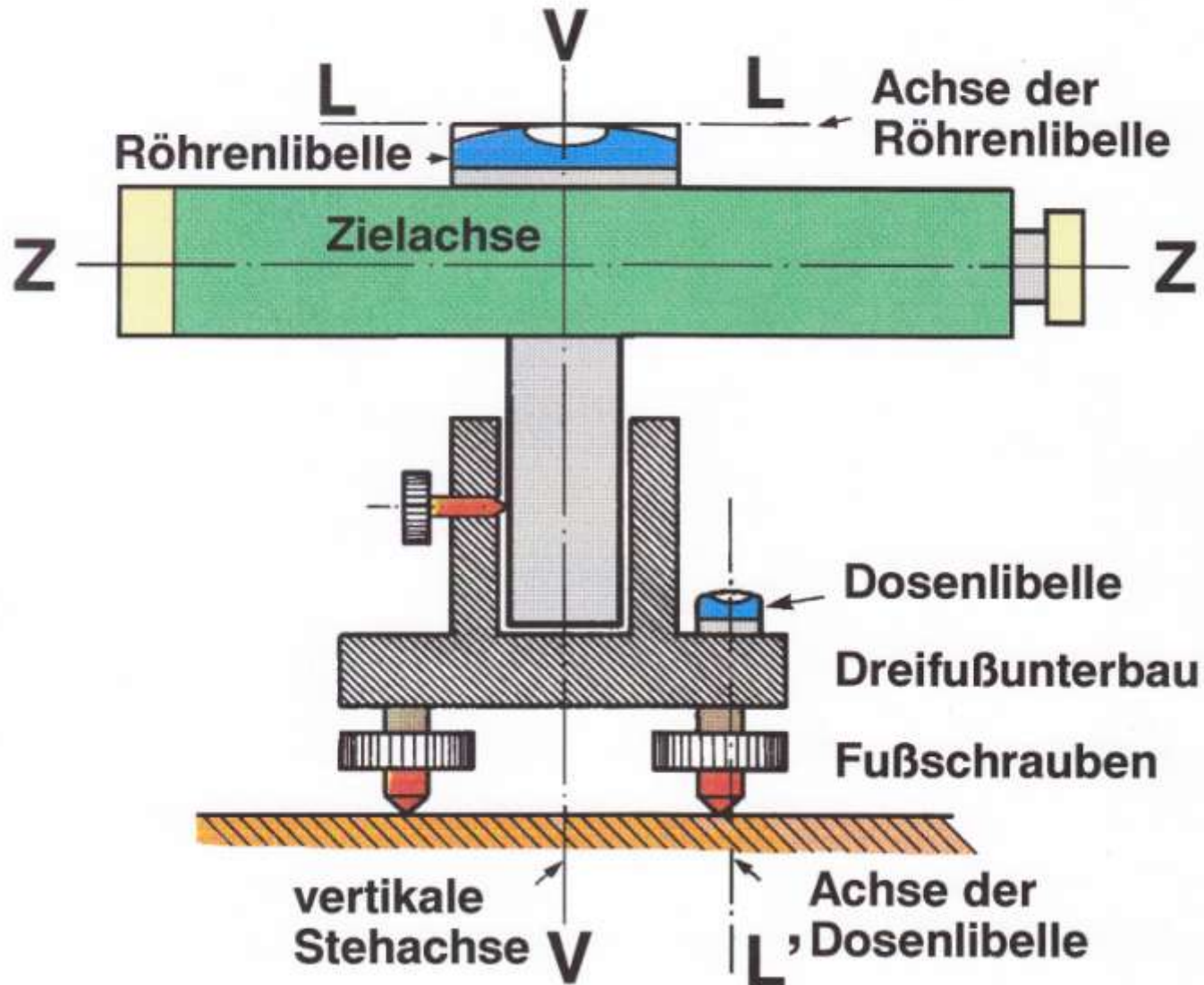
Röhrenlibelle



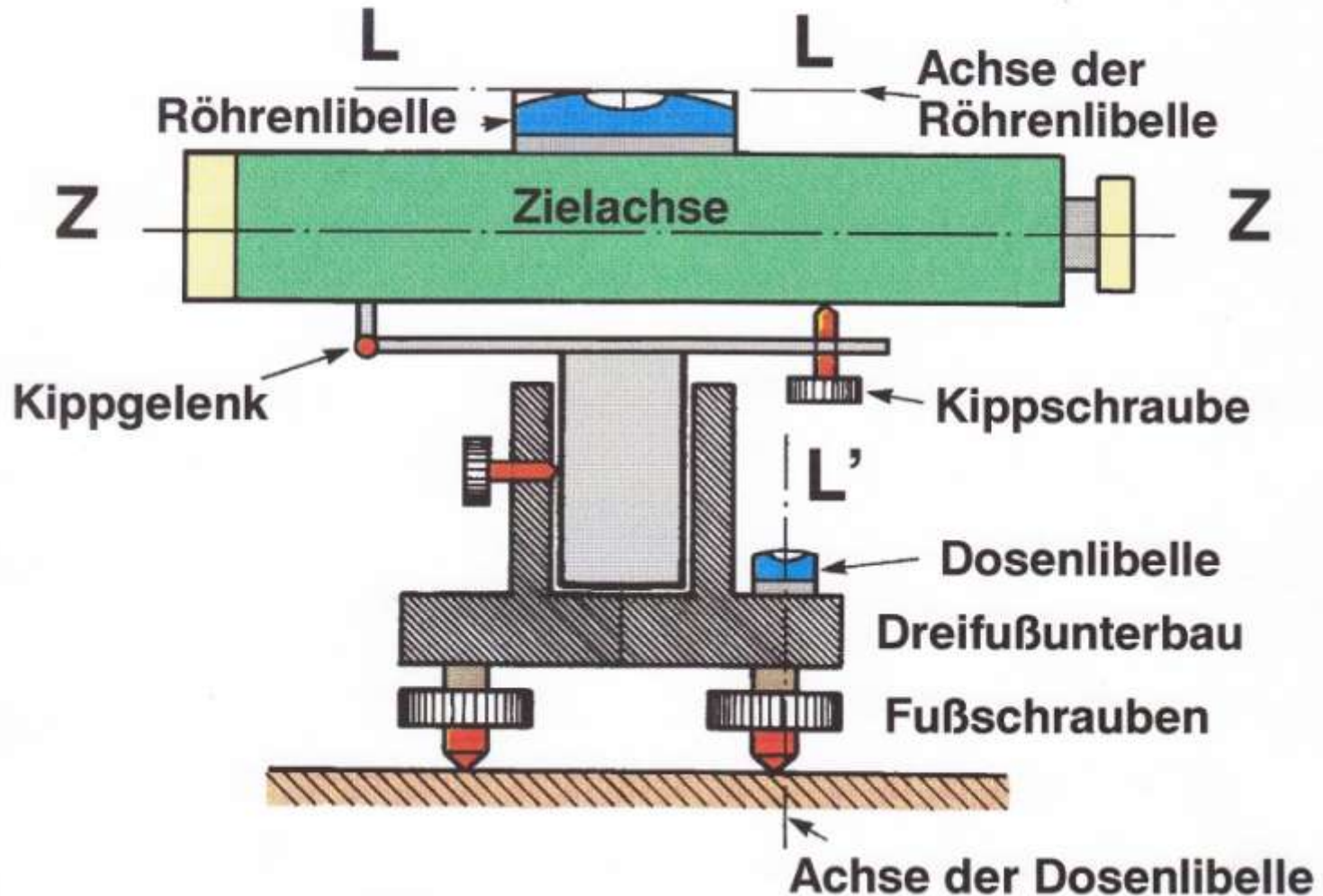


Dosenlibelle

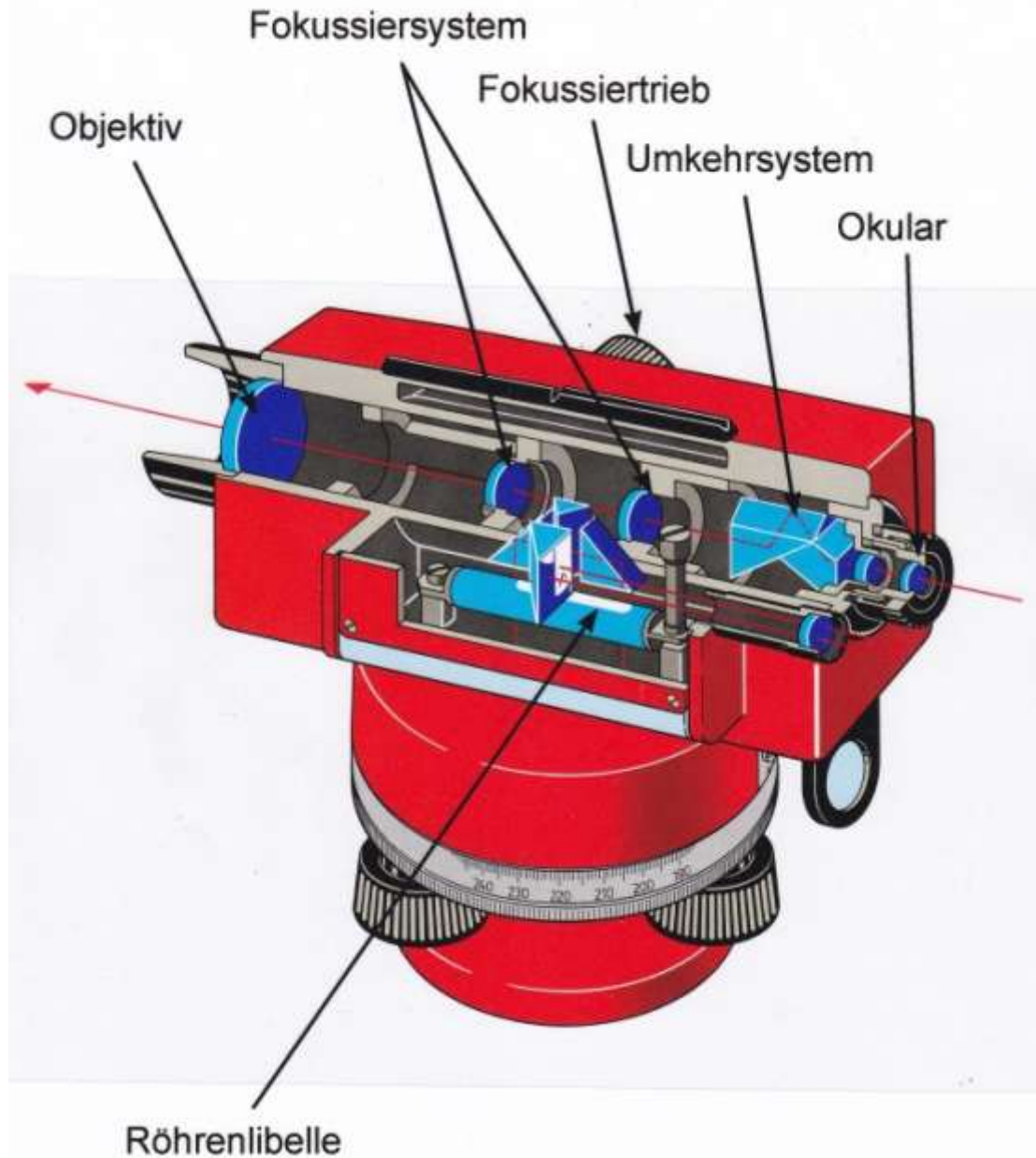
Prinzipieller Aufbau eines Libellennivelliers

