

Geodätische Woche, Stuttgart

16. September 2015

Untersuchung des Einflusses von Antennennahfeldeffekten und Satellitenabschattungen auf die Genauigkeit GNSS-basierter Längenmessungen



EMRP

European Metrology Research Programme
■ Programme of EURAMET

The EMRP is jointly funded by the EMRP participating countries
within EURAMET and the European Union



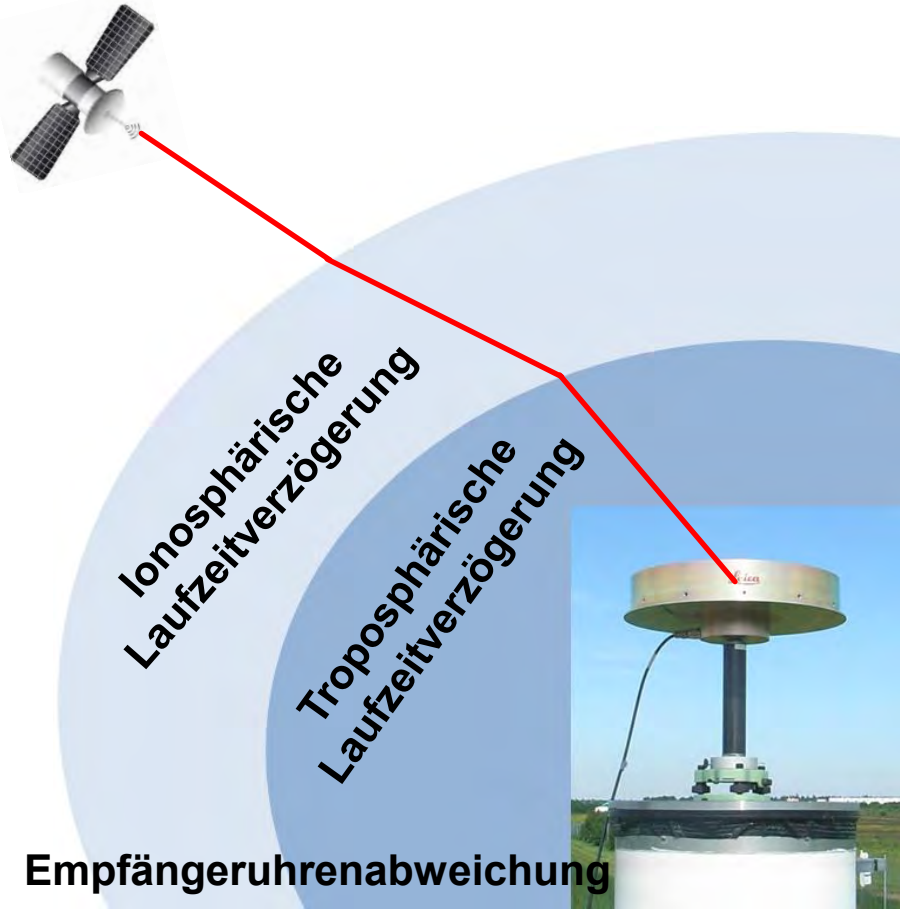
M.Sc. Florian Zimmermann

M.Sc. Christian Eling

Prof. Dr.-Ing. Heiner Kuhlmann


Institut für Geodäsie und Geoinformation

Universität Bonn

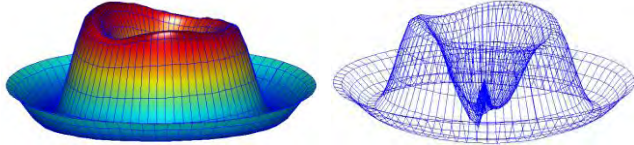


Stationsabhängige Abweichungen einer der genauigkeitsbegrenzenden Faktoren bei GNSS

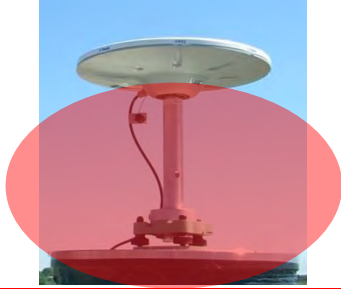
Satellitenabschattung / Mehrwege



PCO/PCV



Antennennahfeldeffekte



Analyse des Einflusses durch...

