
Vergleich von GMF/GPT mit VMF1/ECMWF und Konsequenzen für die Korrektur atmosphärischer Auflasten



Peter Steigenberger, Urs Hugentobler
Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie,
TU München



Johannes Boehm
Institut für Geodäsie und Geophysik, TU Wien



Volker Tesmer
Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, München

Einführung

- Bestmögliche Troposphärenmodellierung (Mapping Funktion und hydrostatische a priori Zenitverzögerungen) ist eine Grundvoraussetzung für Bestimmung genauer Stationskoordinaten
 - Die empirischen Modelle GMF/GPT werden heute von den meisten IGS Analysezentren verwendet
 - Auf Wettermodellen basierende Mapping Funktionen und Zenitverzögerungen (z.B. VMF1/ECMWF) ermöglichen eine realistischere Modellierung der Troposphäre
- Vergleich der Troposphärenmodellierung mit **GMF/GPT und VMF1/ECMWF**
 - Konsequenzen fehlerhafter troposphärischer Modellierung für **atmosphärische Auflasten**

Troposphärenmodellierung

$$TD(z) = f_h(z) \cdot ZHD + f_w(z) \cdot ZWD$$

TD	Troposphere Total Delay
ZHD	Zenith Hydrostatic Delay (a priori)
ZWD	Zenith Wet Delay (geschätzt)
z	Zenitdistanz
f_h	hydrostatische Mapping Funktion
f_w	feuchte Mapping Funktion

Troposphärenmodellierung

$$\text{TD}(z) = f_h(z) \cdot \text{ZHD} + f_w(z) \cdot \text{ZWD}$$

Mapping Funktionen:

- Global Mapping Function (**GMF**)
- Vienna Mapping Function 1 (**VMF1**)

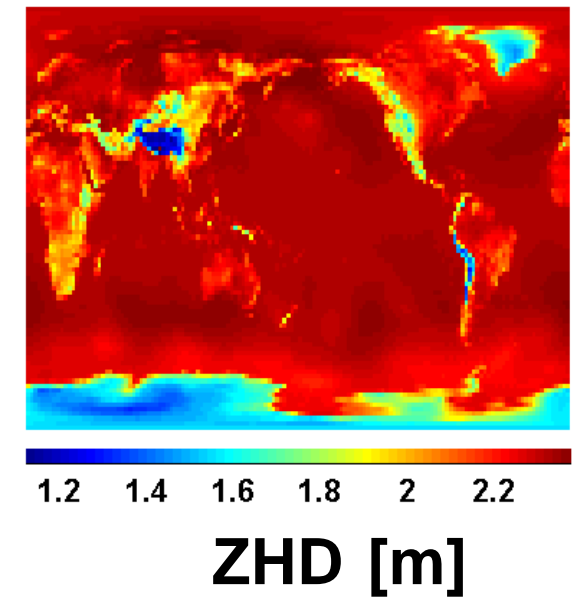
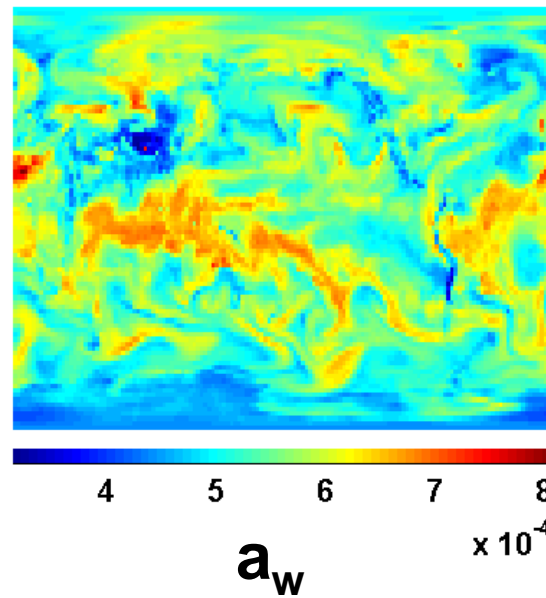
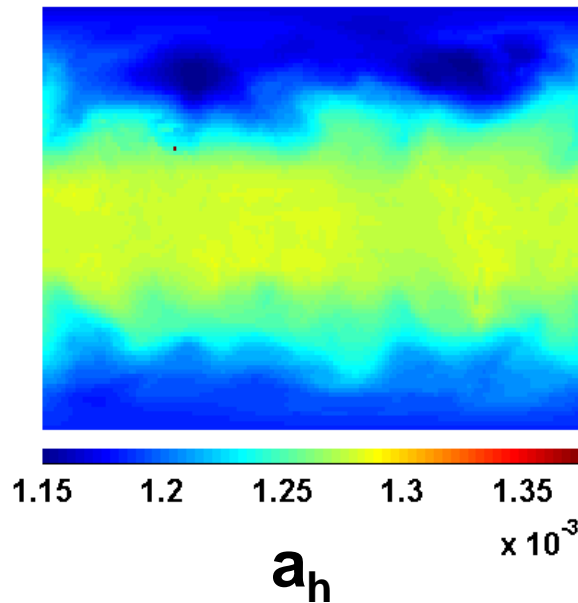
Hydrostatische a priori Zenitverzögerungen