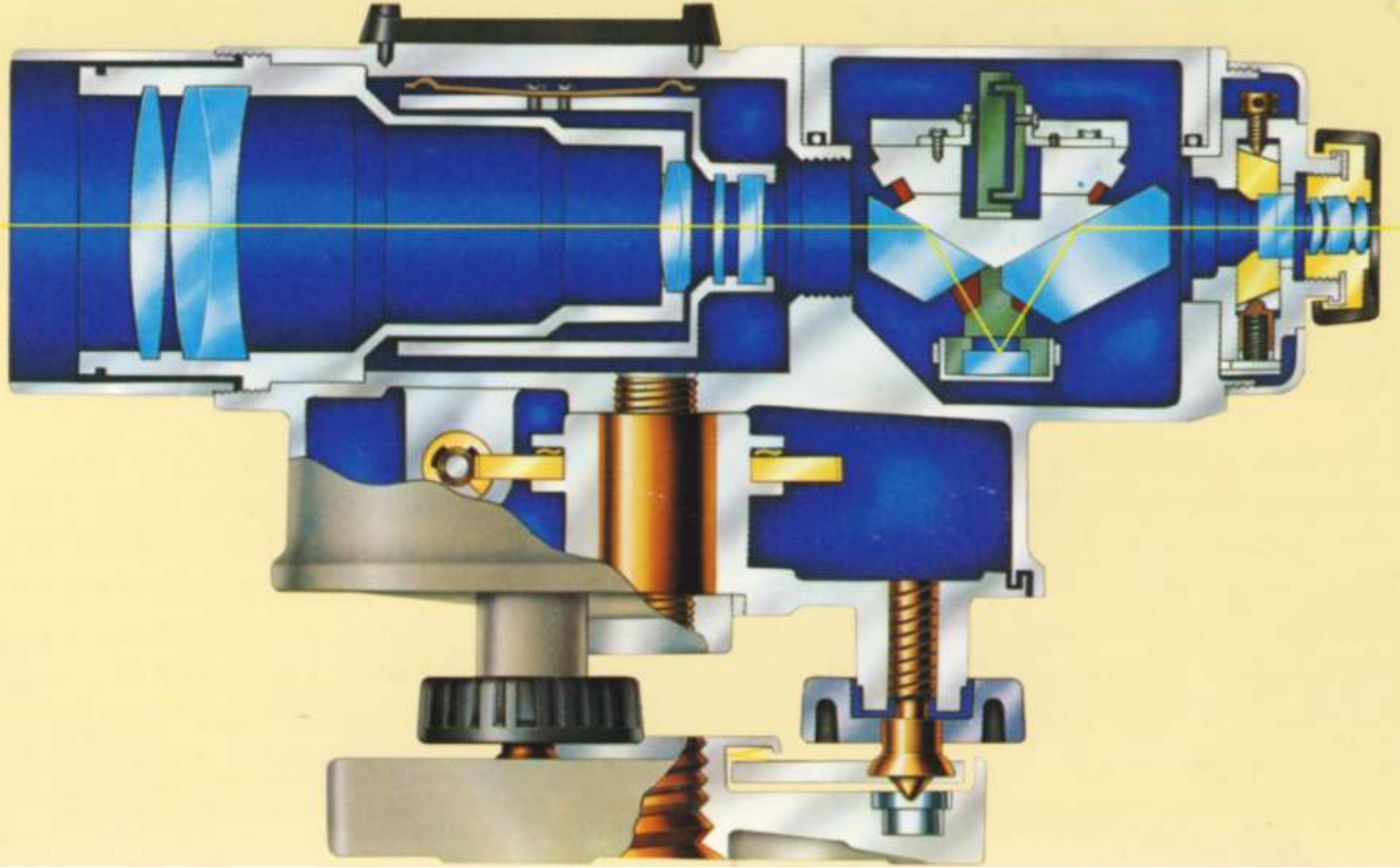


Prinzipieller Aufbau eines Libellennivelliers mit Kippschraube

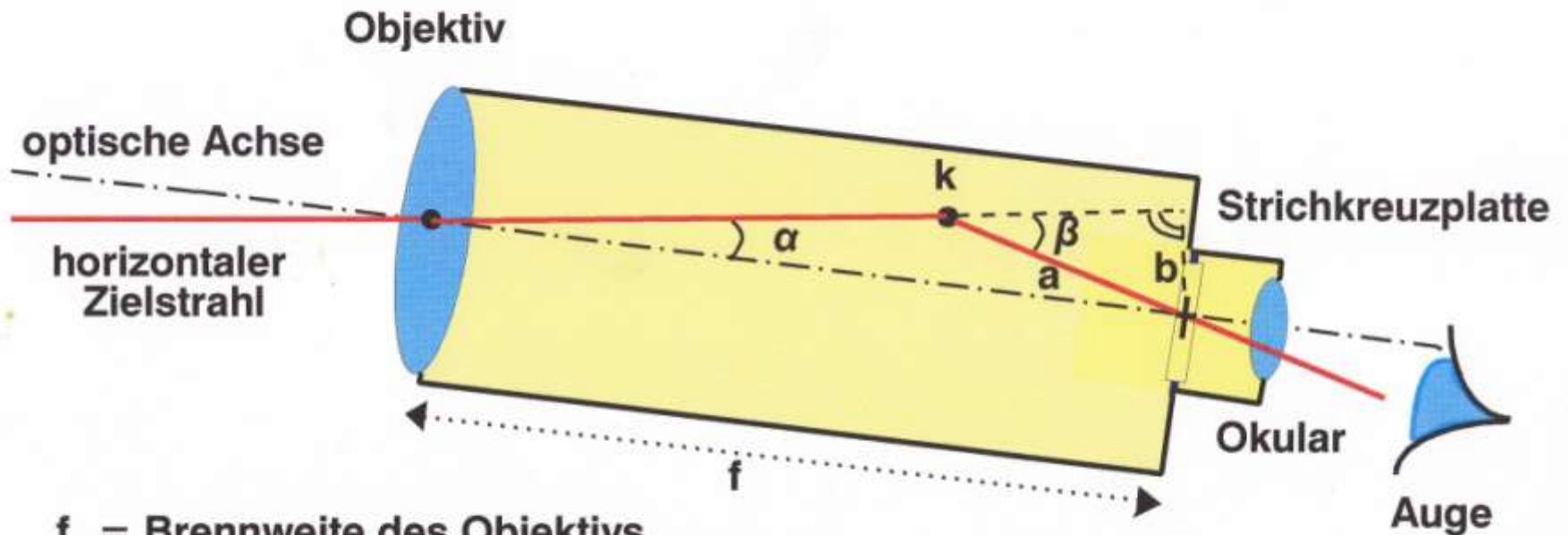


Einrichtungen am Meßfernrohr:





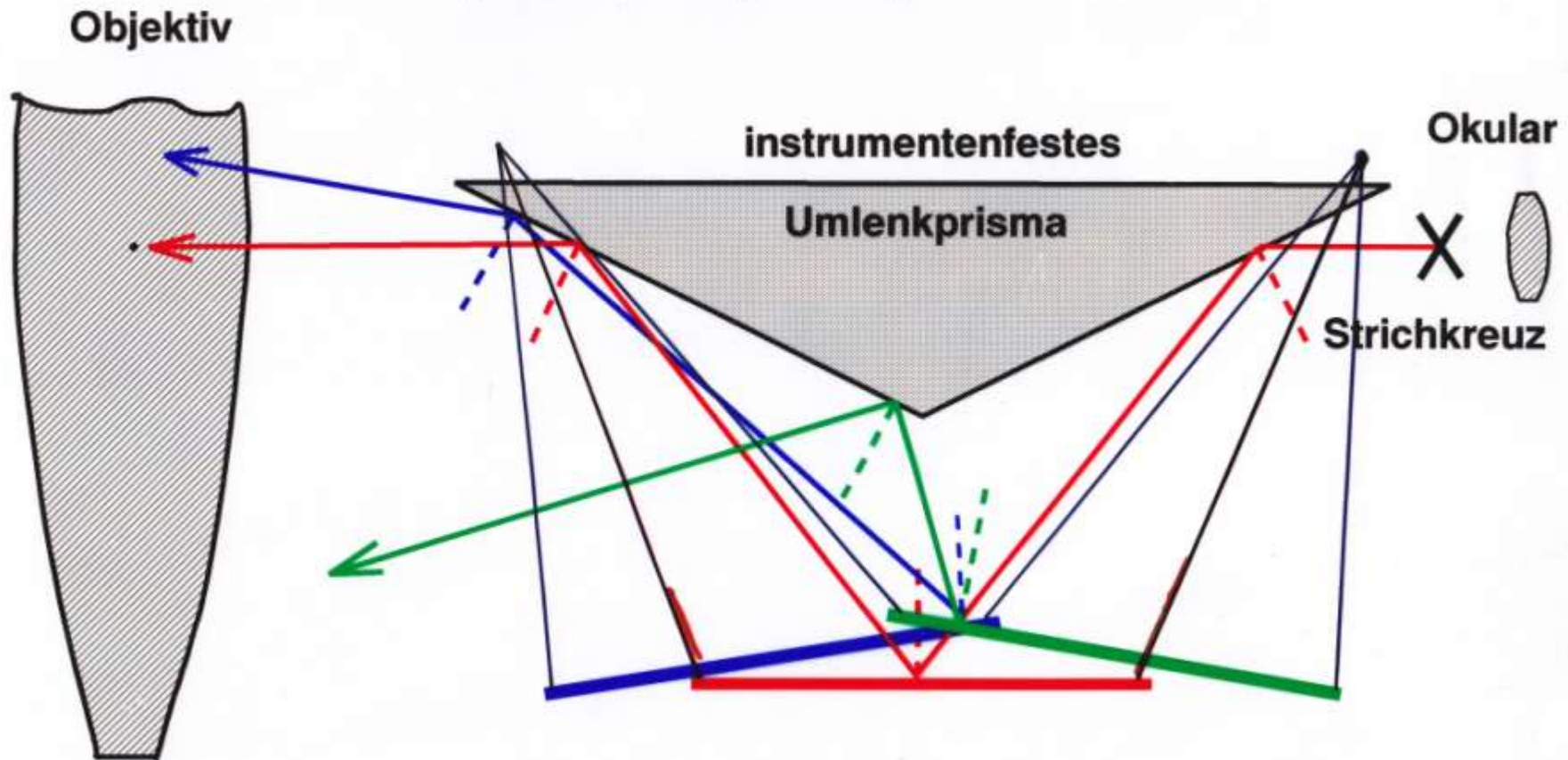
Funktionsprinzip eines Kompensators



- f = Brennweite des Objektivs
- K = Kompensator (optische Ablenkung)
- α = Instrumentenneigung zur Horizontalen
- β = Ablenkungswinkel des Kompensators

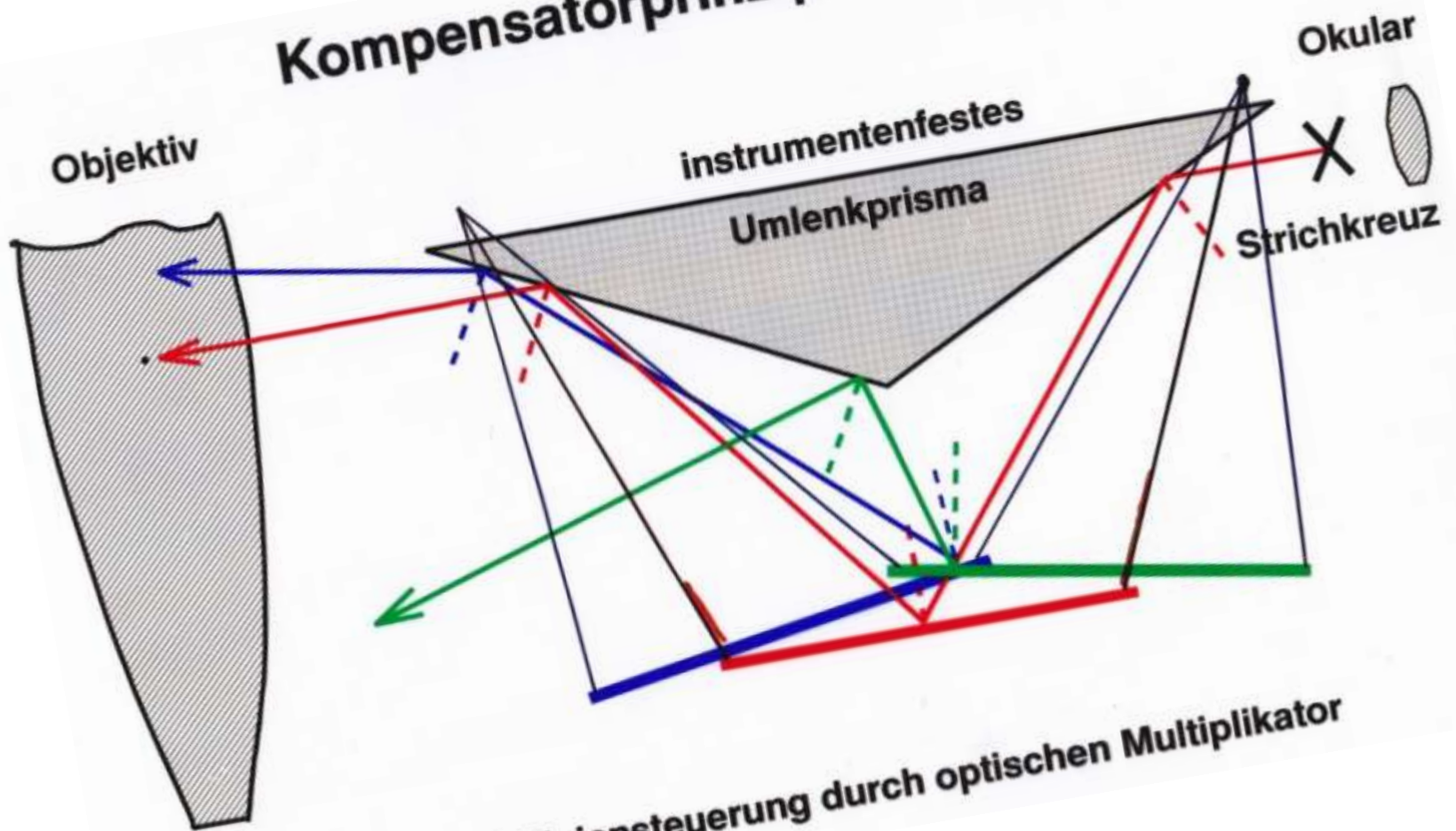
es gilt: $b / f = \alpha$ und $b / a = \beta \rightarrow \beta / \alpha = (b/a) \cdot (f/b) = f / a = n$
Die Größe n wird als **Kompensationsverhältnis** bezeichnet

Kompensatorprinzip Zeiss Ni2



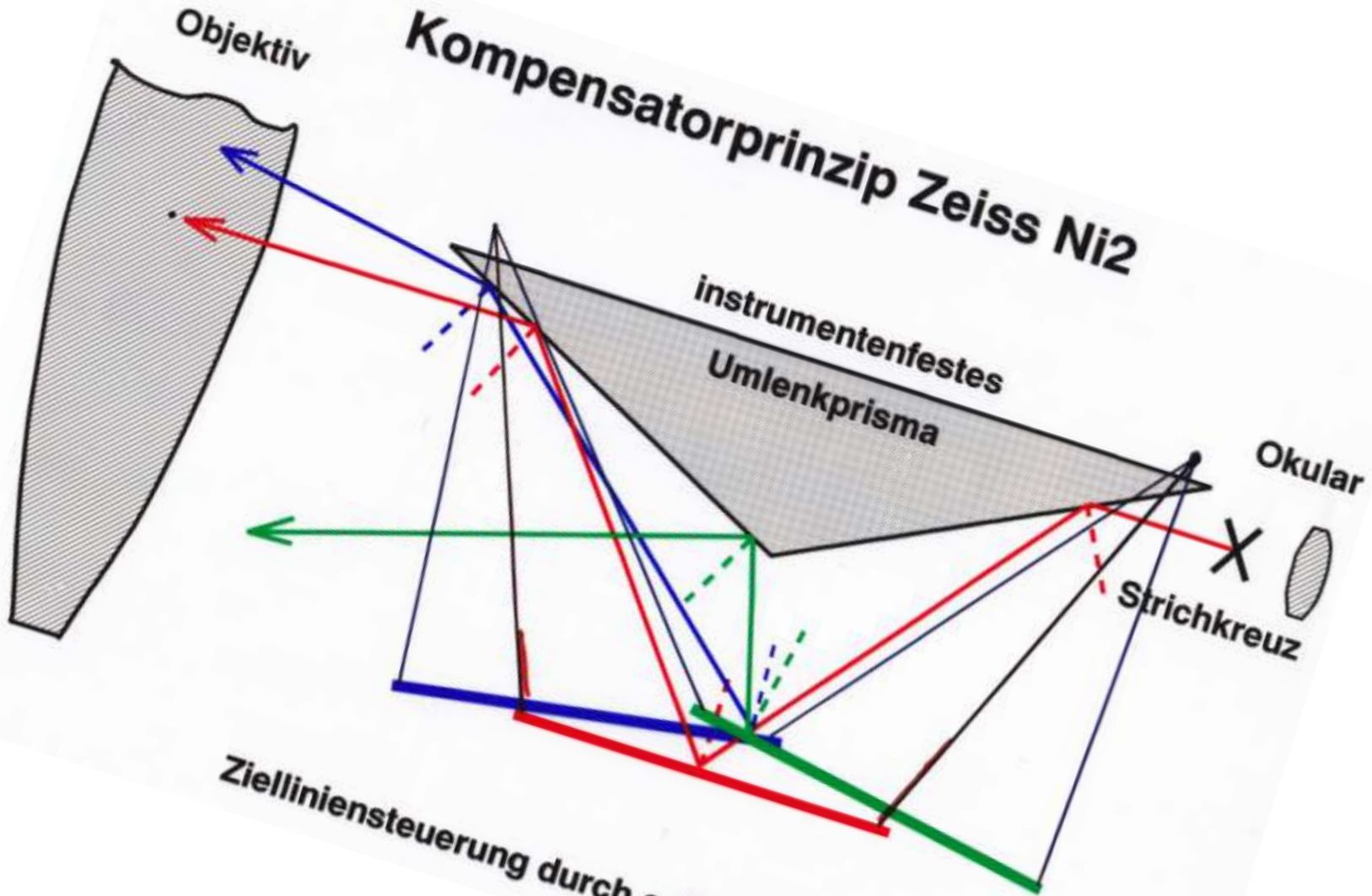
Zielliniensteuerung durch optischen Multiplikator