Variation des Antennen Set-Ups
in "optimaler" GNSS-Umgebung

Antennennahfeldeeffekte

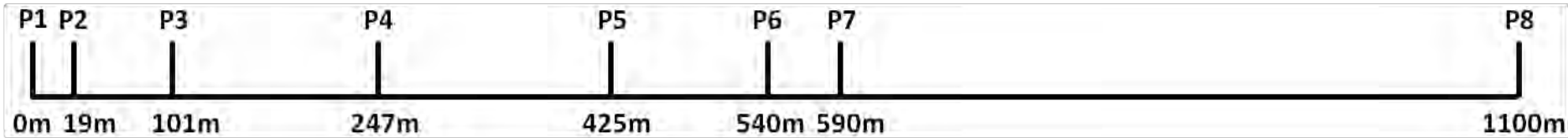


Vergleich zu Sollwerten mit
übergeordneter Genauigkeit

Satellitenabschattung



Numerische Simulation auf Basis
"optimaler" Daten



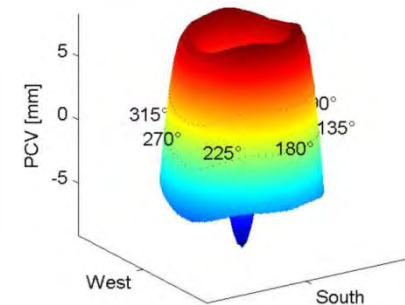
Exzellente GNSS-Bedingungen

- kaum Mehrwegebelastung
- nahezu Horizontfreiheit

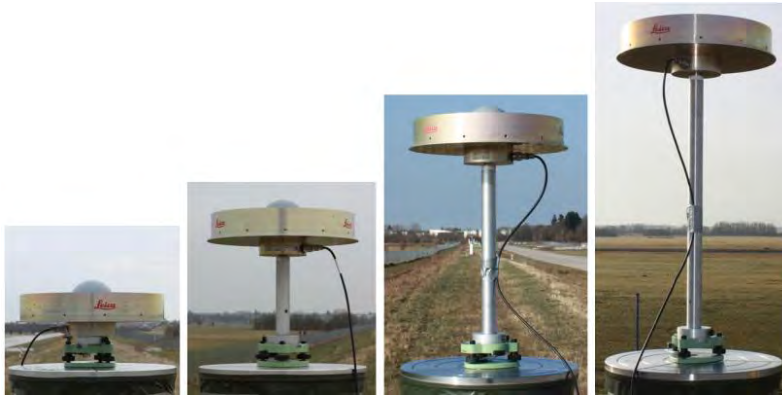
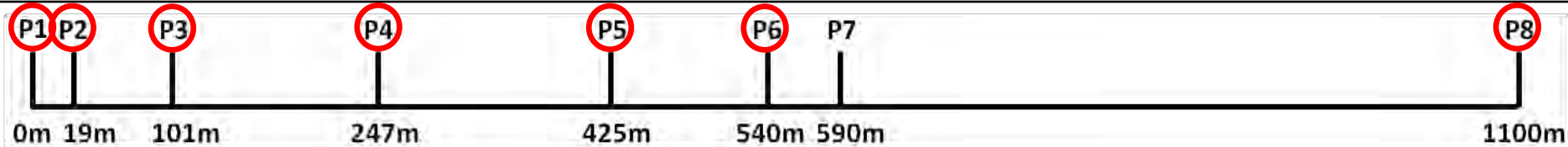
$$\delta S = \delta PCV + \delta MP_{Nahfeld} + \delta MP_{Fernfeld}$$

Einsatz kalibrierter Antennen

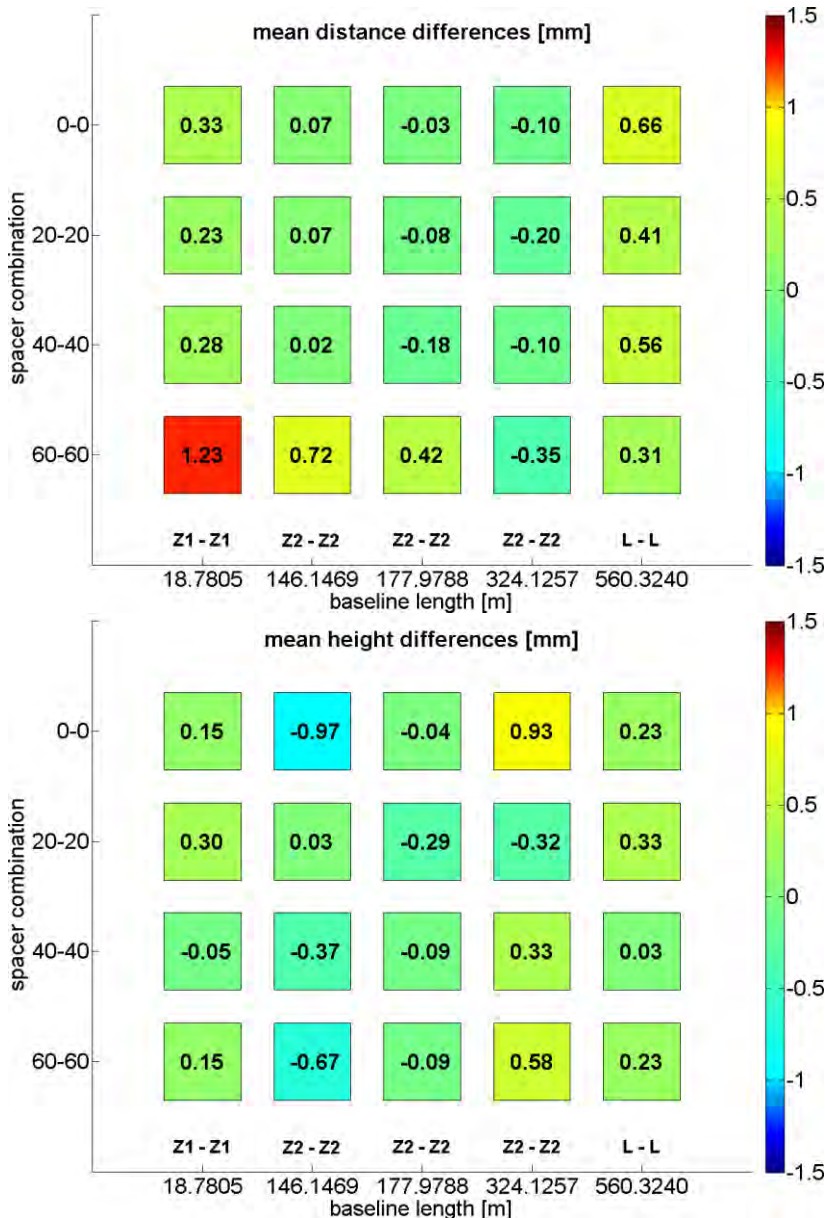
- Phasenzentrumsoffset (PCO)
- Phasenzentrumsvariationen (PCV)