- Global Pressure and Temperature (**GPT**) Modell
- Zenitverzögerungen aus **ECMWF** Wettermodell

VMF1/ECMWF ZHD

Mapping Funktion:
A priori Zenitverz.:

Vienna Mapping Function 1
ECMWF Zenith Hydrostatic Delays

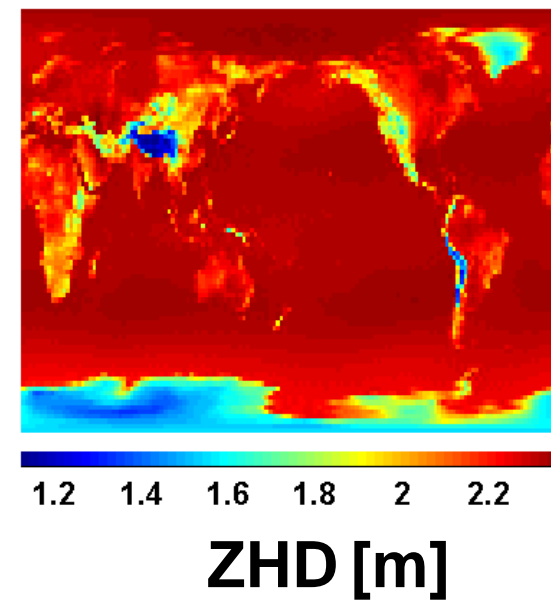
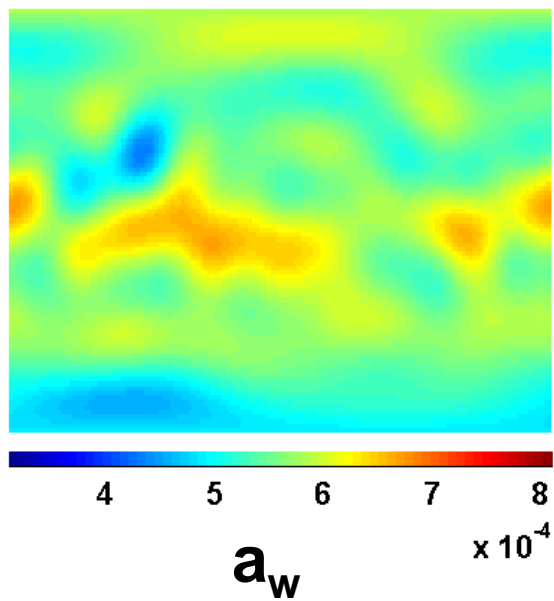
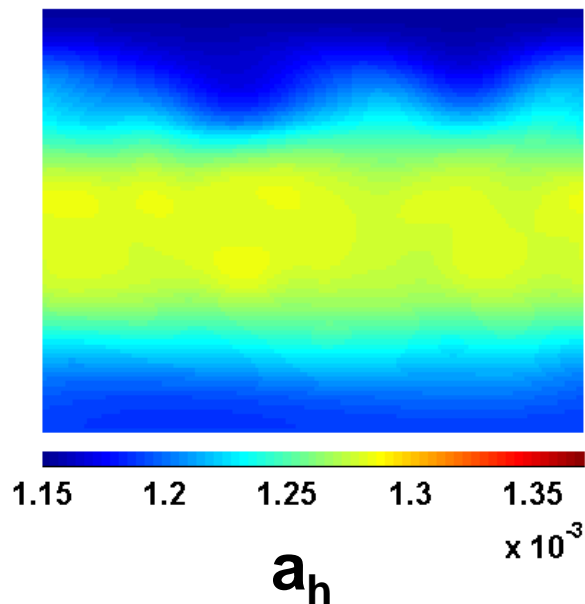