Kompensatorprinzip Zeiss Ni2



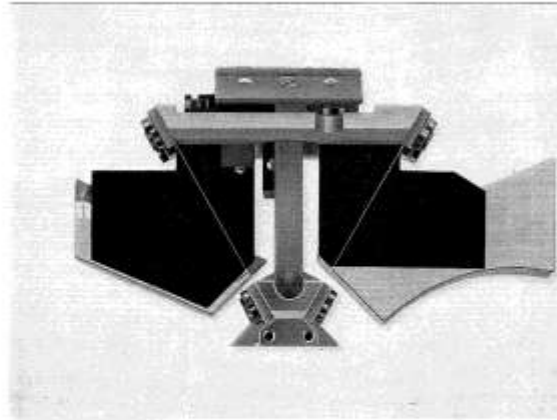
Zielliniensteuerung durch optischen Multiplikator

Kompensatorprinzip Zeiss Ni2



Zielliniensteuerung durch optischen Multiplikator

ZEISS Ni2 - Kompensator

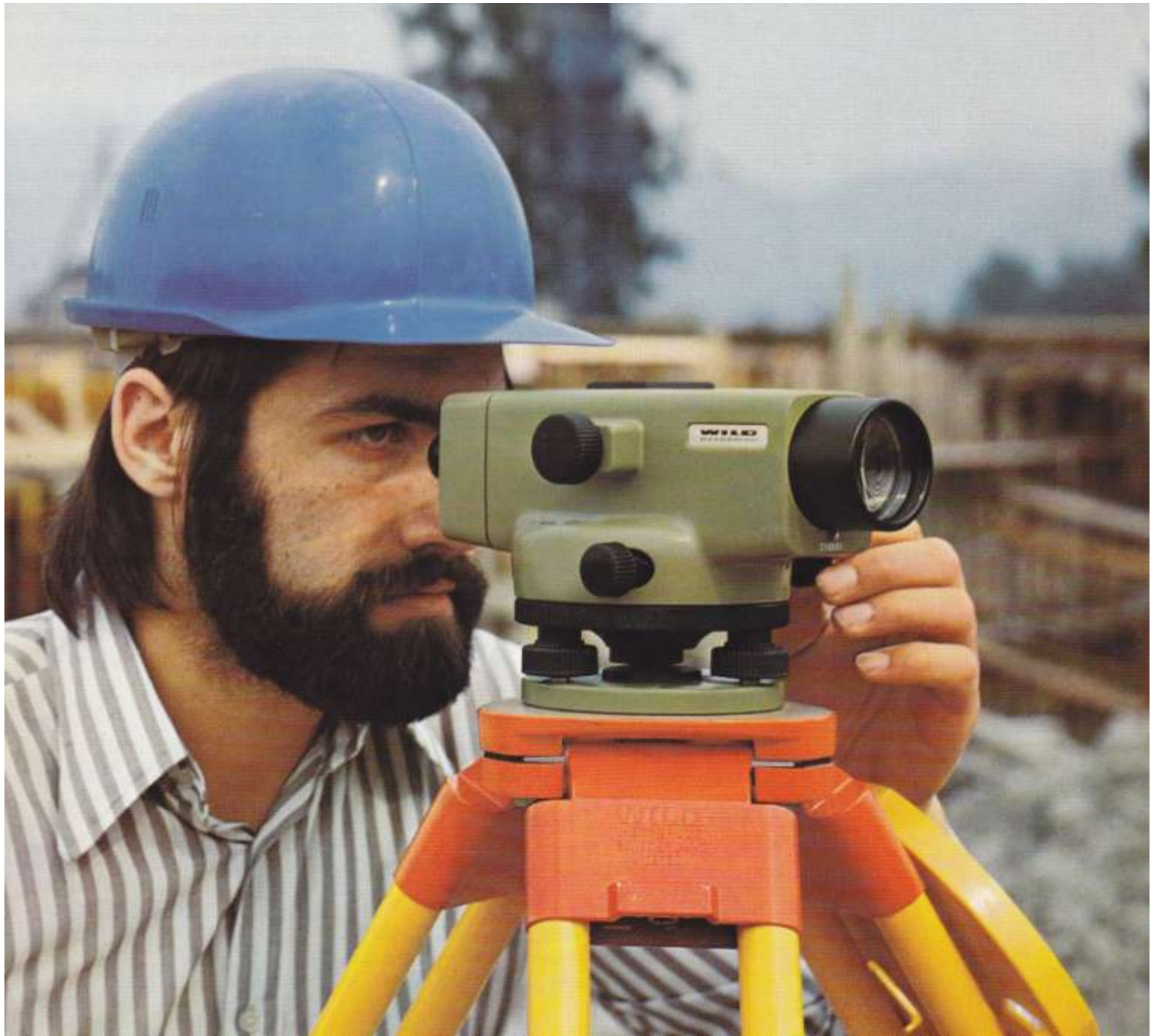


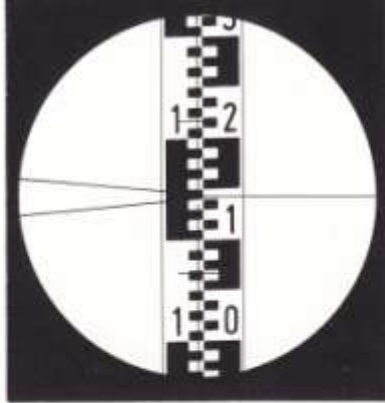
Der Zeiss-V Kompensator besteht aus einem an vier Drähten aufgehängten Prisma zur Stabilisierung der Ziellinie und dem damit starr verbundenen Präzisionszylinder zur Dämpfung der Schwingungen. Zwei weitere feste Prismen dienen der Strahlenumlenkung und Bildaufrichtung.

Die korrosionsbeständigen Drähte sind in Form eines V angeordnet. Jeder einzelne könnte 2000g tragen, das ganze Pendel wiegt nur 20g.

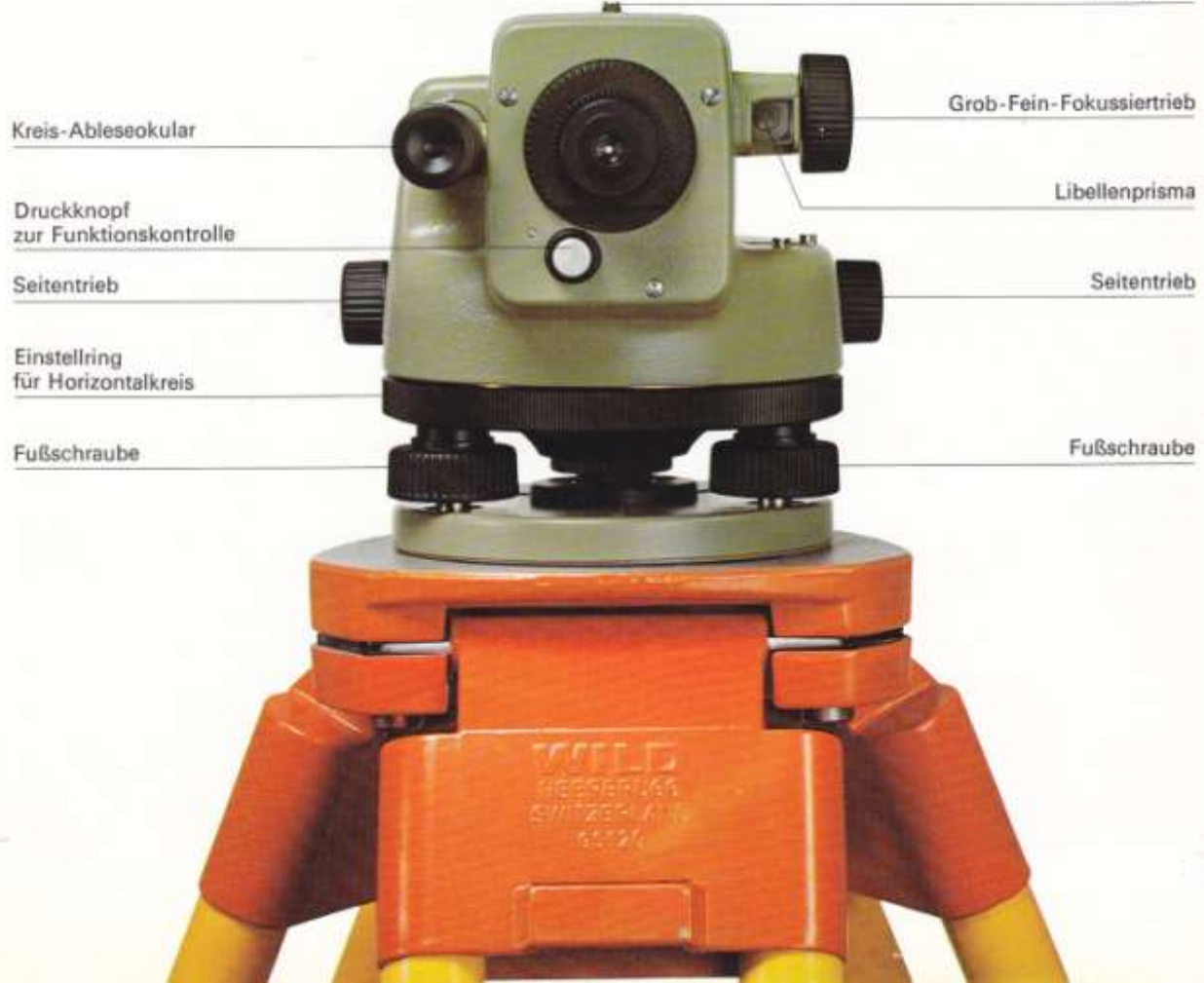
Dank der großen reduzierten Pendellänge von 13 cm hätte das Pendel - ohne Berücksichtigung der Dämpfung - die relativ niedrige Eigenfrequenz von 1,4 Hz. Die reibungslose Luftdämpfung sorgt zusätzlich für die Unterdrückung von Resonanzschwingungen und läßt die Eigenschwingungen des Pendels in ca. einer halben Zeitsekunde zur Ruhe kommen. Diese für die Praxis besonders wichtigen Eigenschaften erlauben Messungen auch bei Wind und Erschütterungen durch den Straßenverkehr.

Durch geeignete Materialauswahl werden Justierung und die Einspielgenauigkeit ($<0,2''$) von Temperaturänderungen praktisch nicht beeinflußt.





Visierleiste



Zubehör - Nivellement



4m

A



3m

B



C

Dosenlibelle
- fest montiert
- justierbar



Lattenrichter



Leichtmetall



Holz

Lattenuntersatz,
Bodenplatte
("Frosch")



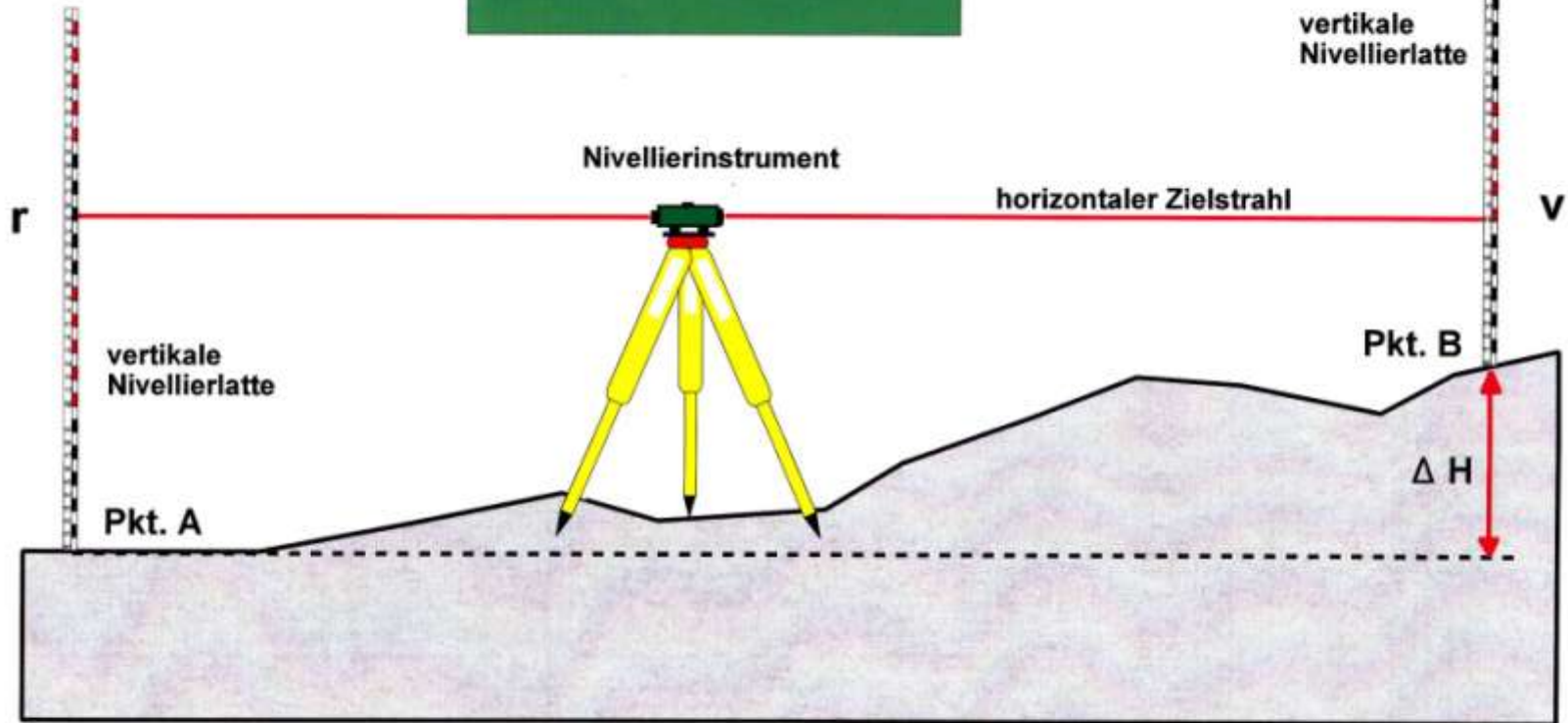
Nivellierlatten:

- A) Klapp-, Reisenivellierlatte
- B) Teleskop-Nivellierlatte
- C) Nivellier-Zollstock