Heunecke, O. (2012). *Auswertung des Ringversuchs auf der neuen Kalibrierbasis der UniBW München zur Bestimmung der Sollstrecken*. Allgemeine Vermessungsnachrichten (AVN), Vol. 11-12, pp. 380-385



- **Besetzung von 7 Messpfeilern**
- **Einsatz individuell kalibrierter Antennen**
 - Trimble Zephyr Geodetic (Z1)
 - Trimble Zephyr 2 (Z2)
 - Leica AT504GG Choke Ring (L)
- **Einsatz unterschiedlicher Distanzstücke**
(0,20,40,60cm)
- **Beobachtungsdauer mindestens 4 Stunden**
- **Gesamtheit von 162 Basislinien beobachtet**
 - 38 mit je identischem Set-Up
 - 124 mit je unterschiedlichem Set-Up



Gemittelte Differenzen für identische Set-Ups

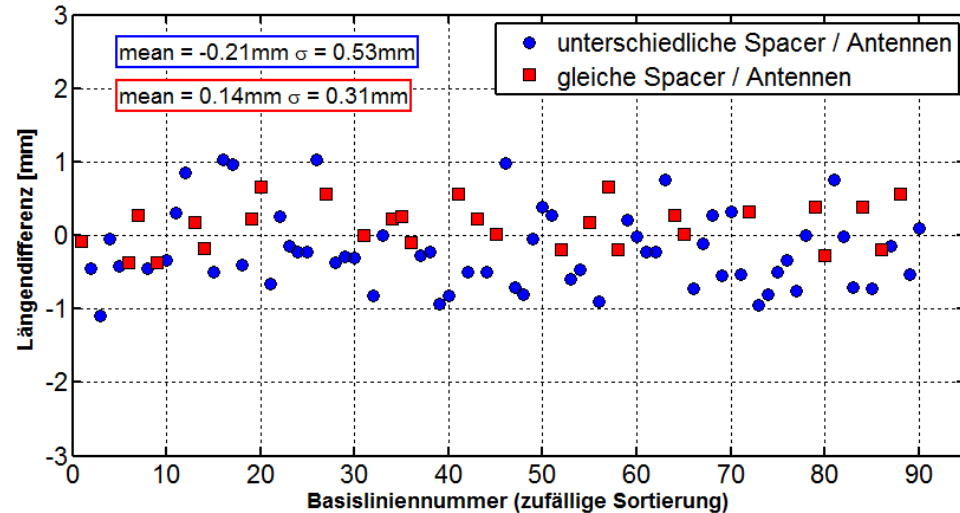
- keine Systematiken erkennbar
 - Ionosphäre / Troposphäre
 - Abhängigkeit von Basislinienlänge
 - Abhängigkeit von Distanzstücken
 - Abhängigkeit von Antennenkombination

