

# Detailanalyse der Mehrwegeverhältnisse auf dem Dach einer GPS-Referenzstation

Lambert Wanninger  
Ingenieurbüro Wanninger, Neuwied

5. GPS-Antennenworkshop, Frankfurt/Main, 3. November 2003

## Mehrwegeeinflüsse

### entfernte Reflektoren (> 1 m)

- kurzperiodisch (< 60 Minuten),
- z.T. große Amplitude (cm+ auf iono.-freier Linearkombination)

### nahe Reflektoren

- langperiodisch
- in der Praxis vielfach kleine Amplitude (mm auf iono.-freier Linearkombination)
- kaum zu trennen vom Einfluss des Antennennahfeldes (Pfeiler-, Stativoberkante)

## Mehrwegeinflüsse auf dem Pfeilerdach der LGN

Mehrwegeinflüsse sind eine der dominanten stationsabhängigen Fehlereinflüsse. Gerade permanent betriebene Referenzstationen, die sich im allgemeinen auf Hausdächern befinden, weisen vielfach starke Reflektoren in der Antennenumgebung auf, die Mehrwegeinflüsse erzeugen. Beim Aufbau einer Referenzstation wird darauf geachtet, dass keine Reflektoren oberhalb des Antennenhorizonts anzutreffen sind. Dabei wird vielfach unterschätzt, dass auch die Reflektoren unterhalb des Antennenhorizonts, selbst bei Antennen mit vergrößerter Grundplatte oder sogar Choke-Rings, große Fehler erzeugen können.

Der für den Ringversuch der Antennenkalibrierung erzeugte Datensatz von simultanen Messungen mit kalibrierten Antennen auf allen sechs Pfeilern der LGN stellt nicht nur für eine Analyse im Hinblick auf Antennenkalibrierung, sondern auch für die Mehrwegeanalyse einen sehr wertvollen Datensatz dar. Dabei kann sowohl der Mehrwegeinfluss auf die einzelnen Pfeiler getrennt untersucht werden, wie auch die Mehrwegeempfindlichkeit der fünf beteiligten Antennentypen. Da Koordinatensollwerte dieses lokalen Netzes vorliegen, kann der Einfluss der Mehrwegeeffekte auf die Koordinatenbestimmung abgeleitet werden.

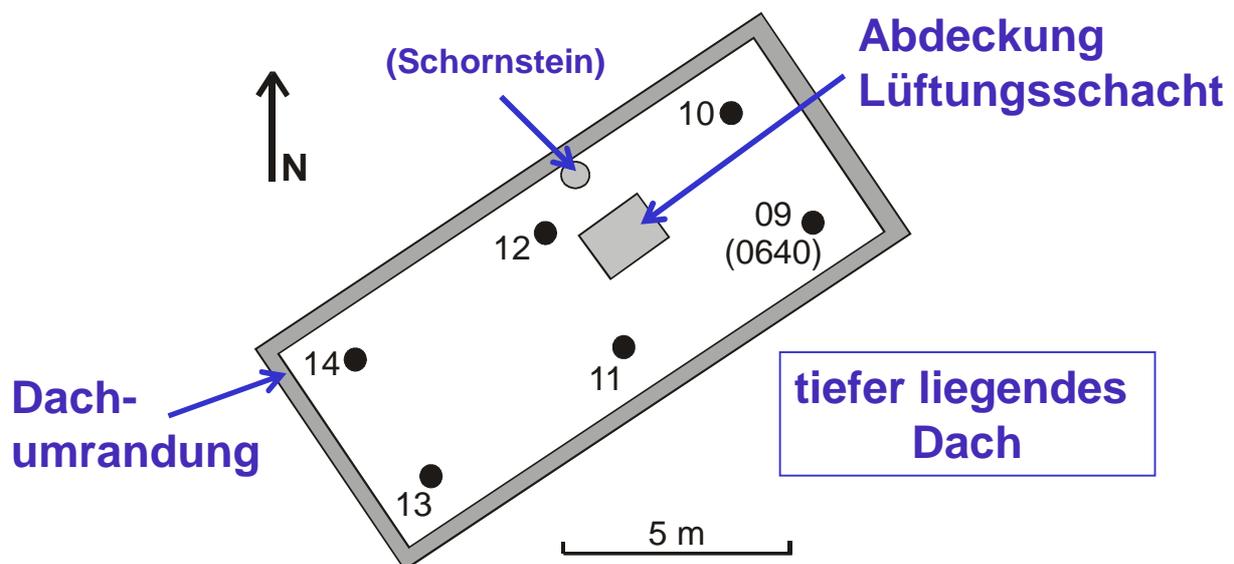
Zwei Analysemethoden werden hier angewandt:

- die Detektierung, Lokalisierung und Quantifizierung kurzperiodischer Mehrwegeanteile in einem Netz von Referenzstationen und
- der Mehrwegeinfluss auf die Höhenkoordinate bei Verwendung der typischen Auswerteparameter für großräumige Netze (ionosphäre-freie Koordinatenlösung mit Troposphärenschätzung).

Ingenieurbüro Wanninger

[www.wasoft.de](http://www.wasoft.de)

## Pfeilerdach der LGN



Ingenieurbüro Wanninger

[www.wasoft.de](http://www.wasoft.de)

## Blick nach Nordosten



(LGN, 2003)

Ingenieurbüro Wanninger

[www.wasoft.de](http://www.wasoft.de)

## Blick nach Südwesten



(LGN, 2003)

Ingenieurbüro Wanninger

[www.wasoft.de](http://www.wasoft.de)

## Zu erwartende Einflüsse auf dem Pfeilerdach der LGN

Das Pfeilerdach der LGN weist eine Vielzahl von metallenen Reflektoren auf, von denen man erwarten würde, dass sie starke Mehrweegeinflüsse erzeugen. Dabei sind insbesondere zu nennen:

- die Abdeckung eines Lüftungsschachtes zwischen den Pfeilern 09-10-11-12 und
- die Dachumrandung.

Weiterhin gibt es im Südwesten ein tiefer liegendes Dach, welches als Reflektor wirken könnte.

Durch die Anordnung der Pfeiler und der potentiellen Reflektoren ist zu erwarten, dass die Mehrwegeausbreitung im Vergleich der Pfeiler stark variieren wird.

Die folgenden Untersuchungen kommen zu einem überraschenden Ergebnis, welches hier schon vorweg genommen werden soll. Zwar zeigen sich wie erwartet große Unterschiede zwischen den Pfeilern. Aber dass z.B. der Pfeiler 10 der mit Abstand am stärksten beeinflusste Pfeiler ist, war nicht zu erwarten. Insgesamt scheinen die erwarteten Reflektoren keinen großen tatsächlichen Einfluss zu haben, während die tatsächlich wirksamen Reflektoren auf ersten Augenschein hin nicht einwandfrei zu identifizieren sind. Dies zeigt, dass die tatsächlichen Mehrwegeverhältnisse nur durch die Analyse von durchgeführten Beobachtungen abgeschätzt werden können.

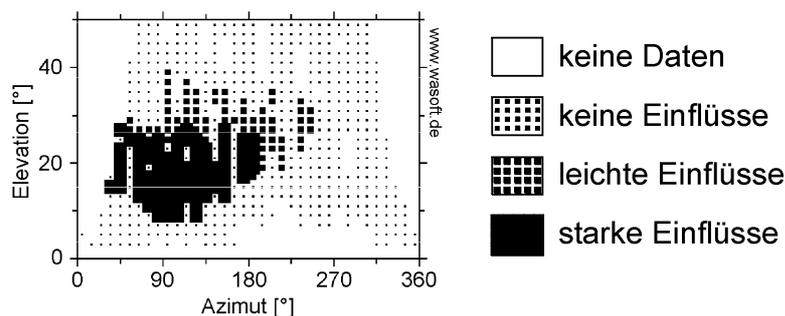
Ingenieurbüro Wanninger

[www.wasoft.de](http://www.wasoft.de)