RÜCKBLICK

$$\Delta H = r - v$$

VORBLICK

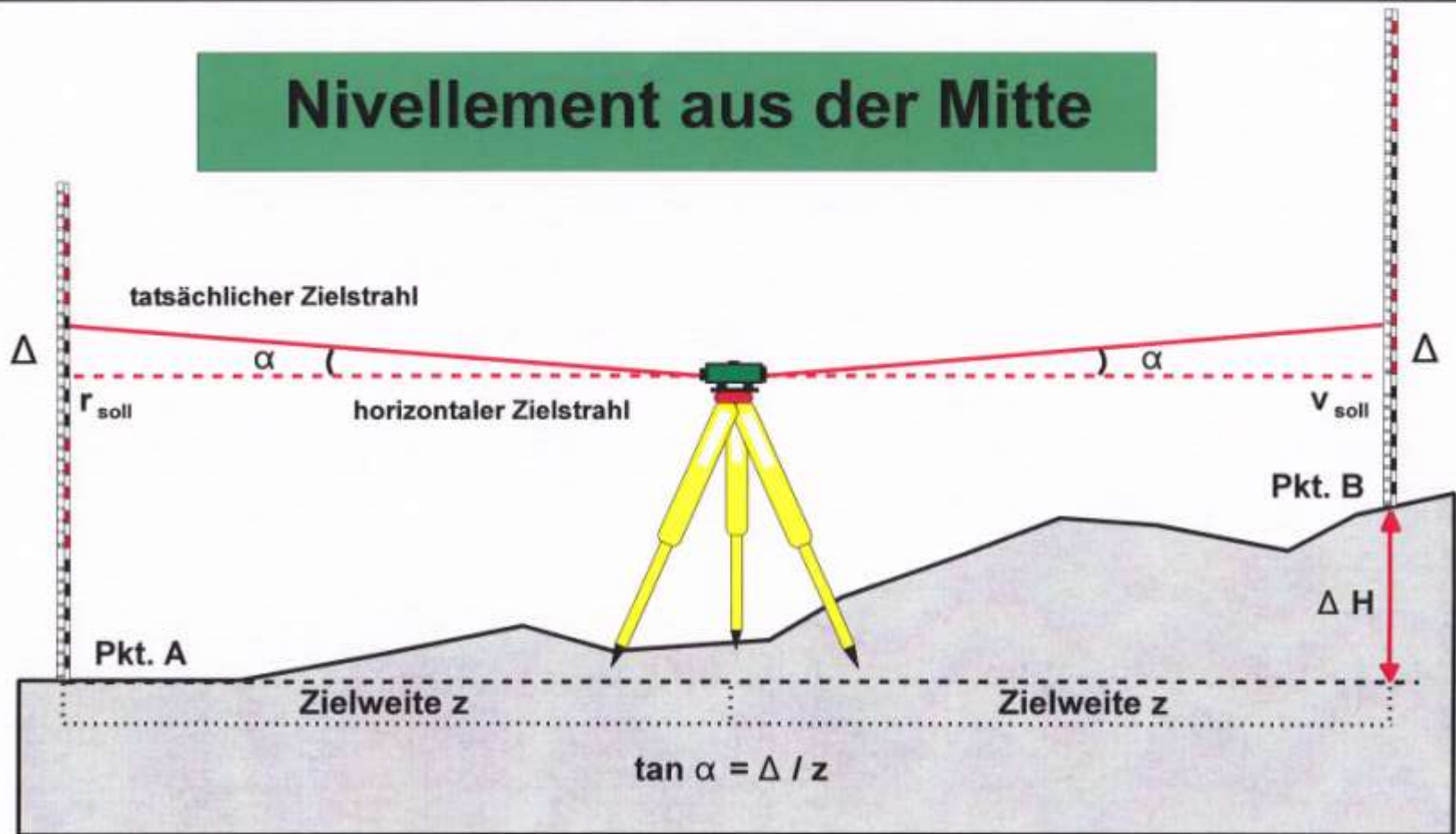


Prinzip des geometrischen Nivellements

Höhenunterschied von Pkt. A nach Pkt. B = Ablesung r (Rückblick) - Ablesung v (Vorblick)

Beispiel: $r=3.456$ m; $v=1.042$ m; $\Delta H = + 2.414$ m (steigend)

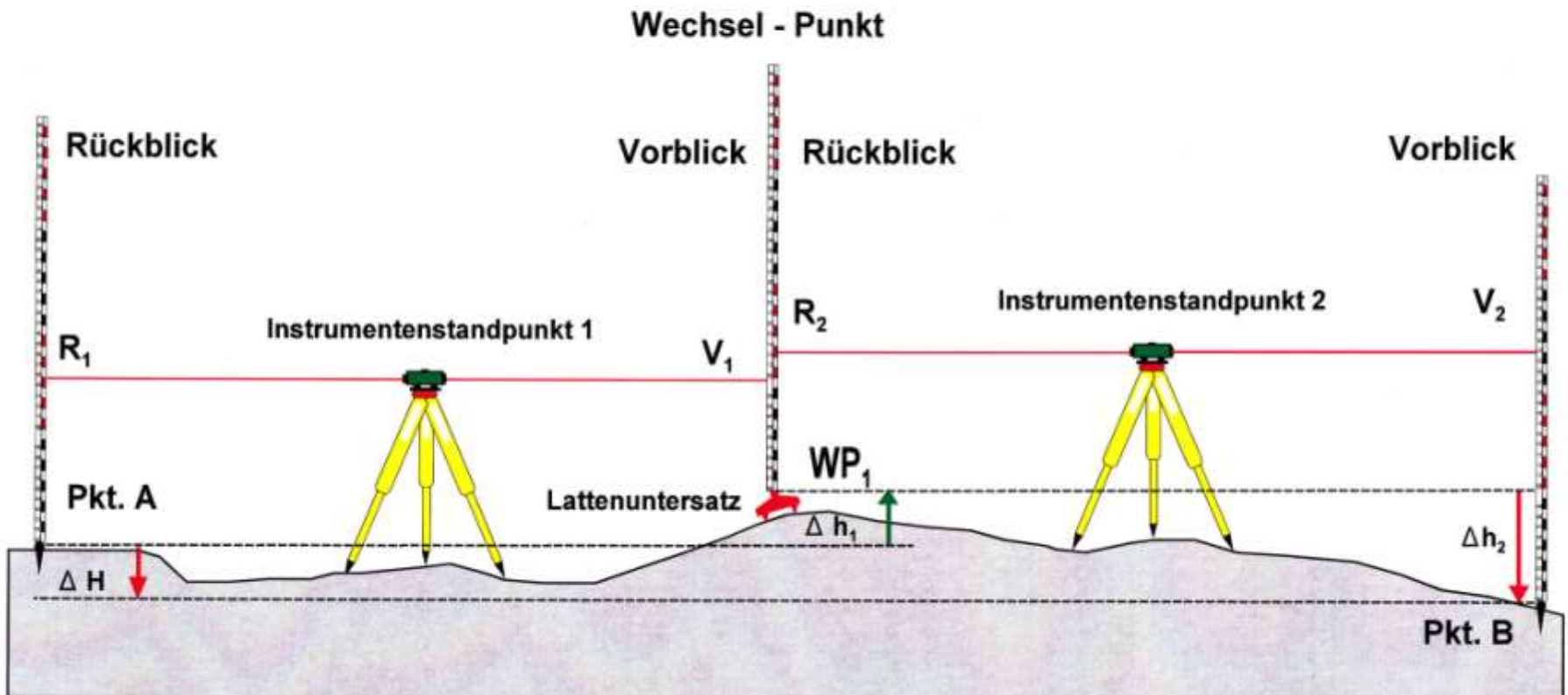
Nivellement aus der Mitte



Nivellement aus der Mitte: gleiche Zielweiten für Rückblick und Vorblick zur Eliminierung des Einflusses des Zielachsenfehlers α auf die Ablesungen

$$\Delta H_{\text{soll}} = (r_{\text{soll}} + \Delta) - (v_{\text{soll}} + \Delta) = r_{\text{soll}} - v_{\text{soll}}$$

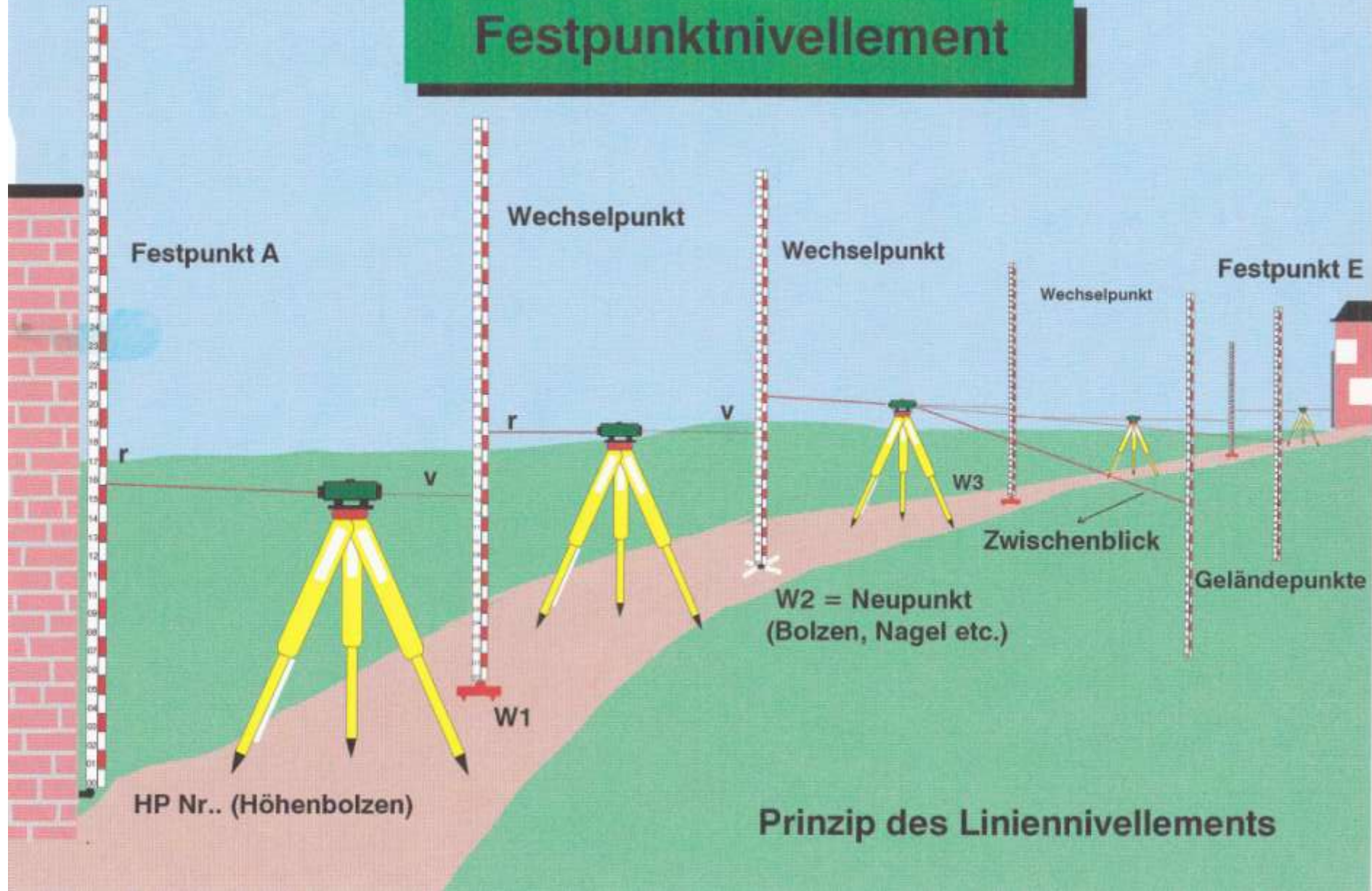
Prinzip des Liniennivellements: $\Delta H = \sum \Delta h_i$



Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen Festpunkt A und Festpunkt B durch Summation von Teilhöhenunterschieden. $\Delta H = +\Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots$

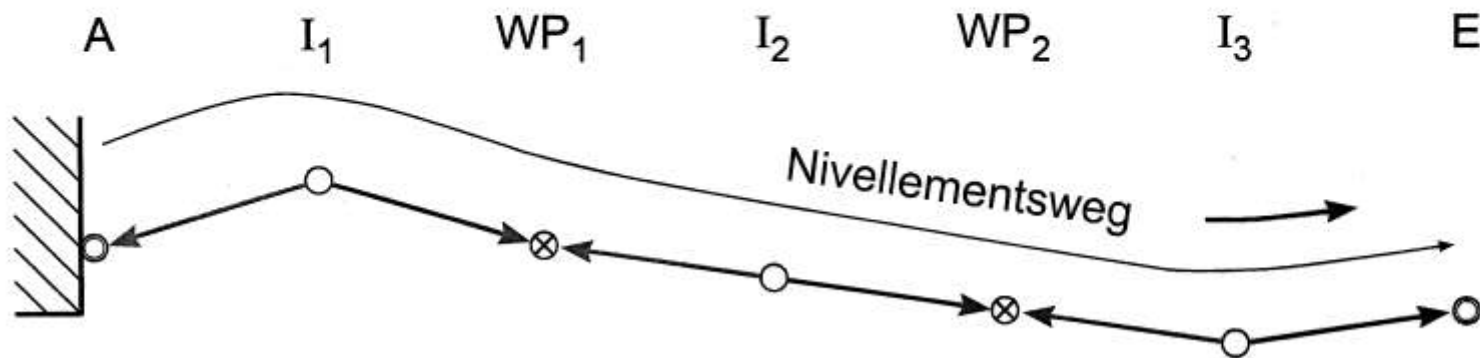
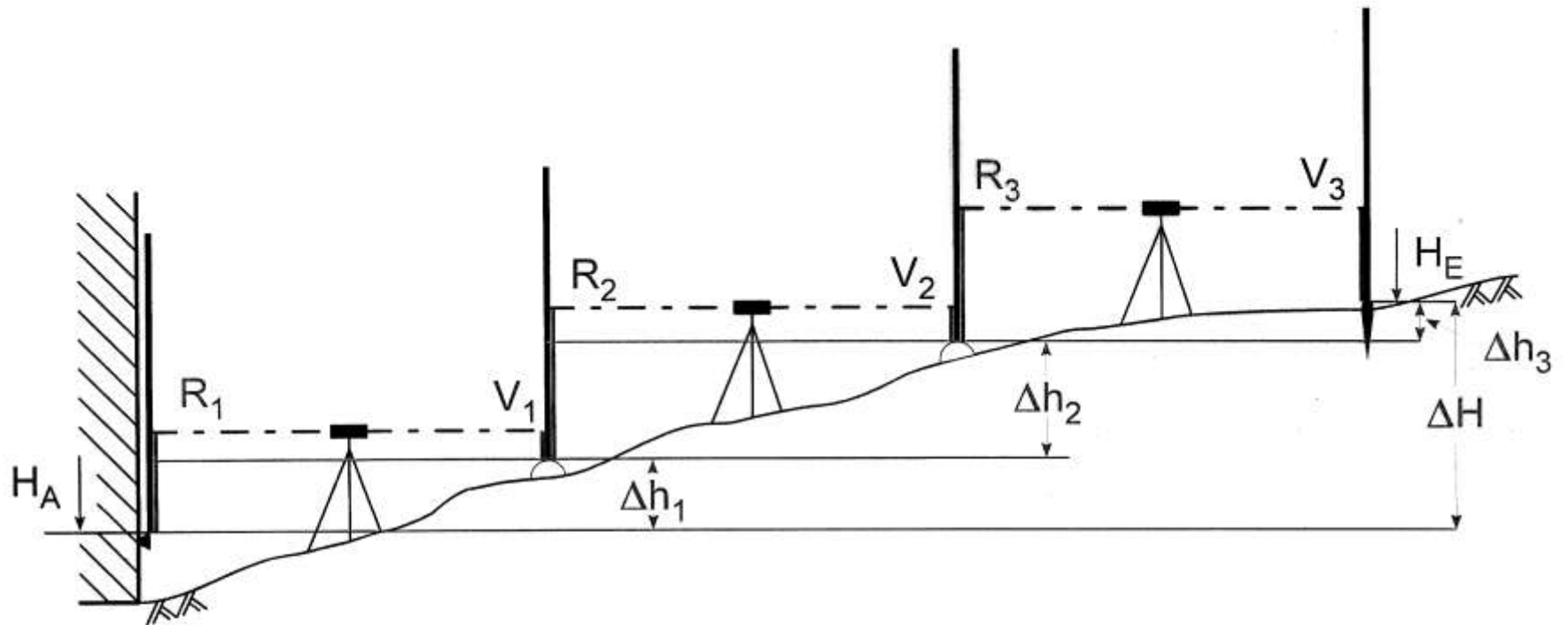
Beispiel: $\Delta H = (R_1 - V_1) + (R_2 - V_2) = (1,59 - 1,08) + (1,35 - 2,40) = -0,54 \text{ m (fallend)}$