Globale Gitter mit $2.0^\circ \times 2.5^\circ$ Auflösung: a_h a_w ZHD (ZWD)
Verfügbar seit 1992 um 0:00, 6:00, 12:00 und 18:00 UT

GMF/GPT

Mapping Funktion:
A priori Zenitverz.:

Global Mapping Function
Global Pressure and Temperature Model



GPT: bestimmt aus 3 Jahren ECMWF Daten, sphärisch-harmonische Reihe bis Grad und Ordnung 9 für Offset und Jahressignal, Eingabegrößen: Position, DOY
ZHD abgeleitet aus GPT-Luftdruck mit der hydrostatischen Saastamoinen Gleichung

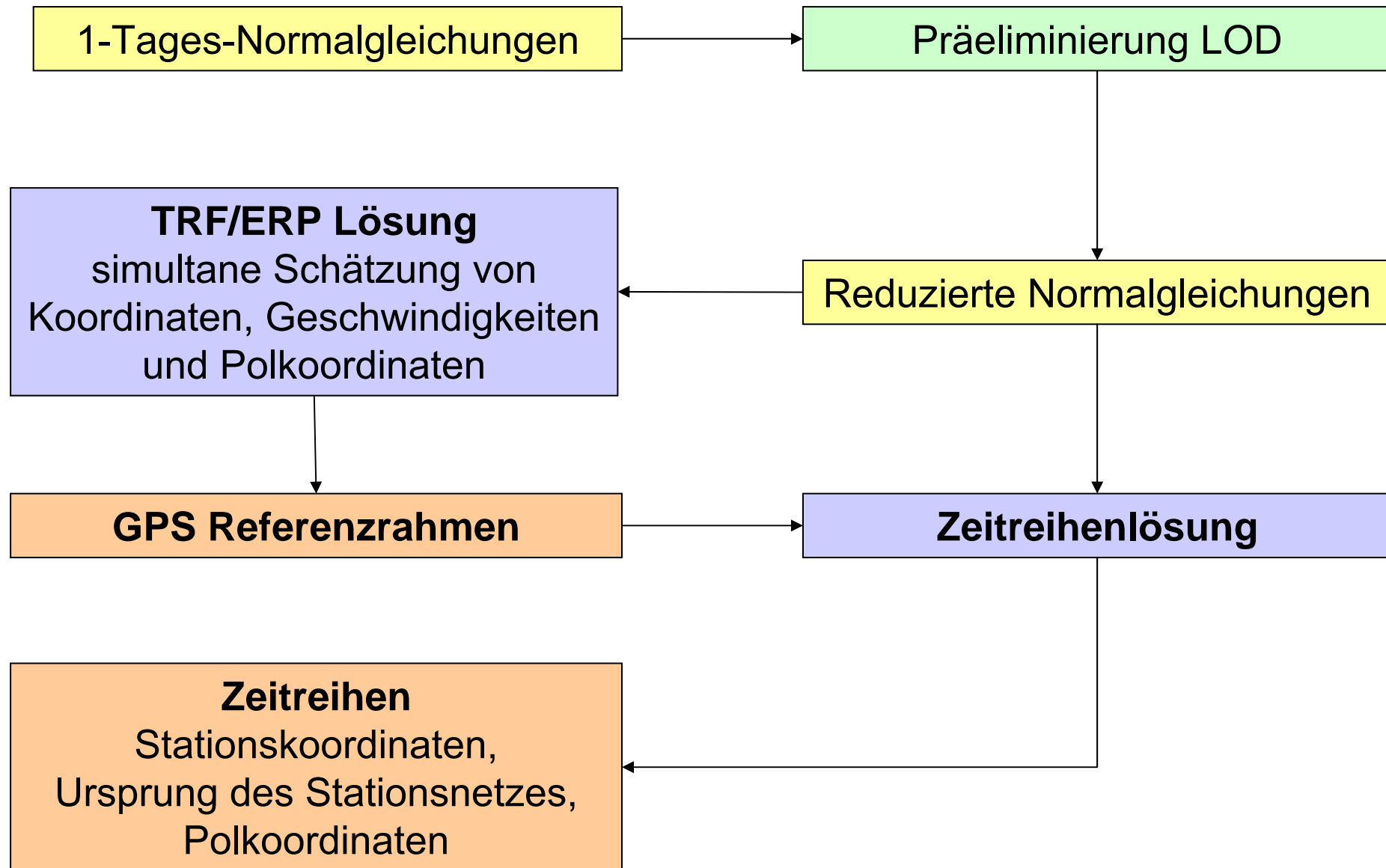
Globale GPS Lösungen (1)