# Phasenmehrwegeerkennung

## Detektierung, Lokalisierung, Quantifizierung mit WaSoft/Multipath

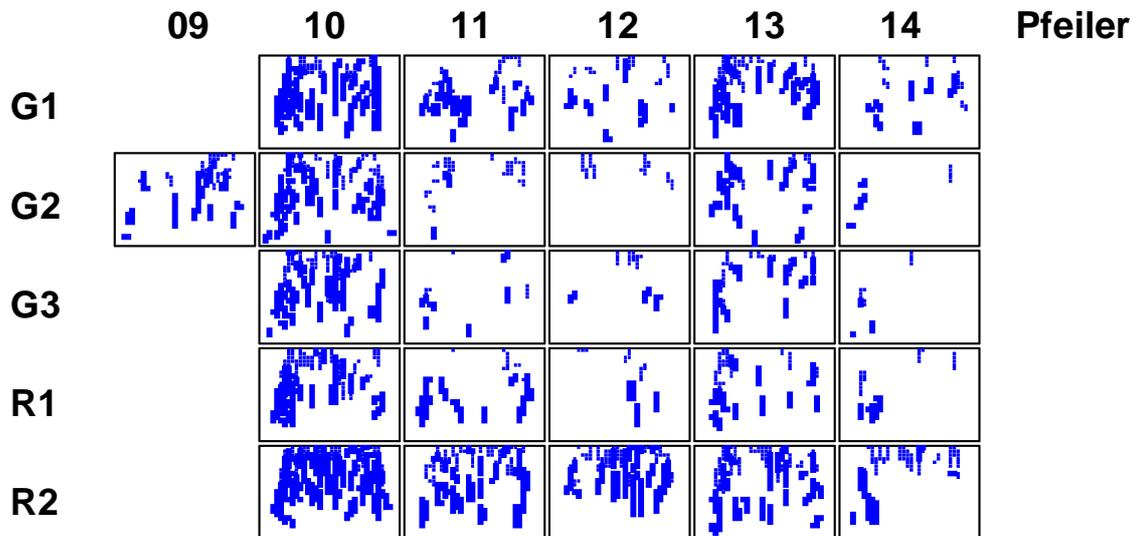
- kurzperiodische Anteile (< 30...60 min)
- hoch stehende Satelliten als Referenz
- im Netz von Stationen
- wenig gestörte Signale anderer Stationen als Referenz
- Identifizierung von aussendendem Satelliten und der Station



Ingenieurbüro Wanninger

[www.wasoft.de](http://www.wasoft.de)

# Mehrwegeanalyse 1



Antenne

# Mehrwegeanalyse 1

## Mehrwegeindex

	09	10	11	12	13	14	Mittel
G1		34	15	6	21	6	17
G2	(13)	25	4	2	13	2	9
G3		27	4	3	11	1	9
R1		23	10	4	11	4	10
R2		42	24	24	24	11	25
Mittel		30	11	8	16	5	

# Rangliste der Stationen/Antennen

## Mehrwegeanalyse 1

### Stationen

### Antennen (+Empfänger)

schwach mehrwegebeeinflusst

wenig mehrwegeempfindlich

14

G2 G3

12

R1

11

09 13

G1

10

R2

stark mehrwegebeeinflusst

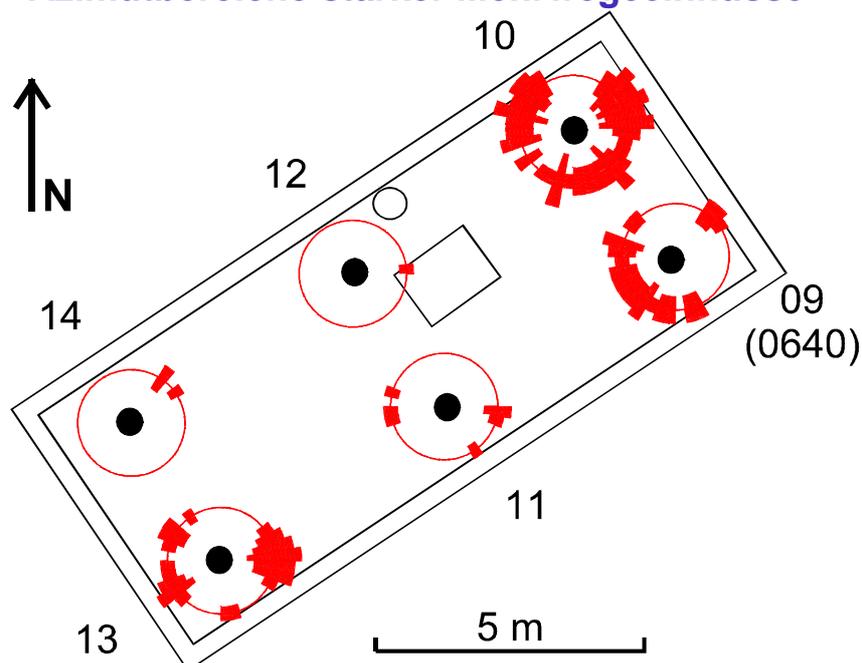
stark mehrwegeempfindlich

Ingenieurbüro Wanninger

[www.wasoft.de](http://www.wasoft.de)

