

Verfahren zum Vergleich von GNSS-Antennenphasenzentrums-Kalibrierergebnissen

Lambert Wanninger

AdV online-Workshop GNSS-Antennenkalibrierung, 06. März 2023

Überblick

- 1 Vergleichsverfahren
 - (a) Vergleich in der (Netz-) Auswertung
 - (b) Nullbasislinien-Vergleich
 - (c) direkter Vergleich der Kalibrierdatensätze

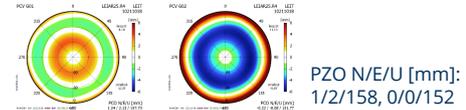
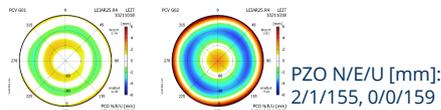
- 2 Beispiel für Vergleichsergebnisse

„Optischer“ Vergleich von zwei Kalibrierungen (ANTEX-Dateien)

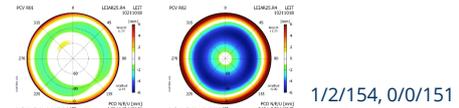
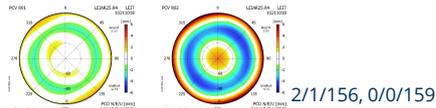
LEIAR25R4_LEIT_10211018_
CHAMBER_BONN_20190520.atx

LEIAR25R4_LEIT_10211018_
ROBOT_BERL_20190617.atx

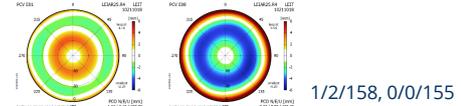
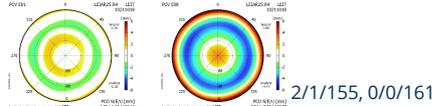
GPS (1+2)



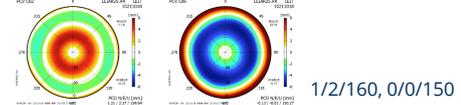
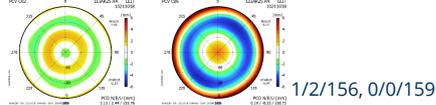
GLONASS (1+2)



Galileo (1+8)



BeiDou (2+6)



→ viel zu viel Informationen, schwer zu interpretieren, die Wirkung auf Koordinaten bleibt unklar



Lambert Wanninger, TU Dresden: Vergleich GNSS-Antennenkalibrierergebnisse

3

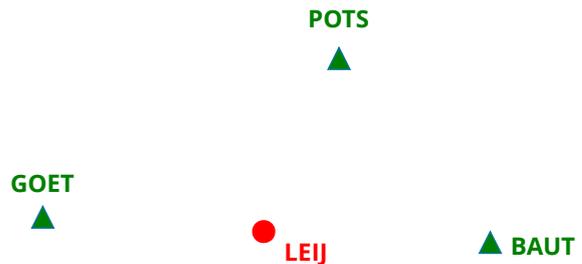
(a) Vergleich von Kalibrierdatensätzen in der Netzauswertung

Szenario: X Neupunkte, Y Anschlusspunkte
hier: 1 Neupunkt, 4 Anschlusspunkte

Anschlusspunkte:
es müssen genau die Kalibrierdatensätze
verwendet werden, die in der übergeordneten
Auswertung verwendet wurden

Neupunkt(e):
(a) Kalibrierdatensatz 1
(b) Kalibrierdatensatz 2

→ Vergleich der Neupunktkoordinaten



Lambert Wanninger, TU Dresden: Vergleich GNSS-Antennenkalibrierergebnisse



4

(a) Vergleich von Kalibrierdatensätzen in der Netzauswertung

Großräumige Netzlösung: - ionosphären-freie Linearkombination
- Schätzung troposphärischer Zenitparameter

Beispiel: 7 Tage Netzlösungen, Bestimmung der Koordinaten von LEIJ

Kalibrierdatensätze für Antenne in LEIJ:

(a) LEIAR25R4_LEIT_10211018_CHAMBER_BONN_20190520.atx

(b) LEIAR25R4_LEIT_10211018_ROBOT_BERL_20190617.atx

Auswertung mit WaPNet, Lagerung auf Anschlusspunkte mit WaNetC,
GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou, 5 Grad Elevationsmaske