Vollständige GPS Reprozessierung durch TU München/TU Dresden

- Insgesamt 202 Stationen, bis zu 160 pro Tag
- Datumsstationen: 62 stabile IGB00 Stationen
- Zeitraum: 01. Januar 1994 – 31. Oktober 2005 (4322 Tage)

Lösung	Mapping Funktion	A priori ZHD
GMF/GPT	GMF	GPT
VMF1/GPT	VMF1	GPT
GMF/ECMWF	GMF	ECMWF
VMF1/ECMWF	VMF1	ECMWF

Globale GPS Lösungen (2)

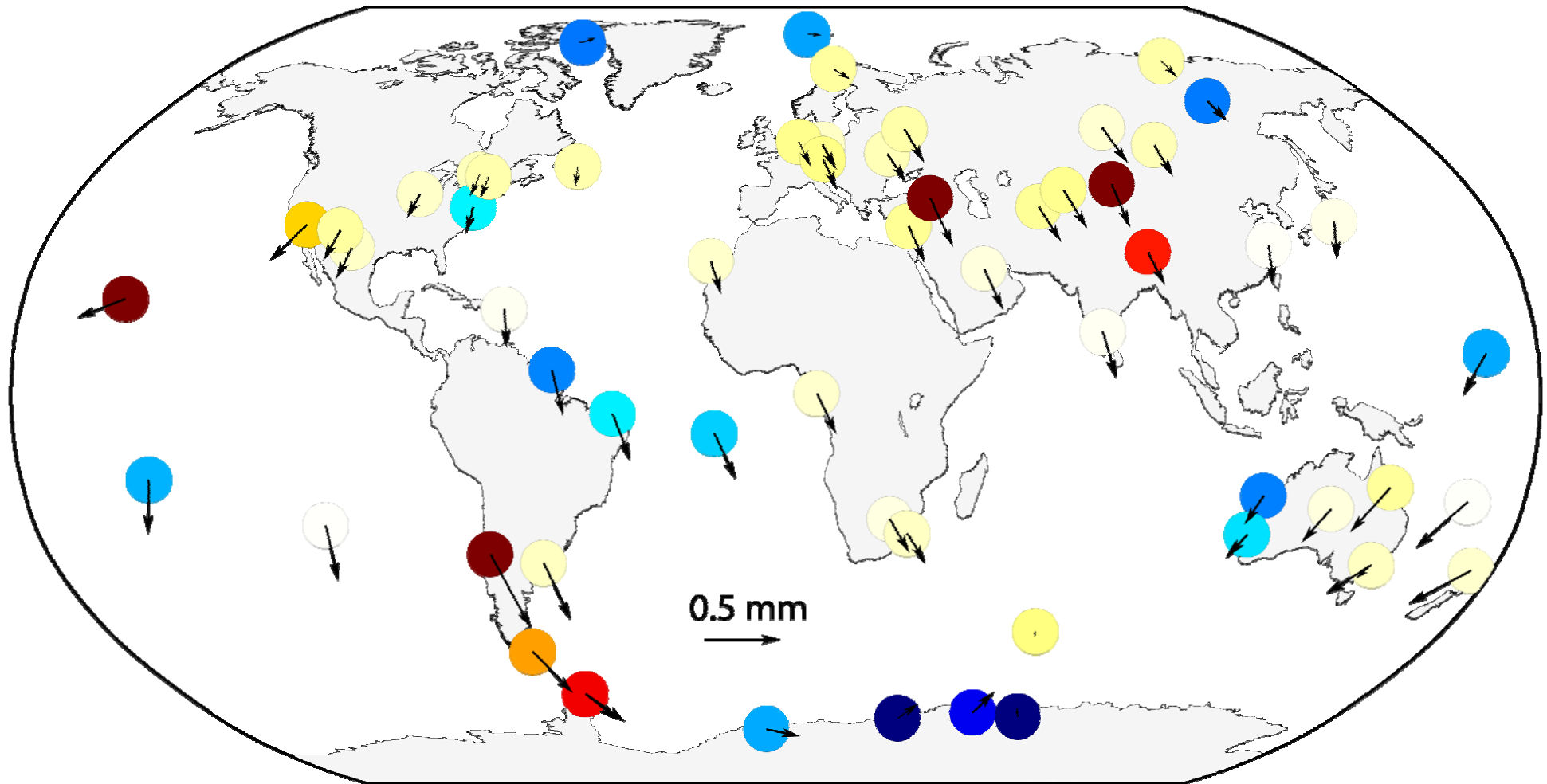


Unterschiede der Referenzrahmen

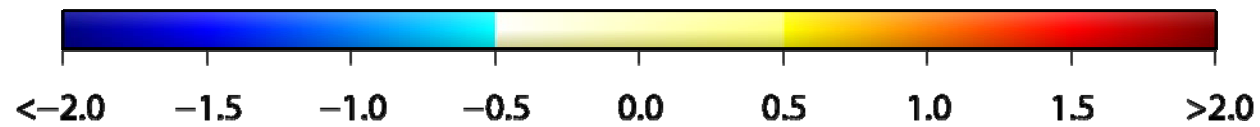
14-Parameter Ähnlichkeitstransformation zwischen
GMF/GPT TRF und **VMF1/ECMWF TRF**

Translation X	0.18 mm	0.02 mm/y
Translation Y	-0.07 mm	0.02 mm/y
Translation Z	0.71 mm	-0.02 mm/y
Rotation X	0.01 mas	0.00 mas/y
Rotation Y	0.00 mas	0.00 mas/y
Rotation Z	0.00 mas	0.00 mas/y
Skalierung	0.03 ppb	0.00 ppb/y