- hohes Genauigkeitsniveau in beiden Komponenten

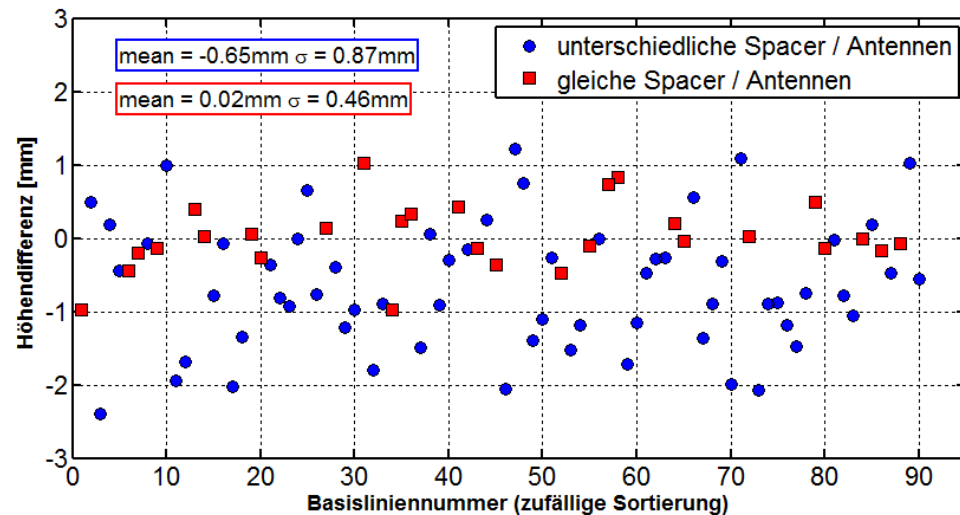
- Auffälligkeiten bei 60cm Distanzstücken

- Horizontierung / Zentrierung kritisch
- instabiler Aufbau

➔ Ausschluss aus weiterer Analyse



- ### gleiche Set-Ups
- sehr hohes Genauigkeitsniveau in beiden Komponenten
 - völlig identischer Aufbau
 - gleiche Antennen- / Spacertypen
 - identische Kabelführung

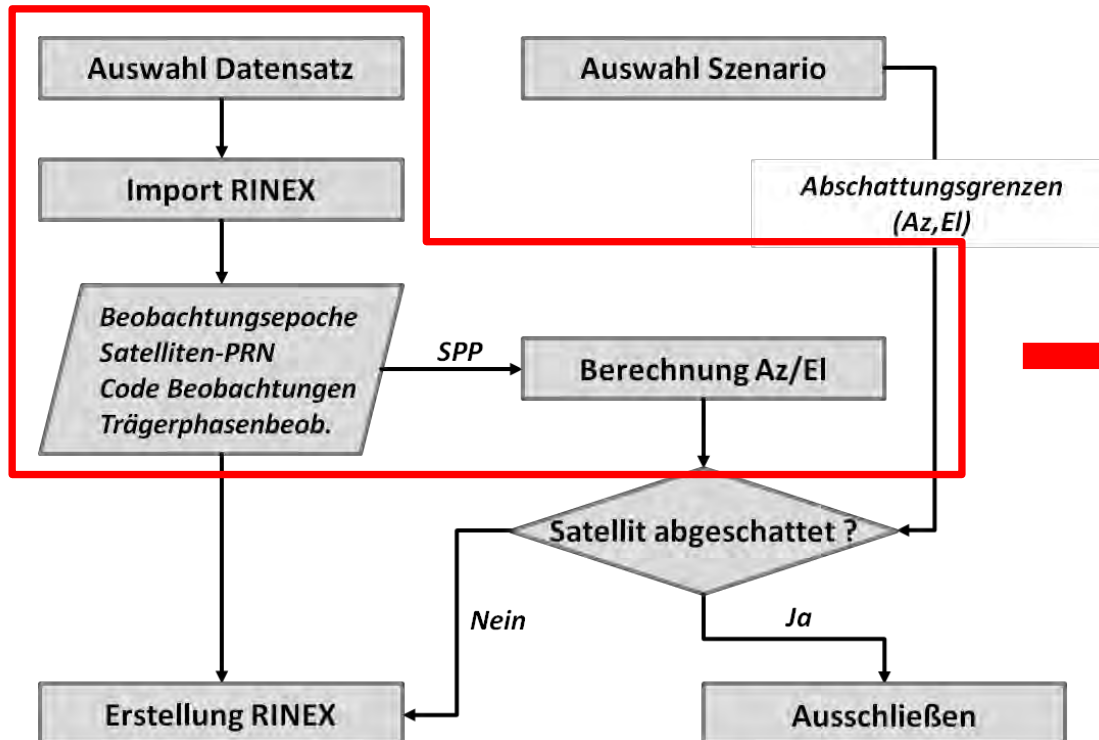


- ### unterschiedliche Set-Ups
- Genauigkeitsniveau sinkt
 - Höhenkomponente stärker beeinflusst
 - Verschlechterung fast um Faktor 2
 - unterschiedlicher Aufbau
 - verschiedene Antennen- / Spacertypen
 - unterschiedliche Kabelführung

➔ Verschlechterung resultiert aus unterschiedlichen Nahfeldsituationen!