Koordinatendifferenzen Nord/Ost/Höhe 0,3 / 1,0 / 4,4 mm



(a) Vergleich von Kalibrierdatensätzen in der Netzauswertung

Im Weiteren: nur Betrachtung der Höhenkomponente, alle Angaben in mm

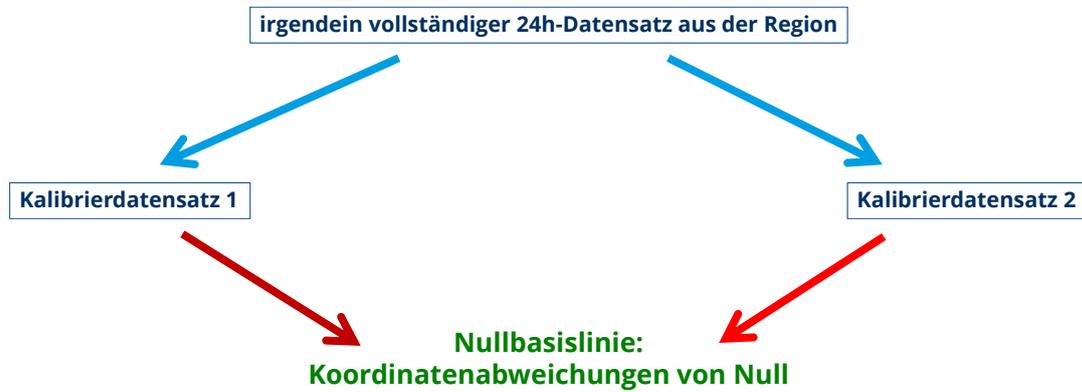
Elevationsmaske [Grad]	5	10	15
GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou	4	10	18
GPS (1+2)	7	12	20
GLONASS (1+2)	-1	2	5
Galileo (1+8)	2	6	13
BeiDou (2+6)	7	16	29

→ **Starke Elevationsabhängigkeit**

→ **Große Unterschiede je nach gewählten Frequenzen**



(b) Nullbasislinien-Vergleich



(b) Nullbasislinien-Vergleich

Vorteile gegenüber (Netz-)Auswertung:

- es müssen keinerlei Messungen mit der zu untersuchenden Antenne vorliegen
- wesentlich schneller berechnet
- nicht nur für ionosphären-freie LK + Tropo., geeignet, sondern für alle Lösungstypen

Eventuelle Nachteile:

- nur eine Simulation der tatsächlichen Wirkung der Kalibrierunterschiede



(b) Nullbasislinien-Vergleich

Beispiel LEIj: berechnet mit Wa2, Lösungstyp: ionosphären-freie LK mit Tropo.-schätzung
Differenzen in der Höhenkomponente [mm]

Elevationsmaske [Grad]	5	10	15
GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou	0	7	16
GPS (1+2)	1	9	18
GLONASS (1+2)	-3	0	5
Galileo (1+8)	-2	5	13
BeiDou (2+6)	0	8	21



(c) Direkter Vergleich der Kalibrierdatensätze

wg. Antennenphasenoffsets und Antennenphasenvariationen:

- (1) Offsets in Variationen mit einrechnen (Offsets = 0, Korrekturwirkung unverändert)
- (2) Differenzen der Variationen bilden (für alle Frequenzen einzeln)
- (3) aus den Variationsdifferenzen neue Offsets schätzen (Offsets = Koordinatenunterschiede)
- (4) eventuell: Linearkombinationen bilden, troposphärische Zenitverzögerung berücksichtigen

Vorteil:

- noch schneller zu berechnen
- leichter, viele Kalibrierresultate zu vergleichen

eventuelle Nachteile:

- viele Simulationsvereinfachungen



(c) Direkter Vergleich der Kalibrierdatensätze

Beispiel LEIJ: berechnet mit CCANTEX, Lösungstyp: ionosphären-freie LK mit Tropo.-schätzung
Differenzen in der Höhenkomponente [mm]

Elevationsmaske [Grad]	5	10	15	
GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou	-3	3	14	(arithmetisches Mittel)
GPS (1+2)	-1	6	17	
GLONASS (1+2)	-4	0	5	
Galileo (1+8)	-5	0	9	
BeiDou (2+6)	-1	7	24	