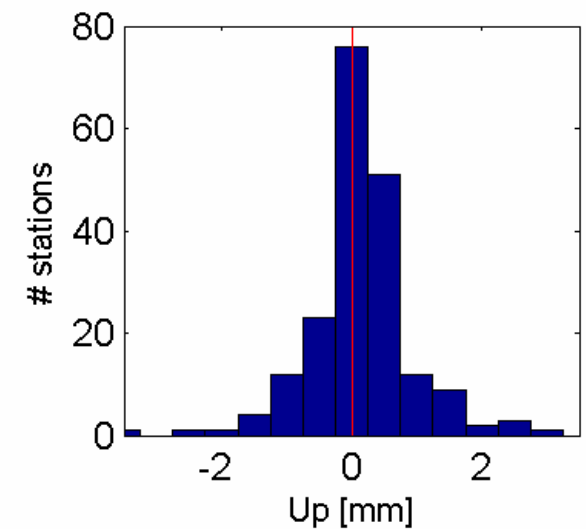
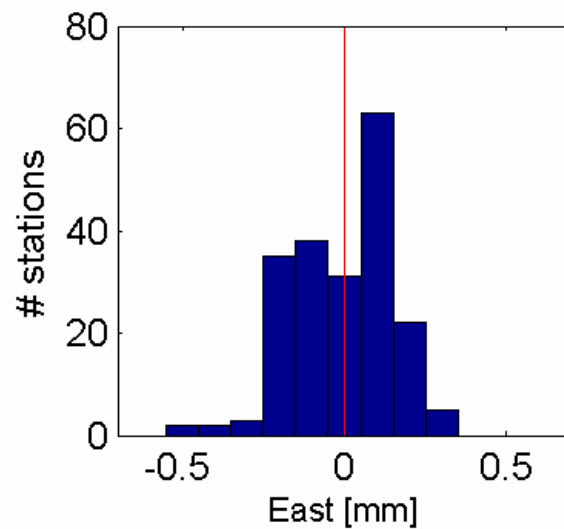
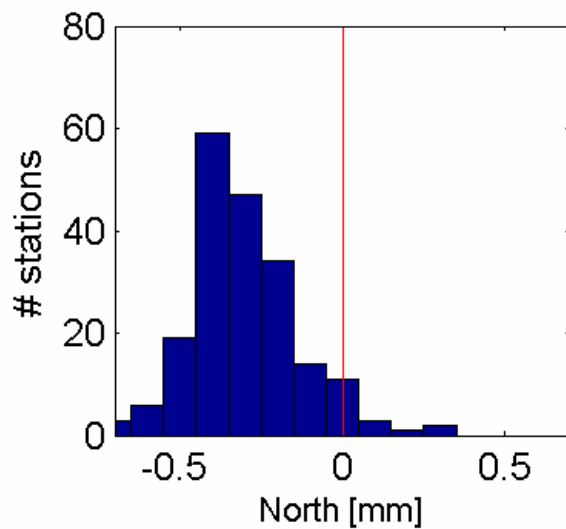