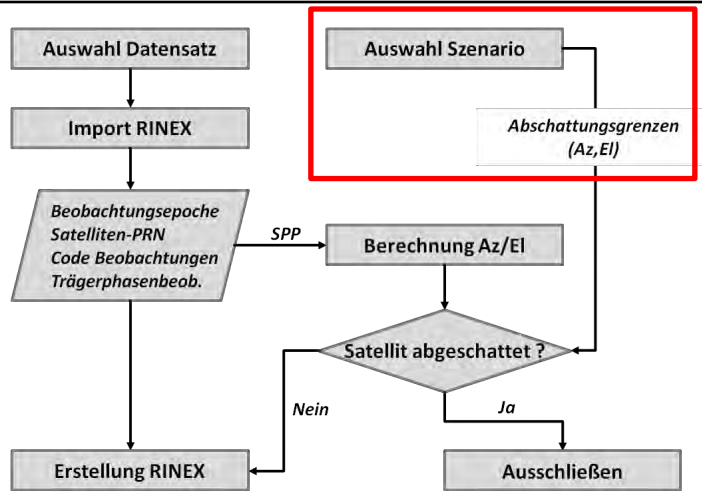
Simulationsumgebung

- Implementierung in *Matlab*
- Steuerung über *Graphical User Interface (GUI)*

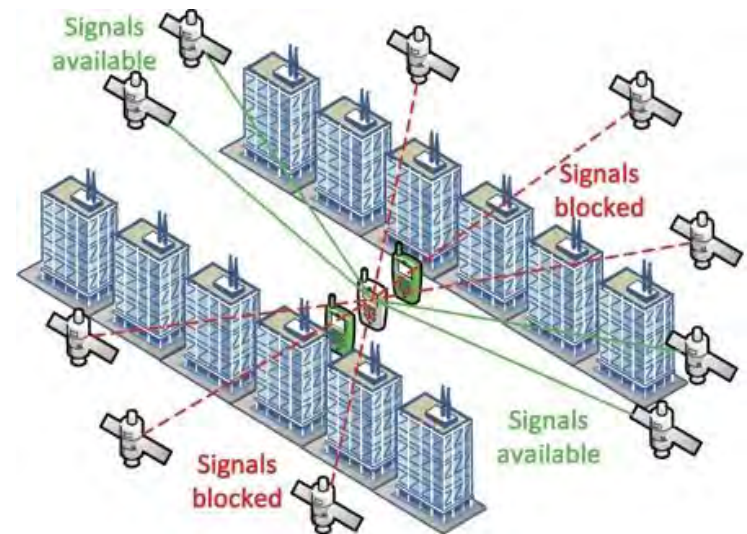


Navigationenlösung je Satellit

- *Line of Sight - Vektor*
- *Azimut und Elevation*



www.toursofutah.com

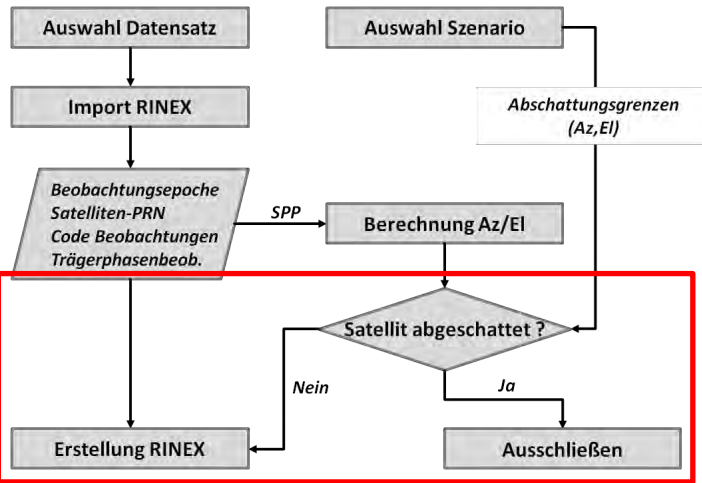


Schlucht

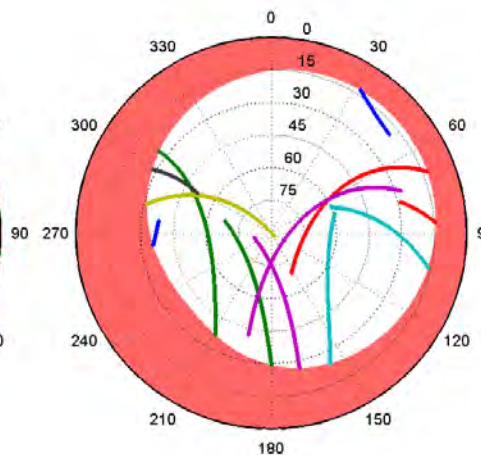
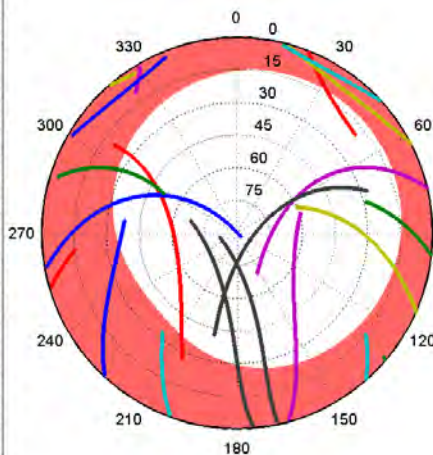
Groves, P. et.al. (2012), *Shadow matching: Improved GNSS Accuracy in urban canyons*, GPS World, vol. 23, nr. 2, pp. 14-18