Festpunktnivellement



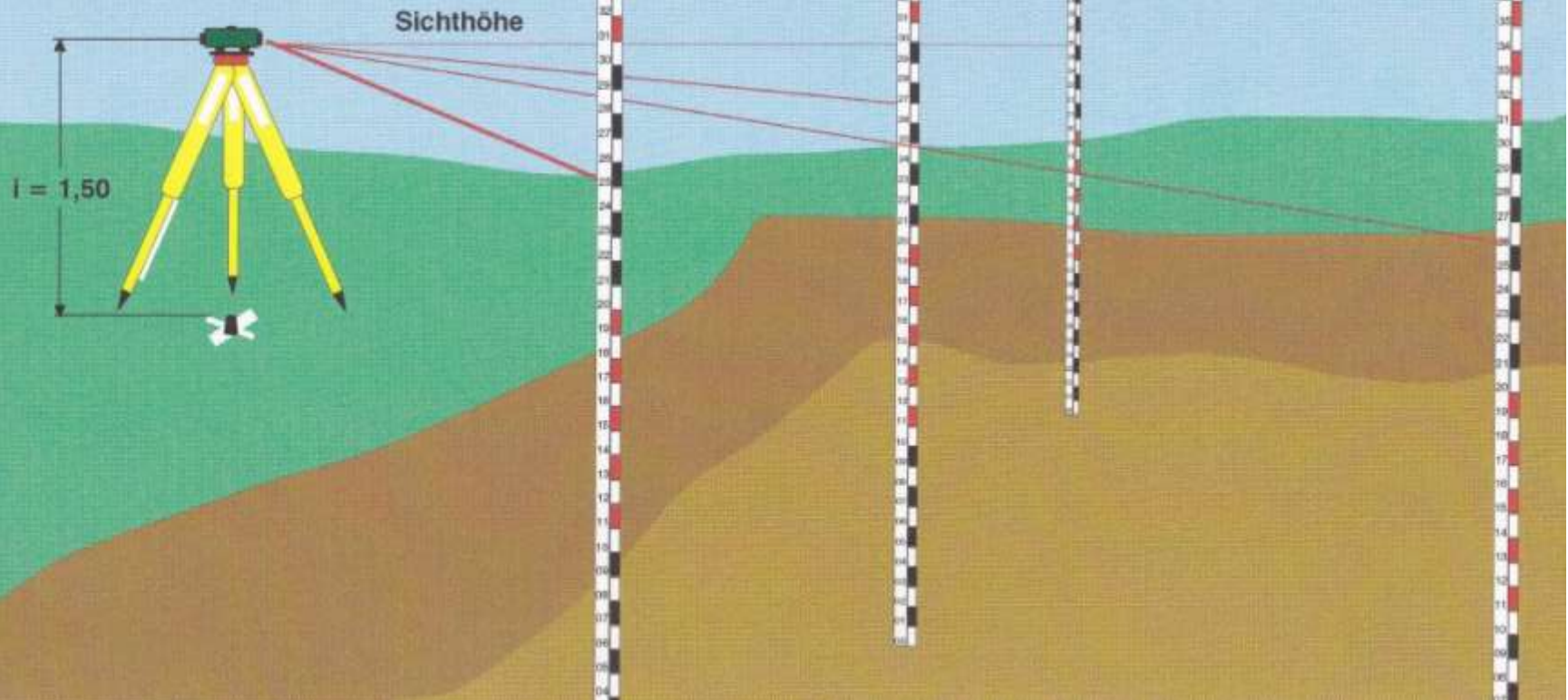


Schema des Liniennivellements:



Flächennivellement

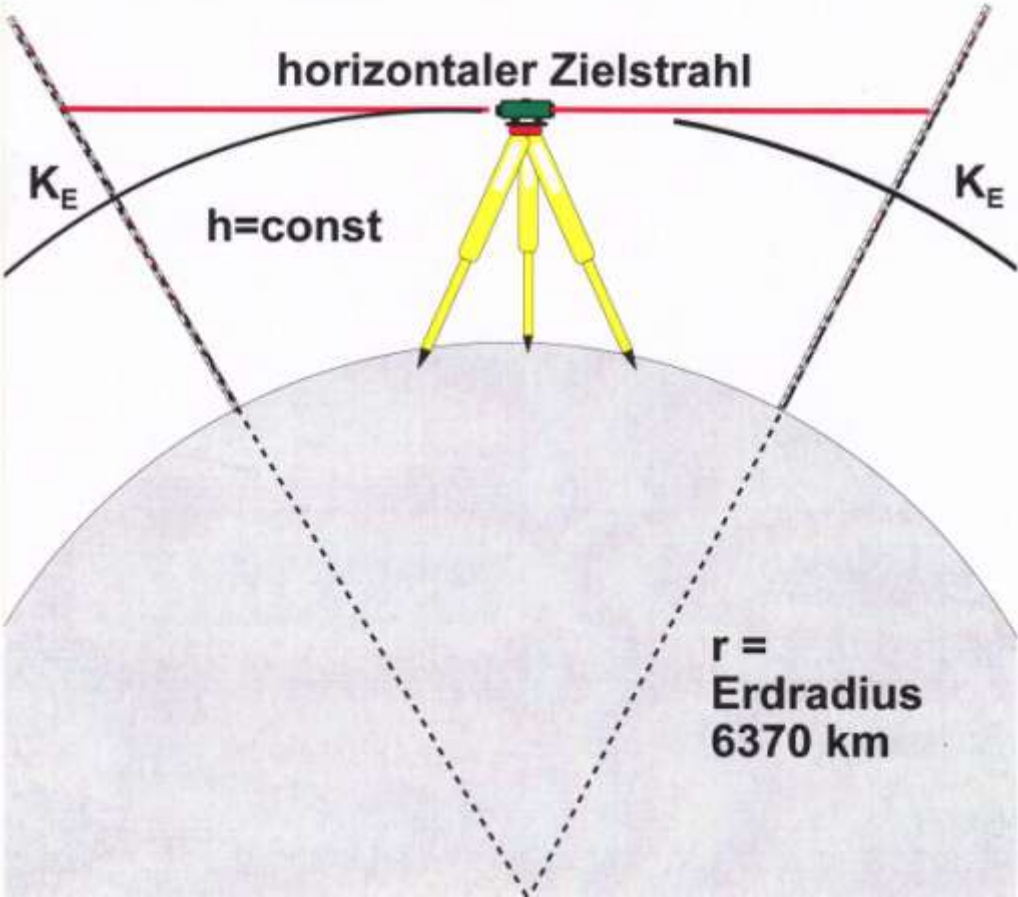
Die unveränderte Lage bzw. Höhe des Instrumentes ist regelmäßig zu überprüfen !



Einfluß der Erdkrümmung

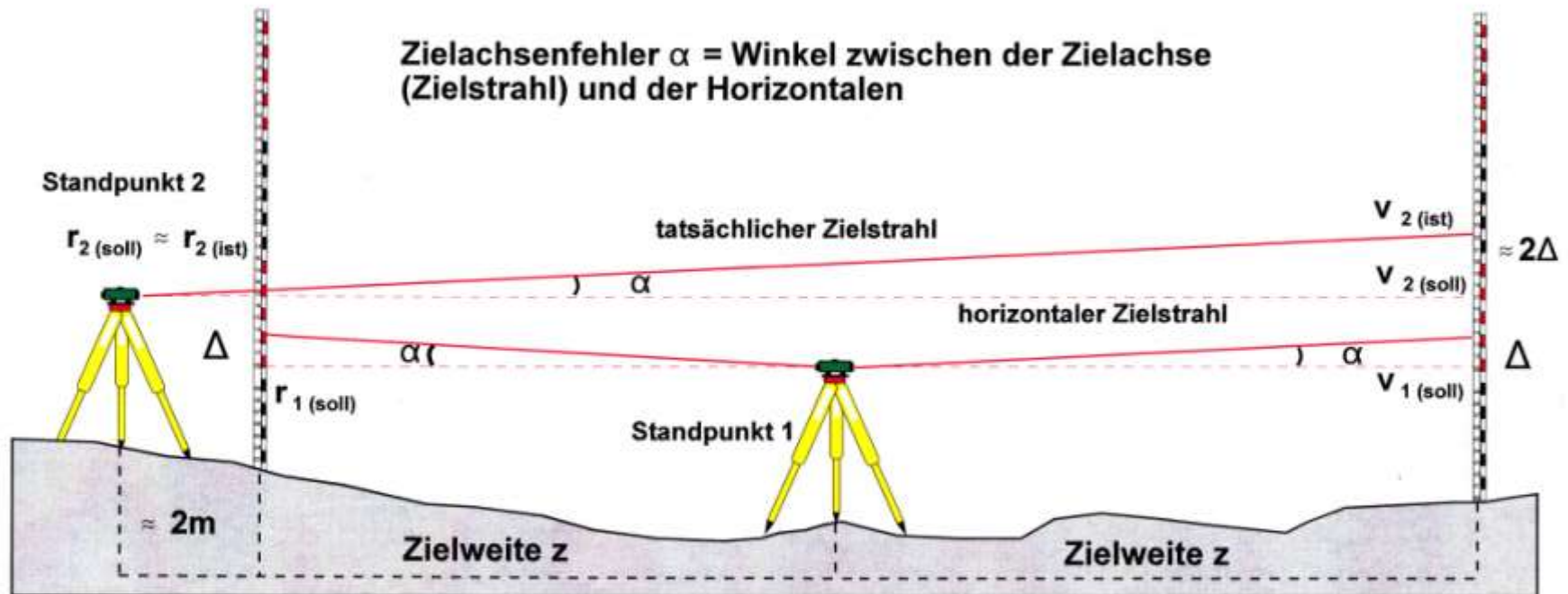
K_E = Einfluß der Erdkrümmung auf die
Ableseung.
 $= e^2/2r$

$e = 10\text{m}$	25m	50m	100m
$K_E = 0,01\text{mm}$	$0,05\text{mm}$	$0,2\text{mm}$	$0,8\text{mm}$



Nivellier -Überprüfung

Zielachsenfehler α = Winkel zwischen der Zielachse (Zielstrahl) und der Horizontalen



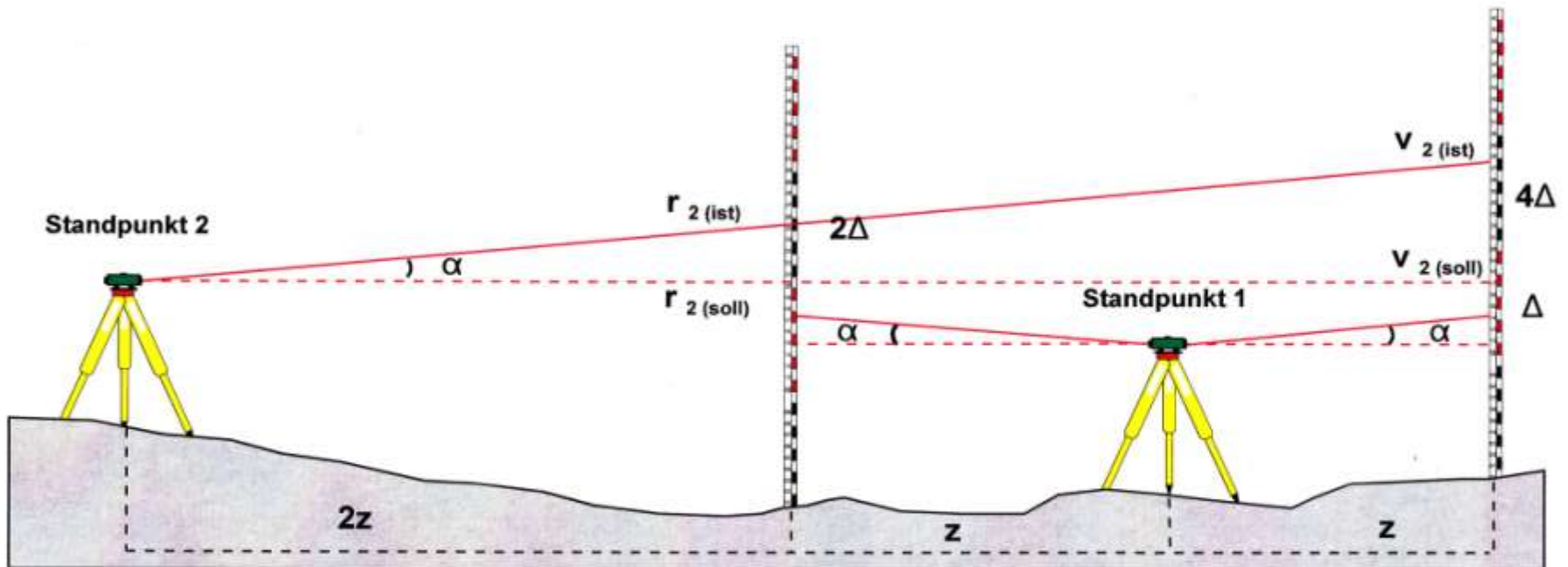
Feldverfahren zur Überprüfung und *Justierung* von Nivellieren

Instrumentenstandpunkt 1: Nivellement aus der Mitte $\rightarrow \Delta H_{\text{soll}}$

Instrumentenstandpunkt 2: bei unveränderten Lattenstandpunkten das Nivellier in kürzester Zielweite zu einer Nivellierlatte aufstellen $\rightarrow v_2(\text{soll}) = r_2 - \Delta H$

Weicht die Ablesung $v_2(\text{ist})$ vom berechneten Wert $v_2(\text{soll})$ ab wird justiert \rightarrow Verschiebung des Strichkreuzes bis der Zielstrahl die Soll-Ablesung trifft.