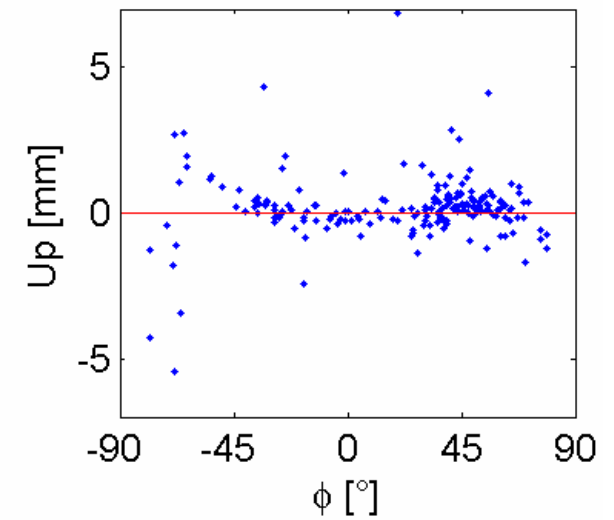
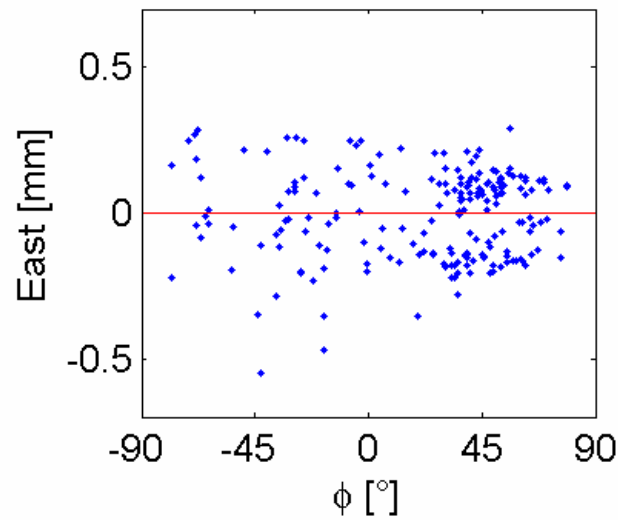
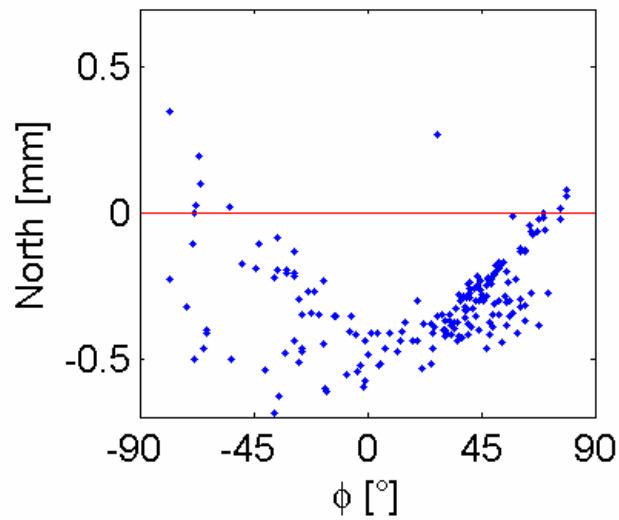
Koordinatenresiduen