Vergleich der Ergebnisse

Beispiel LEIJ: GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou,
Lösungstyp: ionosphären-freie LK mit Tropo.-schätzung,
Differenzen in der Höhenkomponente [mm]

Elevationsmaske [Grad]	5	10	15	
(a) Netzlösung	4	10	18	
(b) Nullbasislinie	0	7	16	
(c) Direkter Vergleich	-3	3	14	
effektive Elevationsmaske	5	10	15	
(a) Netzlösung		4	10	18 → (Beob.selektion)
(b) Nullbasislinie	0		7	16
(c) Direkter Vergleich	-3	3		14 ← (5° Auflösung)



Netzlösung - Direkter Vergleich

Höhendifferenzen [mm]	(a) Netzlösung 5 Grad Elevationsmaske	(c) direkter Vergleich 10 Grad Elevationsmaske
GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou	4	3
GPS (1+2)	7	6
GLONASS (1+2)	-1	0
Galileo (1+8)	2	0
BeiDou (2+6)	7	7

→ aufgrund der starken Elevationsabhängigkeit der verglichenen Kalibrierresultate:
gute Übereinstimmung der Verfahren nur bei Anpassung der Elevationsmasken



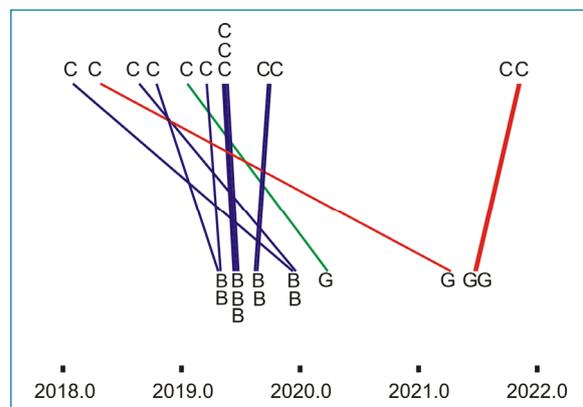
2 Vergleich von Multifrequenz-Kalibrierergebnissen

Kammer- und Roboter-Kalibrierungen individueller Antennen,
beauftragt durch das BKG, veröffentlicht auf den Seiten des EPN: <https://epncb.oma.be>

hier: nur Antennentyp LEIAR25R4_LEIT,
nur Viel-Frequenz-Kalibrierungen

→ individuelle Kalibrierungen für 13 Antennen,
2018 - 2022

C - Chamber / Bonn
B - Roboter / Berlin
G - Roboter / Garbsen



S/N: 10211018, 10231013, 10231046, 725057, 725072, 725266, 725551, 725559, 726856, 10211013, 725267, 727325, 727331



Erläuterungen zu den folgenden Abbildungen

Frequency [MHz]	Satellite System						
	GPS	GLONASS	Galileo	BeiDou	SBAS	QZSS	NavIC
1176.45	G05		E05	C05*	S05	J05	I05*
1191.795			E08	C08*			
1202.025		R03*					
1207.14			E07	C07			
1227.60	G02					J02	
1246.00		R02 (k=0)					
1248.06		R06*					
1268.52				C06			
1278.75			E06			J06	
1561.098				C02			
1575.42	G01		E01	C01	S01	J01	
1600.995		R04*					
1602.00		R01 (k=0)					
2492.028							I09*