Nivellier -Überprüfung



Feldverfahren zur Überprüfung und *Justierung* von Nivellieren nach Kukkamäki

Instrumentenstandpunkt 1: Nivellement aus der Mitte $\rightarrow \Delta H$ (soll)

Instrumentenstandpunkt 2: bei unveränderten Lattenstandpunkten das Nivellier in doppelter

Zielweite zu einer Nivellierlatte aufstellen $\rightarrow r_2(\text{soll}) - v_2(\text{soll}) = (r_2(\text{ist}) - 2\Delta) - (v_2(\text{ist}) - 4\Delta)$
 $= r_2(\text{ist}) - v_2(\text{ist}) + 2\Delta$

$$\Delta H(\text{soll}) - (r_2(\text{ist}) - v_2(\text{ist})) = 2\Delta$$

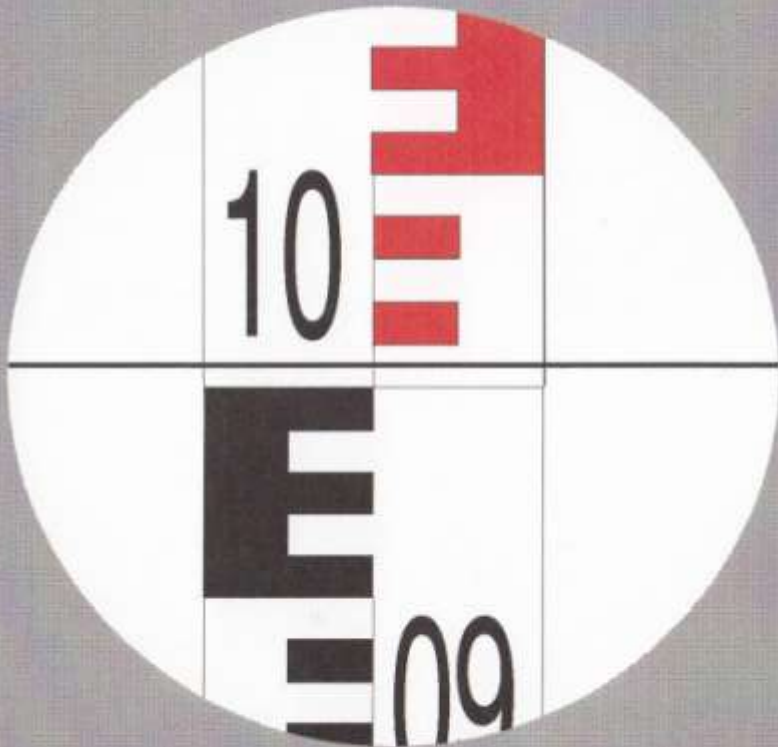
Justierung $\rightarrow V_2(\text{soll}) = v_2(\text{ist}) - 4\Delta$

$$= v_2(\text{ist}) - 2(\Delta H(\text{soll}) - \Delta H(\text{ist}))$$

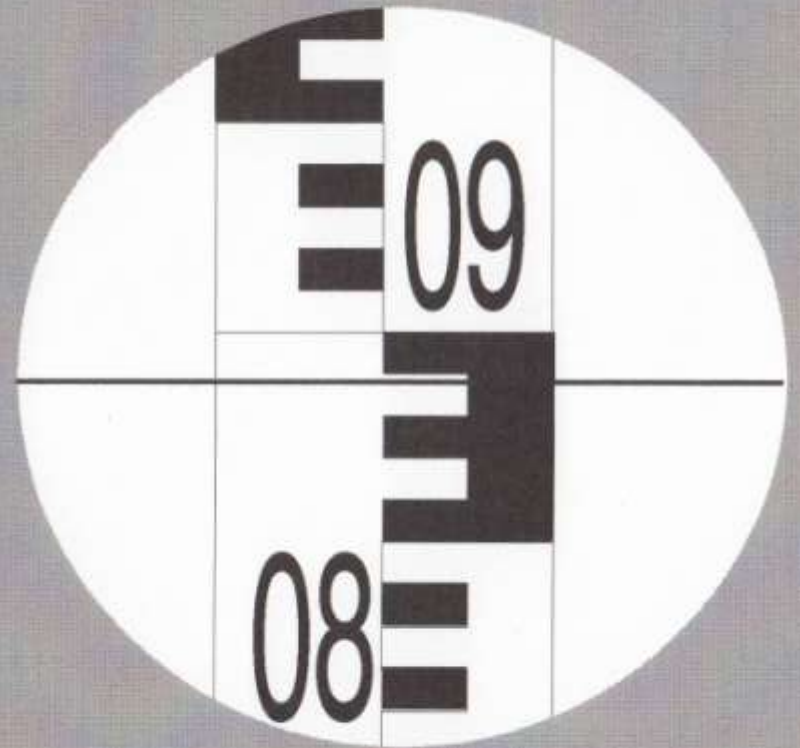


1
5
1 4
3
1 2
1
1 0
9
8

Ablesebeispiele Nivellement

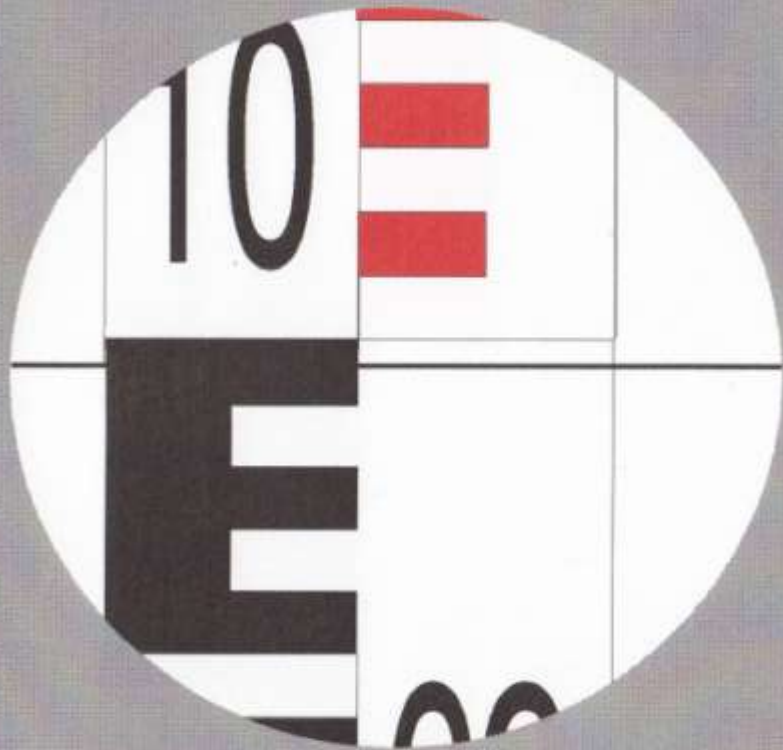


1,005 m

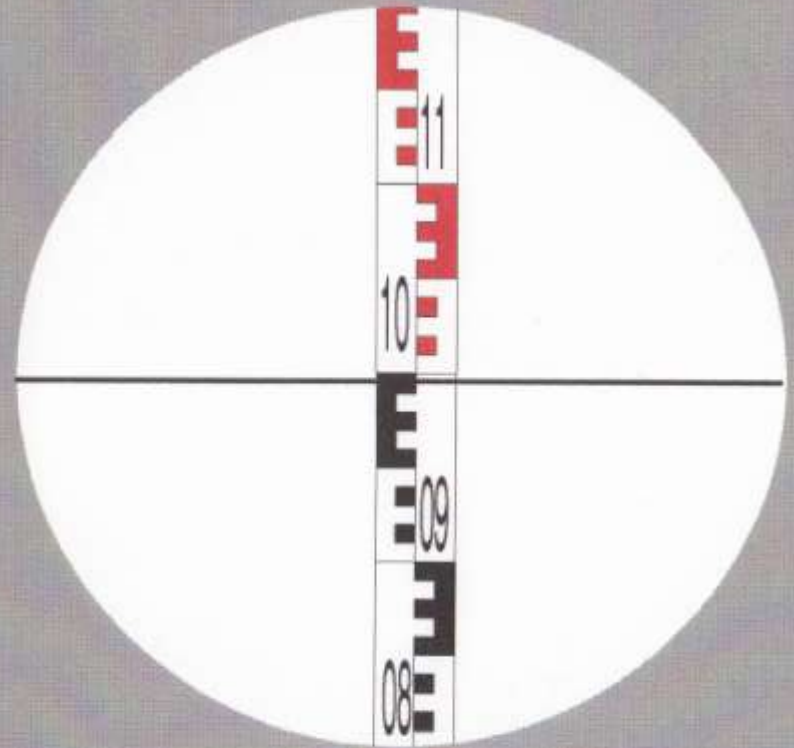


0,888 m

Ablesebeispiele Nivellement



0,996 m



0,995 m

Nivellementvordruck

Projekt:.....

Blatt.....

Punkt Nr.	Zielw. Rückbl.	Lattenablesungen			Höhenunterschied Δh_i	Korrektion K	Höhe	Bemerkungen
	Vorbl.	Rückblick	Zwischenblick	Vorblick				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Auswertung:							$\Delta H_{\text{soll}} = H_E - H_A =$	
Spalten Summen							$\Delta H_{\text{ist}} = \sum \Delta h_i =$	
	$\sum R_i - \sum V_i =$			Summenprobe o.k. <input type="checkbox"/>	Probe $\sum K_i = W$	$W = \Delta H_{\text{soll}} - \Delta H_{\text{ist}} =$		
Instrument : Nr.:		Datum:			Feldbuchführer:			
		Wetter:			Beobachter:			

Beispiel 5.1.7: Festpunktnivellement mit einem Ingenieurnivellier zur Bestimmung von drei durch Mauerbolzen vermarkten Neupunkten und von vier Zwischenpunkten.

Standardabweichung $\sigma_I = 2,5$ mm für 1 km Doppelnivellement (Herstellerangabe)

Anschlusspunkt $H_A =$ Mauerbolzen HP 59 (HP = Höhenpunkt)

Abschlusspunkt $H_E =$ Pfeilerbolzen HP 76

Tabelle 5.1-5: Aufschrieb und Auswertung zu Beispiel 5.1.7

Nivellementvordruck

Punkt Nr.	Zielw. Rückbl.	Lattenablesungen			Höhenunterschied Δh_i	Korrektion K	Höhe	Bemerkungen
	Vorbl.	Rückblick	Zwischenblick	Vorblick				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
HP 59		1,628					199,217	Mauerbolzen
	50,2							
N ₁	49,8 40,1	1,957		0,416	1,212	-0,001	200,428	Mauerbolzen
W ₁	40,1 34,8	1,534		0,816	1,141	-0,001	201,568	
Z ₁	(23,6)		1,243		(0,291)		(201,860)	
Z ₂	(21,8)		1,586		(-0,052)		(201,517)	
Z ₃	(22,1)		0,797		(0,737)		(202,306)	
Z ₄	(27,4)		1,832		(-0,298)		(201,271)	
N ₂	34,9 27,2	2,215		0,996	0,538	-0,001	202,105	
W ₂	27,8 24,6	1,539		1,441	0,774		202,879	
N ₃	25,5 26,5	1,113		1,876	-0,337		202,542	Mauerbolzen
HP 76	26,5			1,758	-0,645		201,897	Pfeilerbolzen
Auswertung:							$\Delta H_{\text{sol}} = H_E - H_A = 2,680$	
Spalten Summen	408	9,986		7,303	2,683	-0,003	$\Delta H_{\text{ist}} = \Sigma \Delta h_i = 2,683$	
	$\Sigma R_i - \Sigma V_i =$	2,683		Summenprobe o.k. <input checked="" type="checkbox"/>	$\Sigma R_i - \Sigma V_i = \Sigma \Delta h_i$	Probe $\Sigma K_i = W$	$W = \Delta H_{\text{sol}} - \Delta H_{\text{ist}} = -0,003$	

Nivellementvordruck

Punkt Nr.	Zielw. Rückbl.	Lattenablesungen			Höhenunterschied Δh_i	Korrektion K	Höhe	Bemerkungen
	Vorbl.	Rückblick	Zwischenblick	Vorblick				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
HP 59	50,2	1,628					199,217	Mauerbolzen
N ₁	49,8	1,957		0,416	1,212	-0,001	200,428	Mauerbolzen
	40,1							
W ₁	40,1	1,534		0,816	1,141	-0,001	201,568	
	34,8							
Z ₁	(23,6)		1,243		(0,291)		(201,860)	
Z ₂	(21,8)		1,586		(-0,052)		(201,517)	
Z ₃	(22,1)		0,797		(0,737)		(202,306)	
Z ₄	(27,4)		1,832		(-0,298)		(201,271)	
N ₂	34,9	2,215		0,996	0,538	-0,001	202,105	
	27,2							
W ₂	27,8	1,539		1,441	0,774		202,879	
	24,6							
N ₃	25,5	1,113		1,876	-0,337		202,542	Mauerbolzen
	26,5							
HP 76	26,5			1,758	-0,645		201,897	Pfeilerbolzen
Auswertung:							$\Delta H_{\text{sol}} = H_E - H_A = 2,680$	
Spalten Summen	408	9,986		7,303	2,683	-0,003	$\Delta H_{\text{ist}} = \sum \Delta h_i = 2,683$	
	$\sum R_i - \sum V_i = 2,683$		Summenprobe o.k. <input checked="" type="checkbox"/>		Probe $\sum K_i = W$	$W = \Delta H_{\text{sol}} - \Delta H_{\text{ist}} = -0,003$		

Das Präzisionsnivellement

Präzisionsnivellement

Das Präzisions- oder Feinnivellement unterscheidet sich in folgenden Punkten von den Ingenieur- und Baunivellements:

Instrument :