Schritt 3

Szenario *Mine*
(Antenne 1)



- G02
- G03
- G05
- G06
- G07
- G09
- G10
- G13
- G15
- G16
- G17
- G18
- G19
- G20
- G21
- G23
- G24
- G27
- G28
- G29
- G30

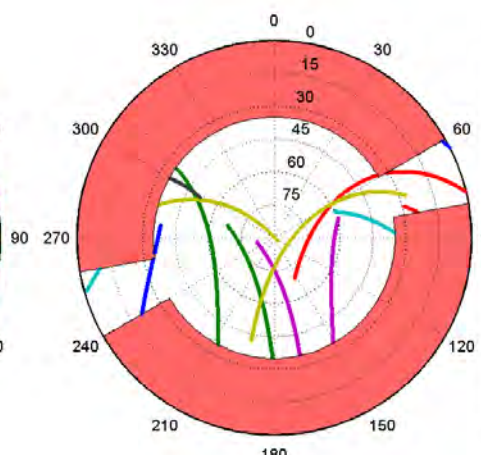
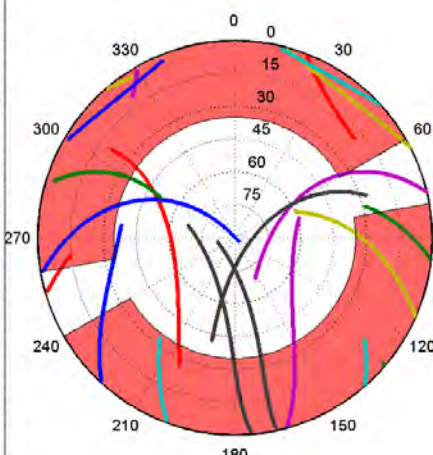


- G02
- G05
- G07
- G09
- G10
- G13
- G15
- G16
- G20
- G23
- G28
- G30

Szenario *Schlucht*



- G02
- G03
- G05
- G06
- G07
- G09
- G10
- G13
- G15
- G16
- G17
- G18
- G19
- G20
- G21
- G23
- G24
- G27
- G28
- G29
- G30