Sekundäre Signale / Frequenzen

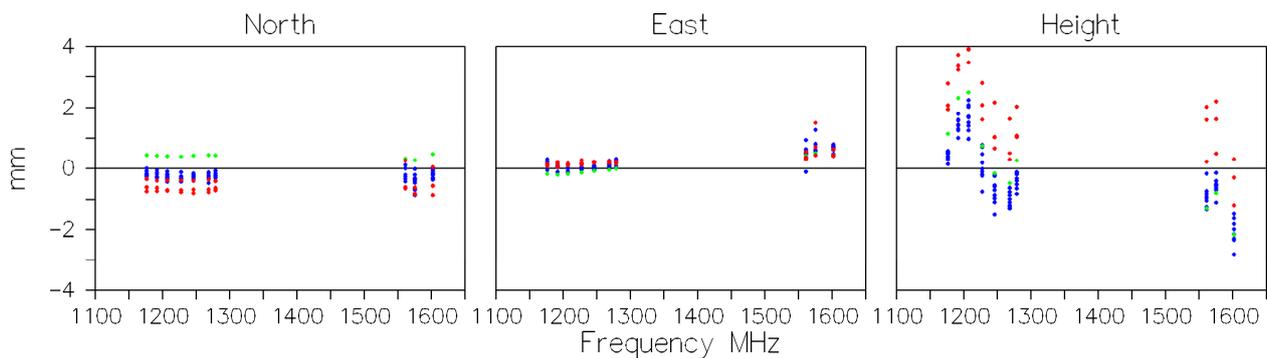
Primäre Signale / Frequenzen

*These signals/frequencies have not yet been defined in ANTEX format



Paarweiser Vergleich individueller Antennen (Kammer / Roboter)

CCANTEX, 10 Grad Elevationsmaske, LEIAR25R4_LEIT, n=13



- systematische Differenzen bis zu 2 mm in der Höhenkomponente
- bei 3 Antennen (rot) systematisch andere Höhenabweichungen



Vergleich: Einzelkalibrierungen zum dazugehörigen Antennentypmittel

Vorgehensweise

- (1) Offsets in Variationen mit einrechnen (Offsets = 0, Korrekturwirkung unverändert)
- (2) Mittelbildung über alle Variationen der individuellen Kalibrierungen
- (3) Variationsdifferenzen: individuelle Variationen – Mittel der Variationen
- (4) Offsets der Variationsdifferenzen schätzen (Offsets = Koordinatenunterschiede)
- [(5) eventuell: Linearkombinationen bilden, tropo. Zenitverzögerung berücksichtigen]

Variationen der individuellen Kalibrierungen

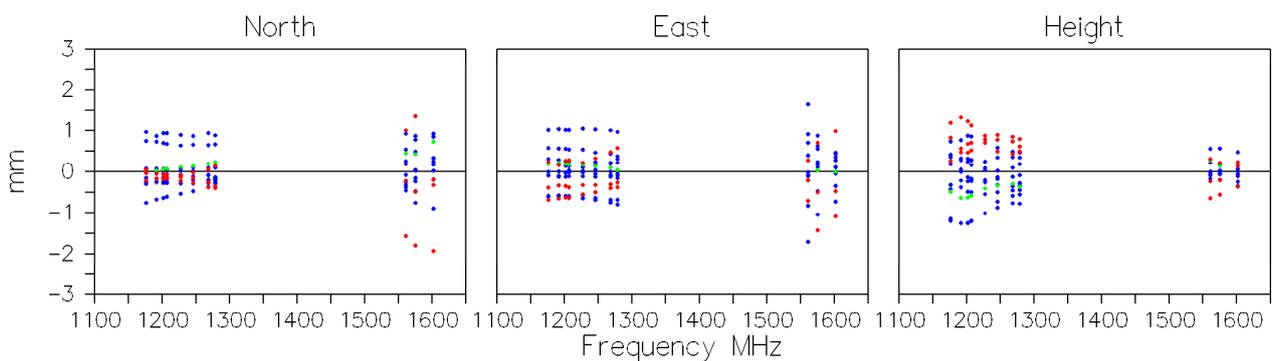
- Variationen aufgrund der individuell unterschiedlichen Antennen
- + eventuell: Variationen der individuellen Antennen zwischen wiederholten Kalibrierungen
- + Variationen aufgrund der Kalibrierungen