## Mehrwegeanalyse 1

### Azimutbereiche starker Mehrwegeeinflüsse



Ingenieurbüro Wanninger

[www.wasoft.de](http://www.wasoft.de)

### Interpretation Analyse 1:

Die Untersuchung der kurzperiodischen Mehrwegeinflüsse weist große Variationen der Mehrwegeeffekte an den einzelnen Pfeilern und auch große Unterschiede der Mehrwegeempfindlichkeit der einzelnen Antennentypen nach. Besonders betroffen sind Pfeiler 10, 13 und 09. Besonders empfindlich sind die Antennen R2 und G1. Letzteres ist um so erstaunlicher als dass die Antenne G1 eine Antenne mit vergrößerter Grundplatte und *Choke-Rings* (aber nicht baugleich mit einer Dorne-Margolin-Antenne) ist.

Die identifizierten Richtungen zu den wirksamen Reflektoren widerspricht den Vorüberlegungen zu potentiellen Reflektoren auf dem LGN-Dach. Die tatsächlich wirksamen Reflektoren lassen sich auf ersten Augenschein hin nicht einwandfrei in der Örtlichkeit identifizieren.

### Interpretation Analyse 2:

Bei der Analyse der durch Mehrwegeinflüsse verursachten Höhenfehler bei einer ionosphärenfreien Koordinatenlösung mit Schätzung von Troposphärenparametern zeigen sich Variationen dieser Höhenfehler von bis zu 3 cm zwischen bestimmten Pfeiler/Antennen-Kombinationen. Bei den drei geodätischen Antennen haben die Pfeiler 11, 12 und 14 ein sehr ähnliches Verhalten. Die geodätischen Antennen zeigen geringere Variationen zwischen den fünf Pfeilern als die 2 RTK-Antennen. Wechselt man auf einem der Pfeiler eine geodätische Antenne gegen eine andere geodätische Antenne aus, so muss man mit einer mehrwegeverursachten Höhendifferenz von ungefähr 1 cm rechnen.

Ingenieurbüro Wanninger

[www.wasoft.de](http://www.wasoft.de)

## Mehrwegeanalyse 2

### Höhenkoordinatenfehler in Basis zu Station 09

iono.-frei, tropo. Schätzung, 24 h, Geo++-APZ-Korrekturen  
berechnet mit WaSoft

	Pfeiler	10	11	12	13	14	MAX-MIN
Ant.	G1	1,1	9,8	9,2	4,5	9,6	8,7
	G2	-6,7	1,9	1,4	-5,2	2,0	8,7
	G3	3,9	8,5	10,3	8,2	10,1	6,4
	R1	-8,1	1,2	4,8	-0,7	-0,2	12,9
	R2	-21,3	-2,1	-8,7	-7,0	-5,9	19,2
MAX-MIN G		10,6	7,9	8,9	13,4	8,1	
MAX-MIN G+R		25,2	11,9	19,0	15,2	16,0	[mm]

**Antennenwechsel G: ... ~ 10 mm Höhenveränderung**

Ingenieurbüro Wanninger

[www.wasoft.de](http://www.wasoft.de)

# Rangliste der Stationen/Antennen

## Mehrwegeanalyse 2

### Stationen

schwach mehrwegebeeinflusst

11 12 14

10 13

stark mehrwegebeeinflusst

### Antennen (+Empfänger)

wenig mehrwegeempfindlich

G3  
G1 G2

R1

R2

stark mehrwegeempfindlich

Ingenieurbüro Wanninger

[www.wasoft.de](http://www.wasoft.de)

## Schlussfolgerungen

### Mehrwegeanalyse LGN-Dach: 6 Pfeiler, 5 Antennen

- große Unterschiede der Mehrwegeeinflüsse auf einzelne Pfeiler
  - geringer Einfluss durch erwartete Reflektoren
  - tatsächliche Reflektoren durch Augenschein nicht einwandfrei identifizierbar
  - SAPOS-Station auf mittelmäßigem Pfeiler 09
- große Unterschiede in Mehrwegeempfindlichkeit der Antennen
- Antennenwechsel kann zu mehrwegebedingten Höhendifferenzen von 1 cm führen

Ingenieurbüro Wanninger

[www.wasoft.de](http://www.wasoft.de)