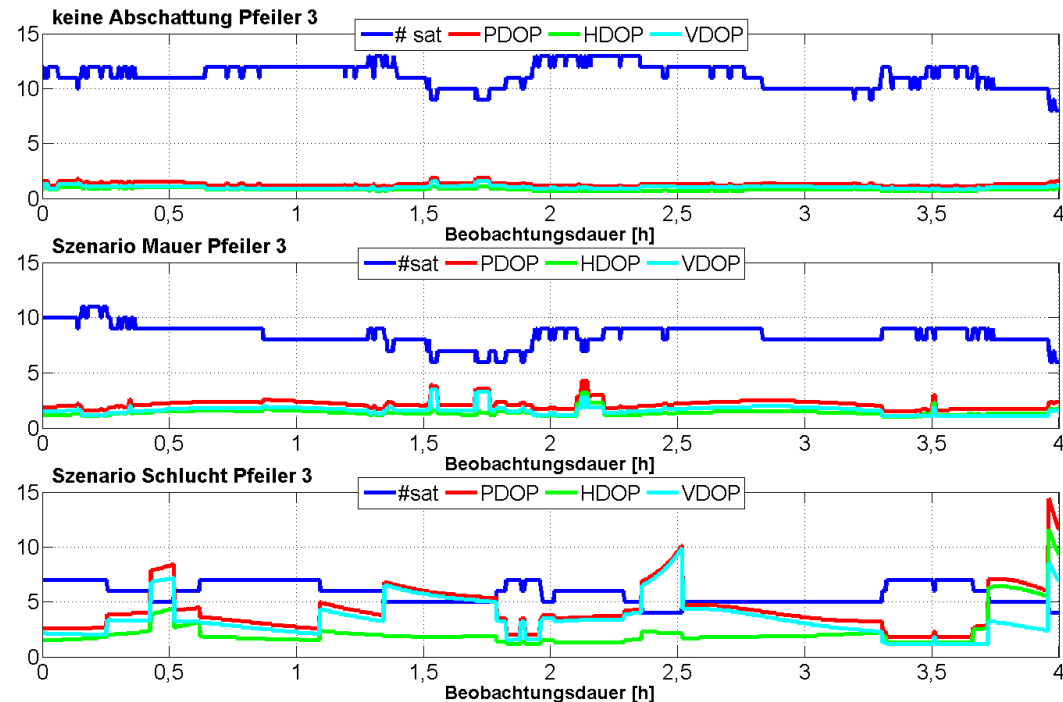


- G02
- G05
- G07
- G09
- G10
- G13
- G15
- G19
- G20
- G23
- G24
- G28
- G30

Szenario	Distanzkomponente		Höhenkomponente		Mittlere DOP-Werte		
	$\overline{\Delta d}$ [mm]	σ_d [mm]	$\overline{\Delta h}$ [mm]	σ_h [mm]	P	H	V
Ref	0.14	0.31	0.02	0.46	1.3	0.8	1.0
Mauer	0.23	0.41	0.09	0.46	2.1	1.4	1.6
Baum	0.07	0.38	0.07	0.46	1.5	1.0	1.1
Mine	0.15	0.38	0.32	0.87	3.4	1.6	3.0
Schlucht	0.21	0.40	0.13	0.60	4.2	2.2	3.5

- Mittlere DOP-Werte relative klein
- Abschattung wirkt sich kaum auf Satellitengeometrie aus

- keine signifikante Auswirkung auf Genauigkeit der Distanz
- Einfluss auf Genauigkeit der Höhenkomponente nur in Szenario *Mine* und *Schlucht* erkennbar



Distanz- komponente	Dauer 4 Stunden		Dauer 2 Stunden		Dauer 1 Stunde	
	$\overline{\Delta d}$ [mm]	σ_d [mm]	$\overline{\Delta d}$ [mm]	σ_d [mm]	$\overline{\Delta d}$ [mm]	σ_d [mm]
Ref	0.14	0.31	0.16	0.41	0.15	0.38
Mauer	0.23	0.41	0.18	0.42	0.16	0.41
Baum	0.07	0.38	0.04	0.42	0.01	0.44
Mine	0.15	0.38	0.12	0.43	0.14	0.43
Schlucht	0.21	0.40	0.14	0.43	0.09	0.41

Verkürzte Beobachtungsdauern:

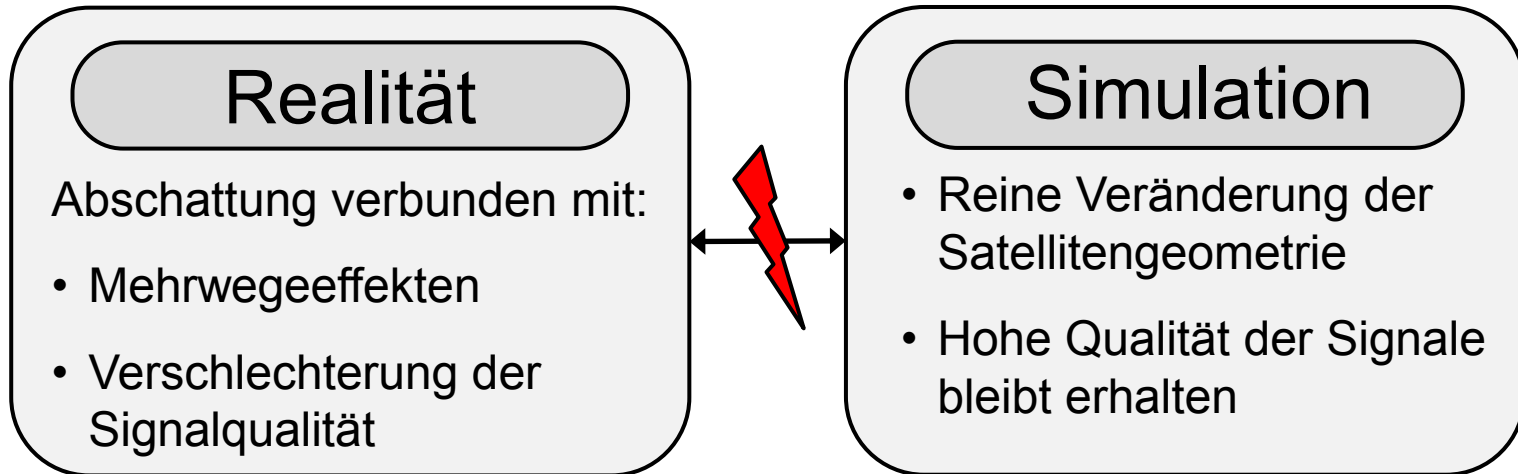
- kein Einfluss auf Genauigkeit der Distanz erkennbar
- geringe Verschlechterung der Genauigkeit der Höhenkomponente