Gesamtvariationen



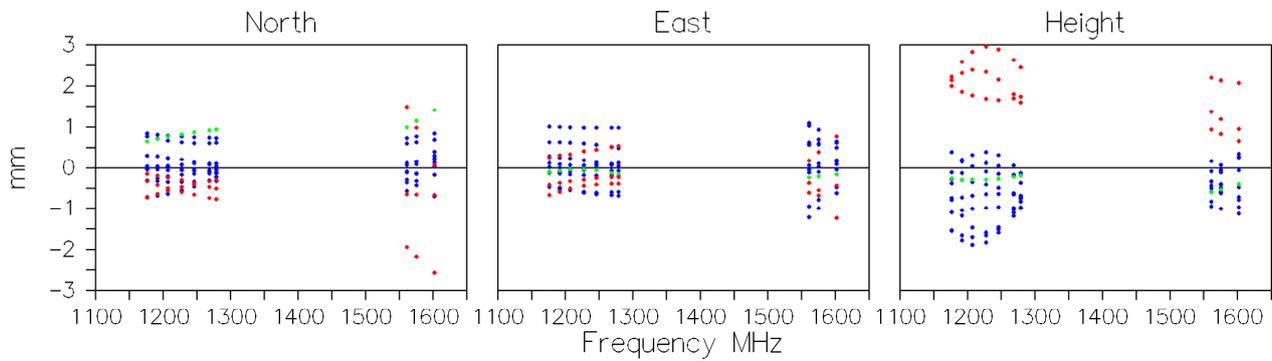
Vergleich: Einzelkalibrierungen zum dazugehörigen Antennentypmittel

Kammerkalibrierungen Bonn, LEIAR25R4_LEIT, n=13



Vergleich: Einzelkalibrierungen zum dazugehörigen Antennentypmittel

Roboter-Kalibrierungen Berlin / Garbsen, LEIAR25R4_LEIT, n=13

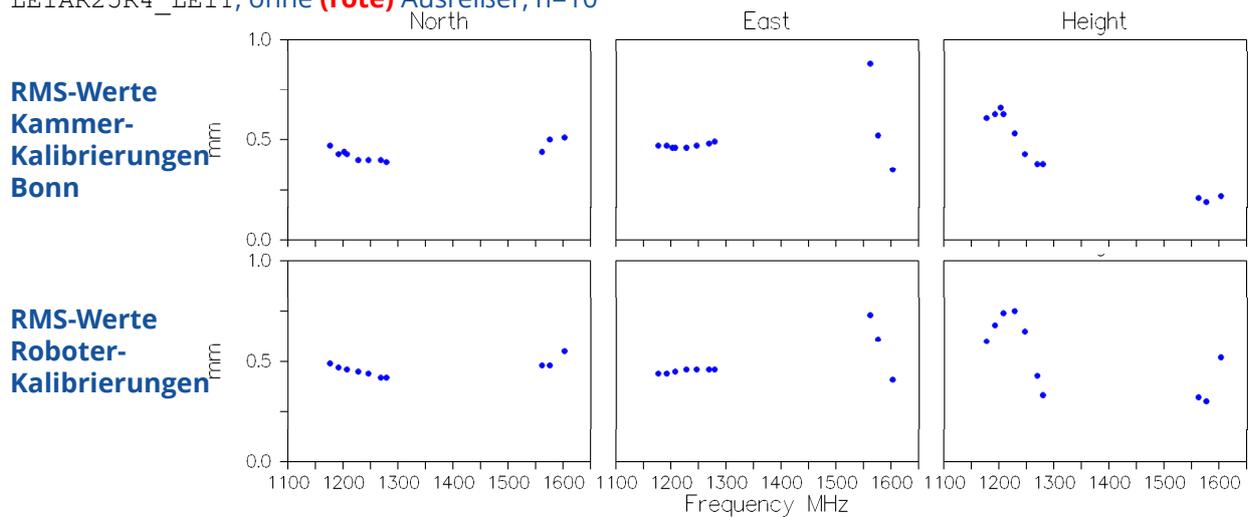


Lambert Wanninger, TU Dresden: Vergleich GNSS-Antennenkalibrierergebnisse

19

Vergleich: Gesamtvariationen der individuellen Kalibrierungen

LEIAR25R4_LEIT, ohne (rote) Ausreißer, n=10



Lambert Wanninger, TU Dresden: Vergleich GNSS-Antennenkalibrierergebnisse

20

Schlussfolgerung

Verschiedene Verfahren, um Kalibrierergebnisse zu vergleichen

- unterschiedlicher Aufwand
- unterschiedliche Möglichkeiten

Beispiel: Vergleich der Kammer-/Roboterkalibrierungen von 13 LEIAR25R4_LEIT

- systematische Differenzen auf einzelnen Frequenzen bis zu 2 mm
- Ausreißer
- Gesamtvariationen (individuelle Antennenunterschiede + Kalibrierunterschiede) beider Verfahren ähnlich