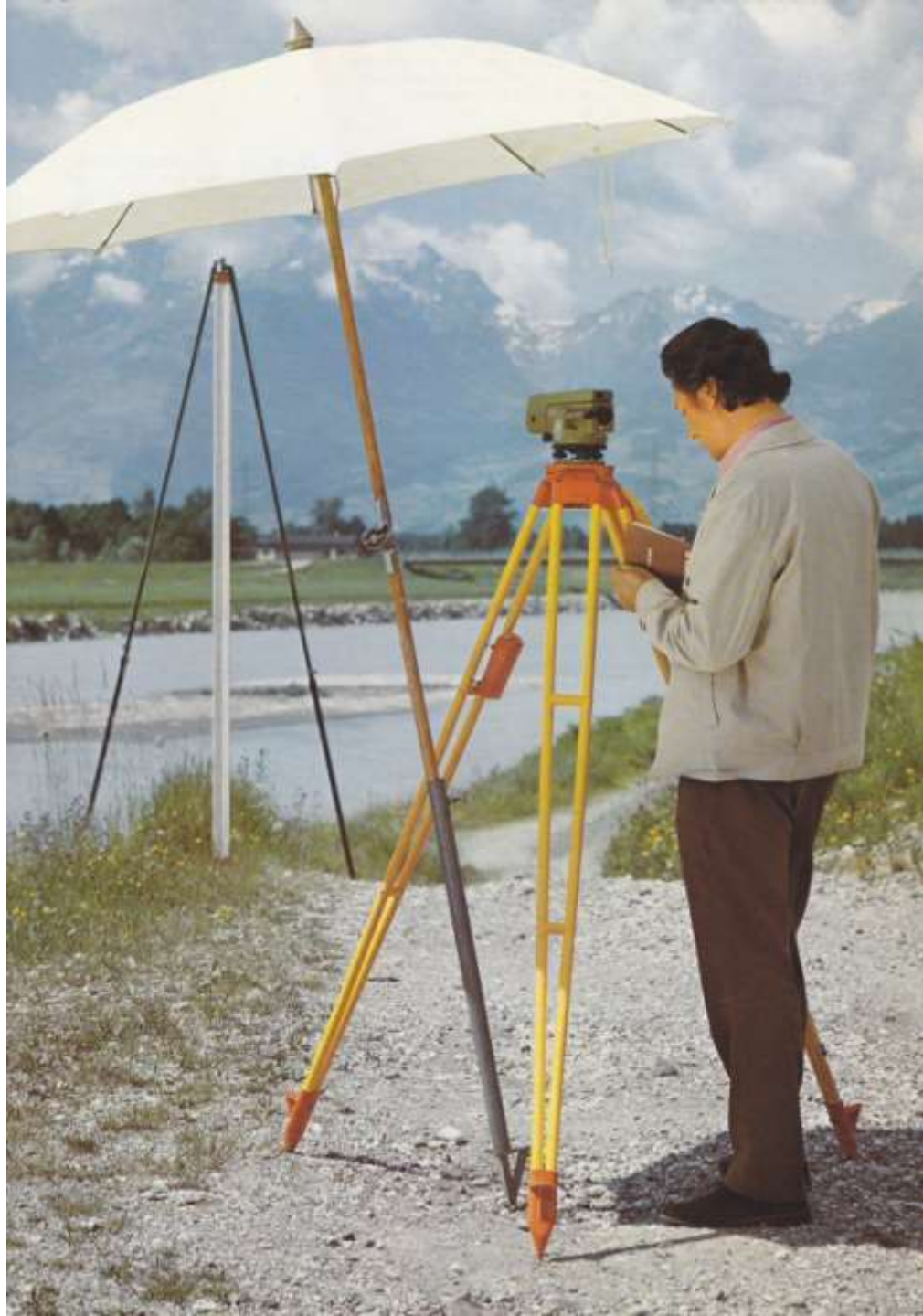
- Kompensatoreinspielfehler $\leq 0,1$ " (Kompensationsrestfehler und Hysterese sehr klein)
- Fernrohrvergrößerung ≥ 30 fach
- fest montierte Planplatte
- Abschirmung gegen Erdmagnetfeld
- keilförmig ausgebildetes Strichkreuz

Latte und Stativ :

- Invarlatten mit 2 Teilungen (Folie)
- Ablesung Mikrometer $1/10$ mm
- Latte wird gestrebt
- starre Stativbeine
- Wechsellpunkte →
schwere Bodenplatten,
Höhenbolzen

Beobachtungsanordnung :

- strenge Einhaltung der Zielweiten
- zwei Latten
- spezielle Beobachtungsverfahren RVVR (Verfahren **rote** Hose, gerade Anzahl von Instrumentenstandpunkten)
- Bestimmung der Lattenkonstante
- gleiche Latte auf Neupunkte
- minimale Höhe des Zielstrahls über Boden $\geq 0,5$ m (Refraktion)



Präzisionsnivellement

Strichkreuzkoinzidenz und Ablesung an Latte und Mikrometer

- Teilung **links**: 4,4065 m
- Teilung **rechts**: 1,38...

Lattenkonstante: Ablesung Teilung **links** minus
Ablesung Teilung **rechts**



Nivellierinstrument mit Selbstregistrierung (Leica DNA 03)



Nivellierlatten:
Strichcode-Teilung:



Vorteile:

Nachteile:



DER REGIERUNGSPRÄSIDENT

Normalhöhen in Nordrhein-Westfalen

Einführung des Höhensystems “Deutsches Haupthöhennetz 1992” in NRW

Seit dem 01.01.2002 gilt in Nordrhein-Westfalen das Höhensystem “Deutsches Haupthöhennetz 1992” (DHHN92).

Es trägt, wie auch die neue EURO-Währung, deren Einführung zum gleichen Zeitpunkt erfolgte, dem „Europäischen Gedanken“ Rechnung. Dachte man schon vor dem Beitritt der neuen Bundesländer an ein neues einheitliches, bundesweites Haupthöhennetz (DHHN85), um so wichtiger wurde die Vereinheitlichung der geodätischen Bezugssysteme in Deutschland nach der Wiedervereinigung. Bereits 1993 beschloss die AdV (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland), eine Höhenart und eine Höhenbezugsfläche zu wählen, die sich sowohl mit zukünftigen Methoden der Höhenmessung, als auch mit den Höhensystemen der europäischen Nachbarländer verbinden lässt: Normalhöhen über dem Quasigeoid als Höhenbezugsfläche. Diese Höhen werden auch als Höhen über der Normalhöhennullfläche (NHN-Höhen) bezeichnet. Für einen zukunftsweisenden Schritt in Richtung Europa ist somit in der Höhenvermessung der Grundstein gelegt.

Geodätische Eigenschaften des Höhensystems DHHN92

Das neue Höhensystem ist mit folgenden Angaben festgelegt:

Höhenbezugspunkt: Normaler Amsterdam Pegel (NAP)

Höhenanschlusspunkt: Höhenmarke Kirche Wallenhorst (Niedersachsen)
mit der geopotentiellen Kote des REUN73/86

Höhenbezugsfläche: Normalhöhennull-Fläche (NHN-Fläche), entspricht dem Quasigeoid nach der Theorie von Molodenski und Vignal

Benennung der Höhen: Höhen über Normalhöhennull (NHN-Höhen)

Höhenart: Normalhöhe (Abstand eines Punktes vom Quasigeoid)

Schwerereduktion: Normalhöhenreduktion (NR)

Höhenstatus: 160 (mit einer Höhenstatuszahl werden u.a. amtliche Höhen in verschiedenen Höhensystemen unterschieden)