Höhen- komponente	Dauer 4 Stunden		Dauer 2 Stunden		Dauer 1 Stunde	
	$\overline{\Delta h}$ [mm]	σ_h [mm]	$\overline{\Delta h}$ [mm]	σ_h [mm]	$\overline{\Delta h}$ [mm]	σ_h [mm]
Ref	0.02	0.46	0.16	0.65	0.22	0.74
Mauer	0.09	0.46	0.17	0.62	0.08	0.74
Baum	0.07	0.46	0.15	0.62	0.26	0.74
Mine	0.32	0.87	0.37	0.88	0.37	0.67
Schlucht	0.13	0.60	0.37	0.67	0.37	0.71

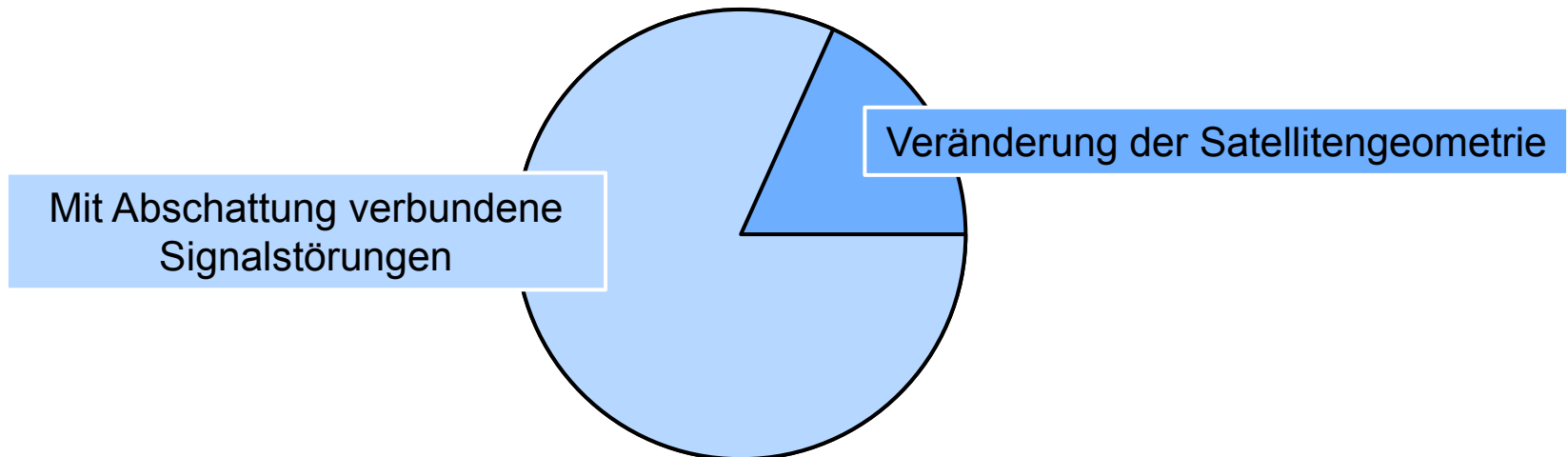
1 Stunde Beobachtungsdauer

$$\sigma_d < 0.5mm$$

$$\sigma_h < 1.0mm$$



Einfluss von Satellitenabschattung auf die Genauigkeit von GNSS-Basislinien



Antennennahfeld

- Minderung des Einflusses durch **identischen Aufbau**
- Beobachtungsdauer **4 Std.:** $\sigma < 0.5\text{mm}$, 1 Std.: $\sigma < 1.0\text{mm}$



- Quantifizierung des Einflusses ?
 - Kalibrierung inkl. simulierter Nahfeldsituation
 - erneute Messkampagne mit verschiedenen Patterns je Antenne

Satellitenabschattung

- Einfluss rein simulierter Geometrieänderung klein
- Einfluss der einhergehenden Abweichung wahrscheinlich größer ?
(Mehrwege, Signalverschlechterung, etc...)



- Validierung der Hypothese durch weitere Untersuchungen!!!
- Manipulation der Signale in Simulation
- Integration weiterer GNSS (Glonass, Beidou, Galileo)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



EMRP

European Metrology Research Programme
► Programme of EURAMET



The EMRP is jointly funded by the EMRP participating countries within EURAMET and the European Union

M.Sc. Florian Zimmermann

- **Institut für Geodäsie und Geoinformation**
- **Tel.: 0228/73-3570**
- **Email: zimmermann@igg.uni-bonn.de**