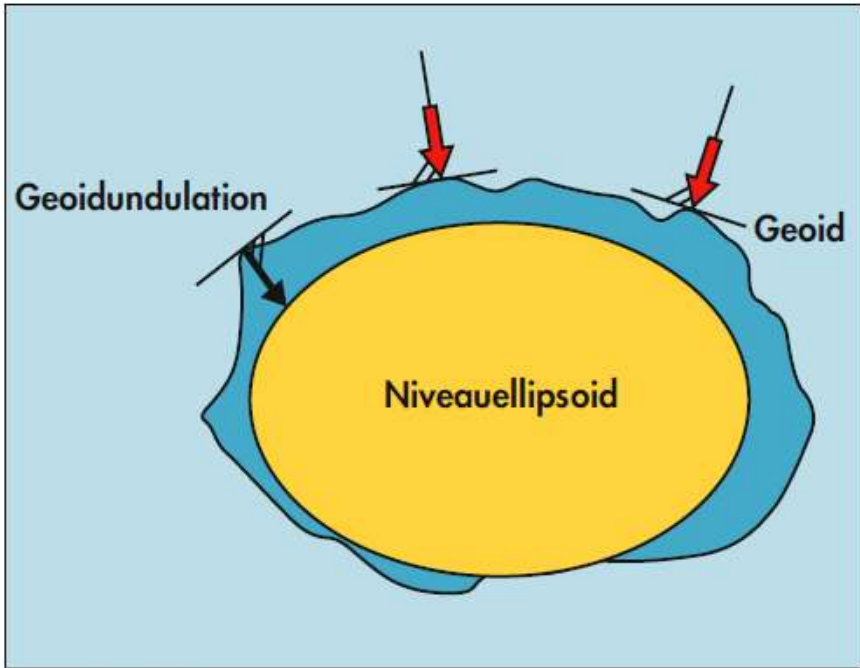


Abb. 1: Geoundulation

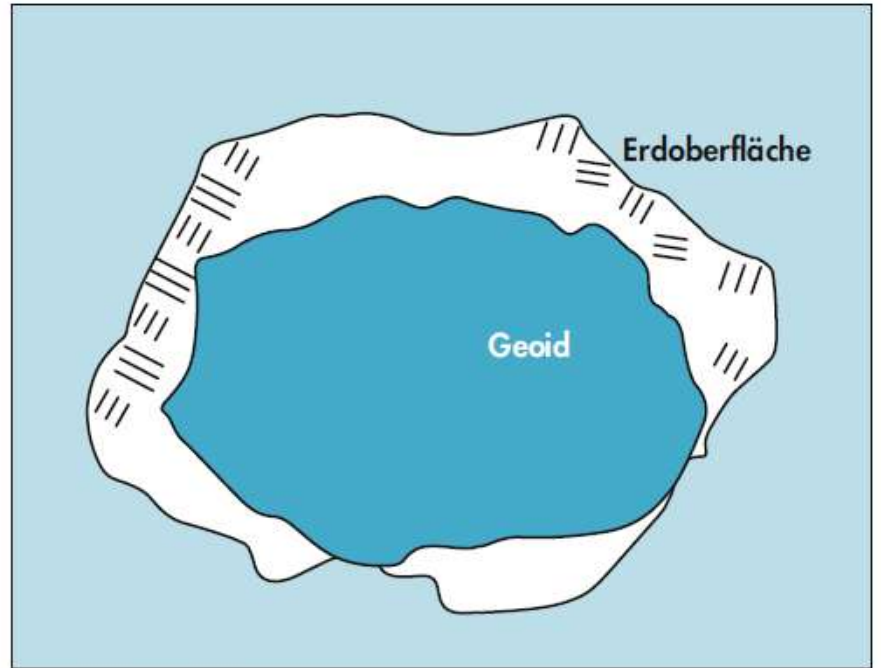


Abb. 2: Orthometrische Höhe

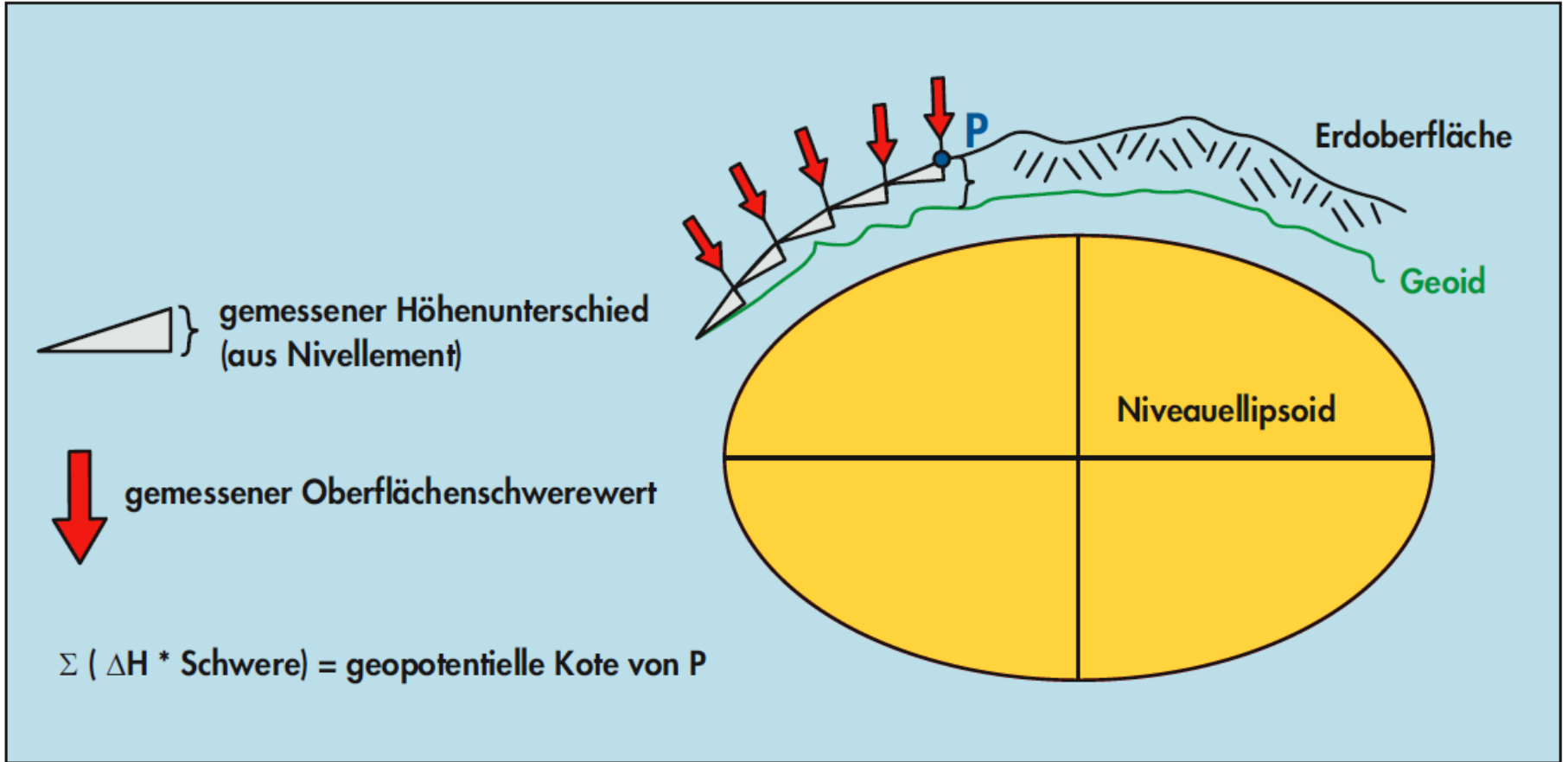


Abb. 3: Berechnung der geopotentiellen Kote P

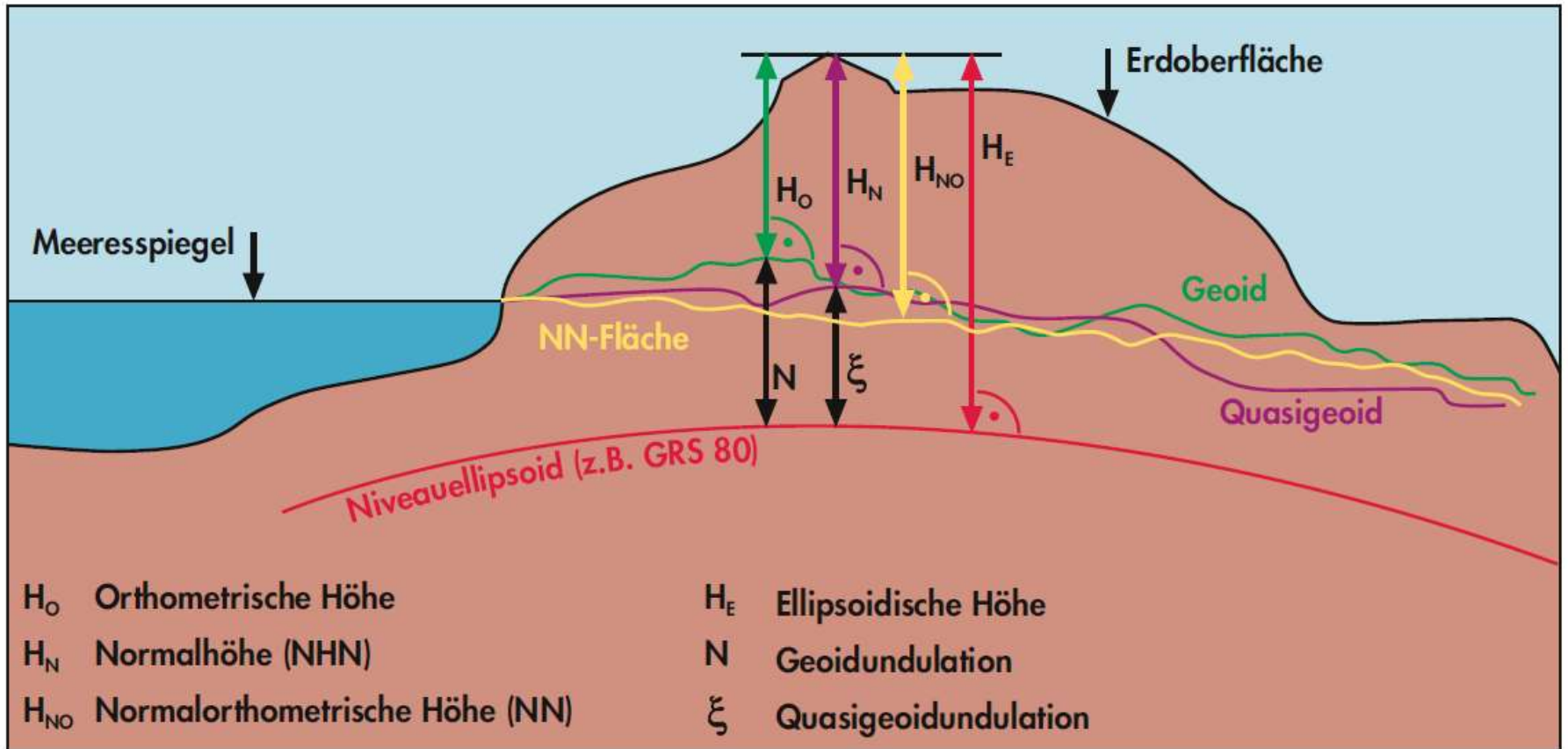


Abb. 4: Höhenbezugsfläche

Die Differenzen zwischen NN-Höhen und NHN-Höhen erreichen in Nordrhein-Westfalen lokale Unterschiede von +55 mm bis -20 mm, hier dargestellt in farblichen Abstufungen.

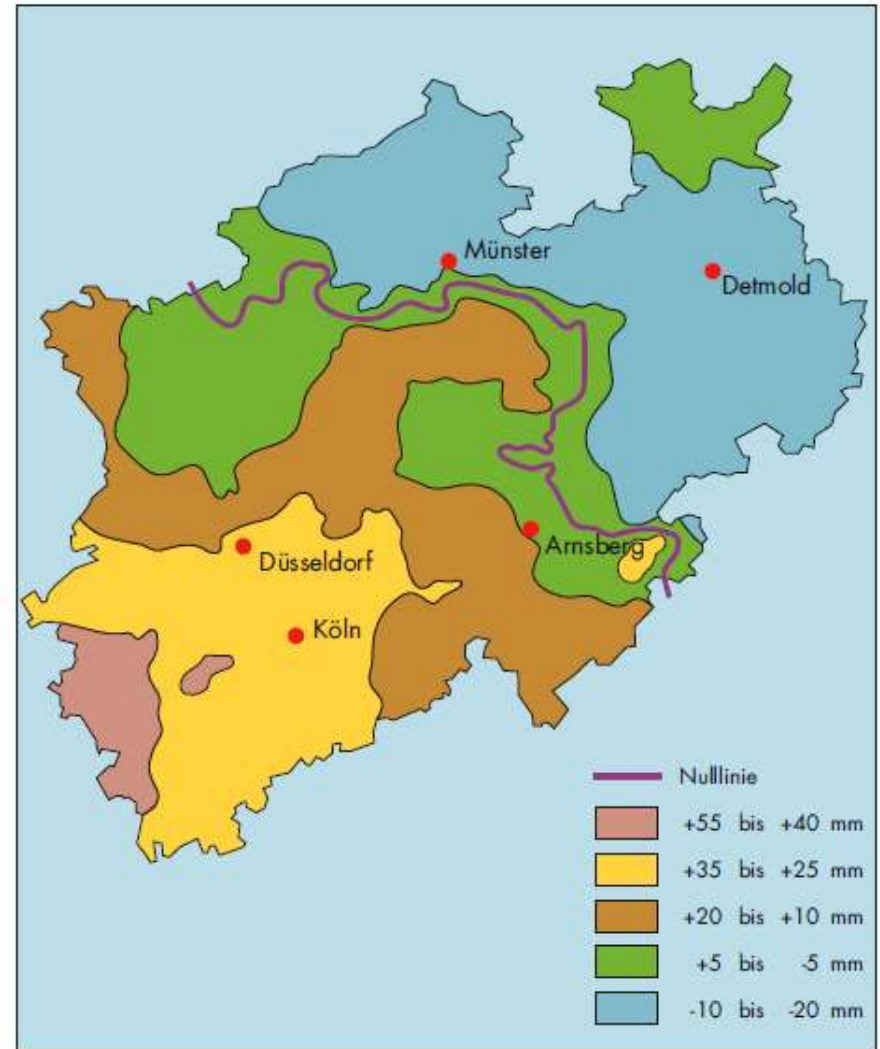


Abb. 5: Isolinien für NRW (Höhen DHHN92 - Höhen DHHN12)

Welche Vorteile bringt das neue Höhensystem mit sich ?

- Die NHN-Höhen sind unabhängig vom Messweg; somit sind sie eindeutig und hypothesenfrei.
- Bei Kenntnis der Quasigeoid-Undulation (Höhenmodell) können Normalhöhen aus ellipsoidischen Höhen (GRS80), z.B. durch SAPOS-HEPS-Messungen im ETRS89 bestimmt, ermittelt werden. Das Undulationsmodell für NRW unterstützt diese (siehe www.bezreg-koeln.nrw.de).
- Die Normalhöhenreduktion (NR) zu gemessenen Höhenunterschieden von einzelnen Nivellementstrecken ist so klein, dass sie in lokalen Gebieten vernachlässigbar ist und somit jederzeit NHN-Gebrauchshöhen für die jeweiligen Anwendungen ermittelt werden können.

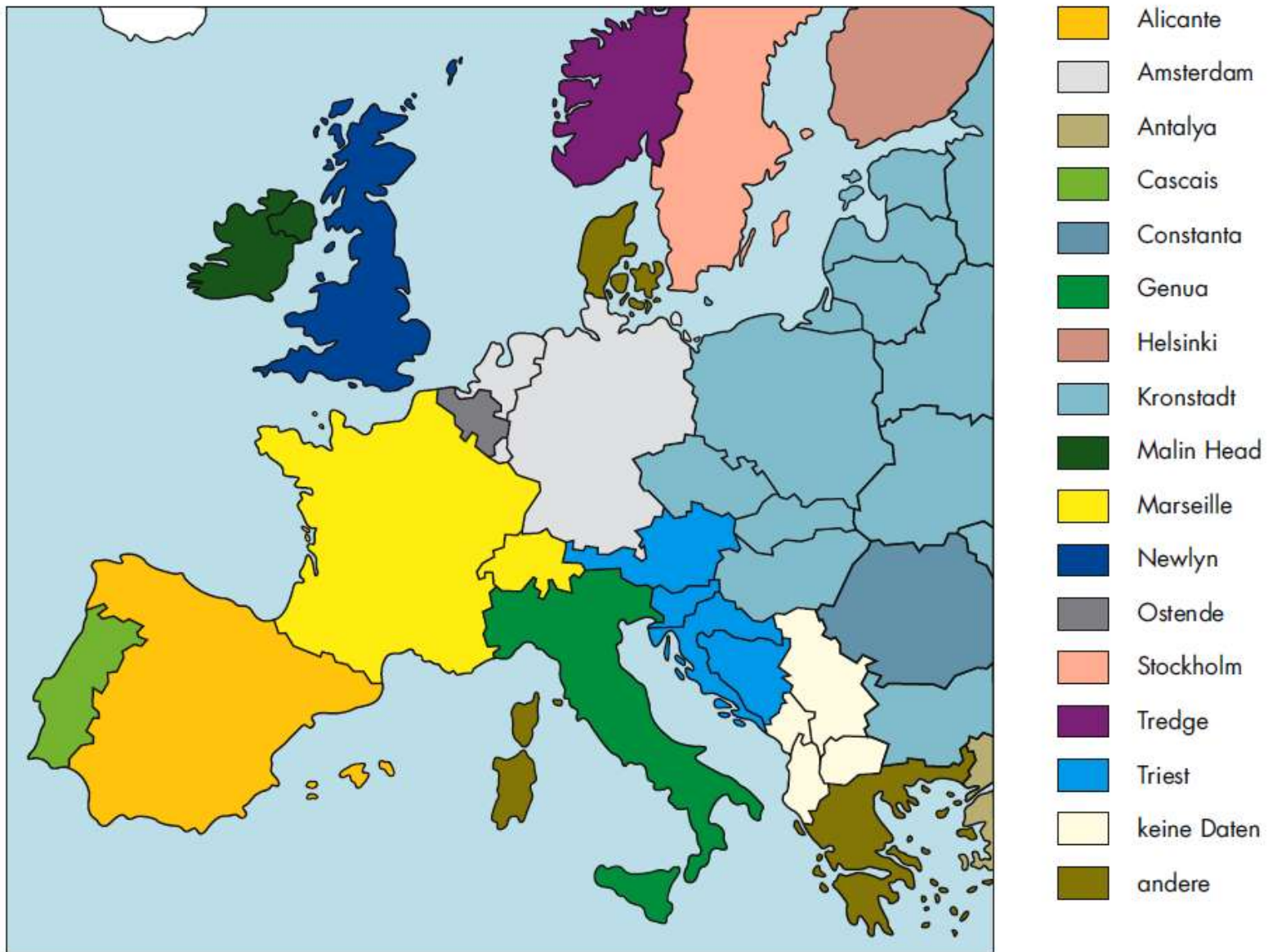
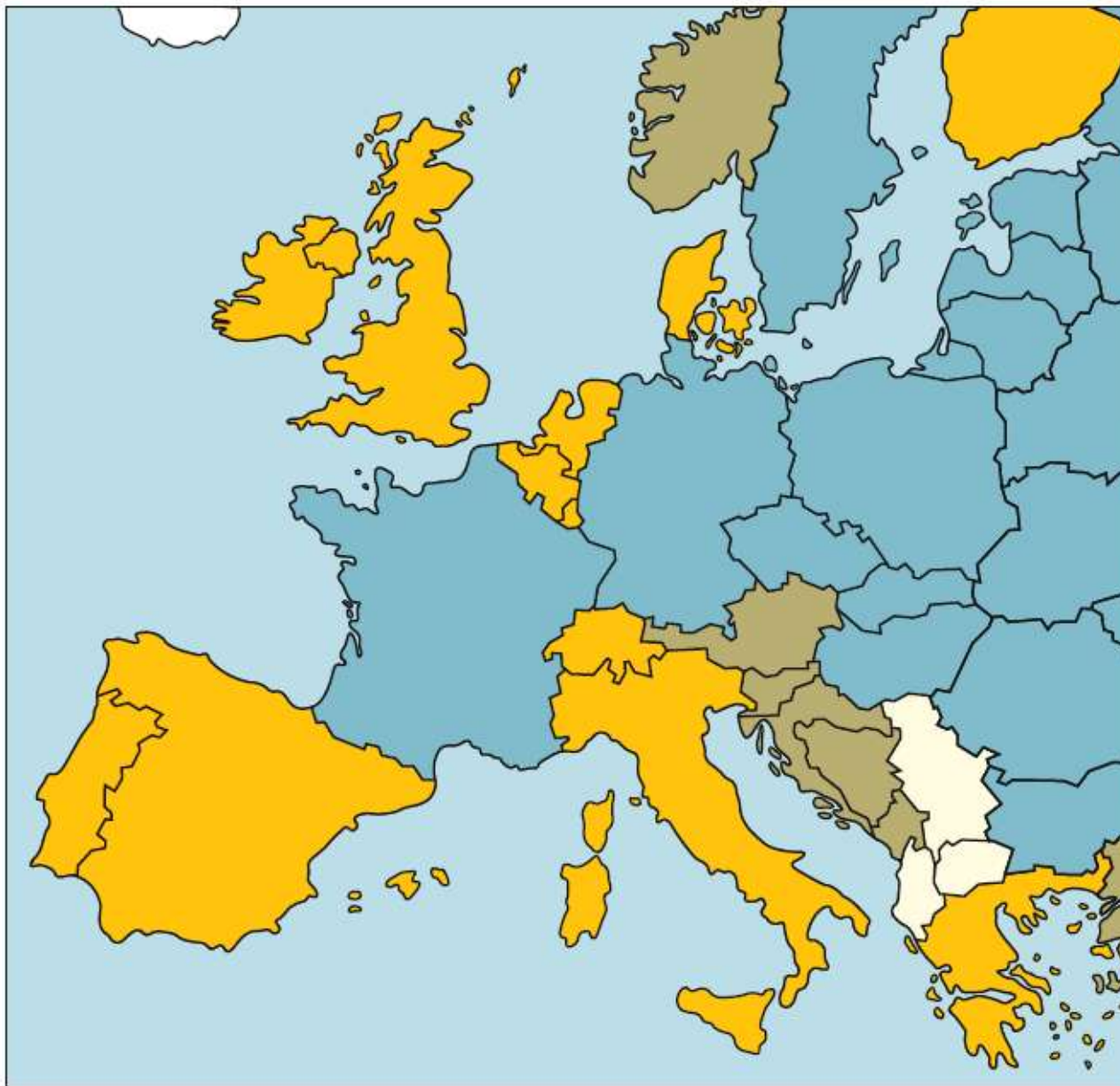


Abb. 6: Bezugspegel von nationalen Höhensystemen in Europa



- Normalhöhe
- normalorthometrische Höhe
- orthometrische Höhe
- keine nivellierten Höhen
- keine Daten

Abb. 7: Höhenarten von nationalen Höhensystemen in Europa