Height residuals [mm]



Koordinatenresiduen



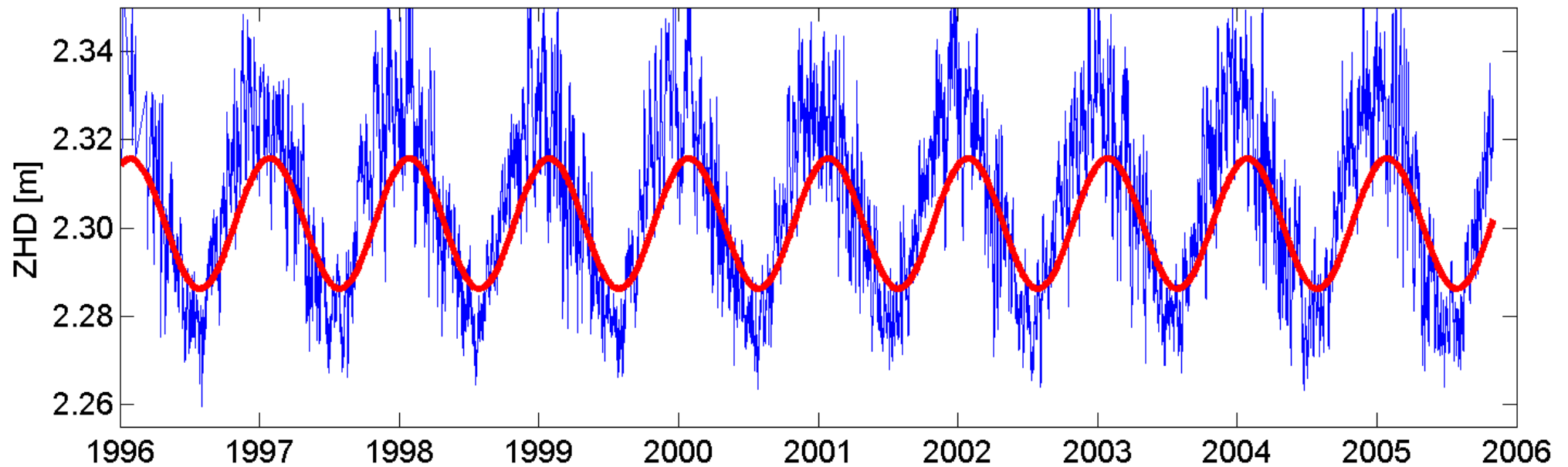
Einfluß eines fehlerhaften ZHD (1)

Unterschiede zwischen der hydrostatischen und feuchten Mapping Funktion verursachen einen Höhenfehler wenn ein fehlerhaftes ZHD Modell verwendet wird.

Hydrostatische Zenitverzögerung Wuhan

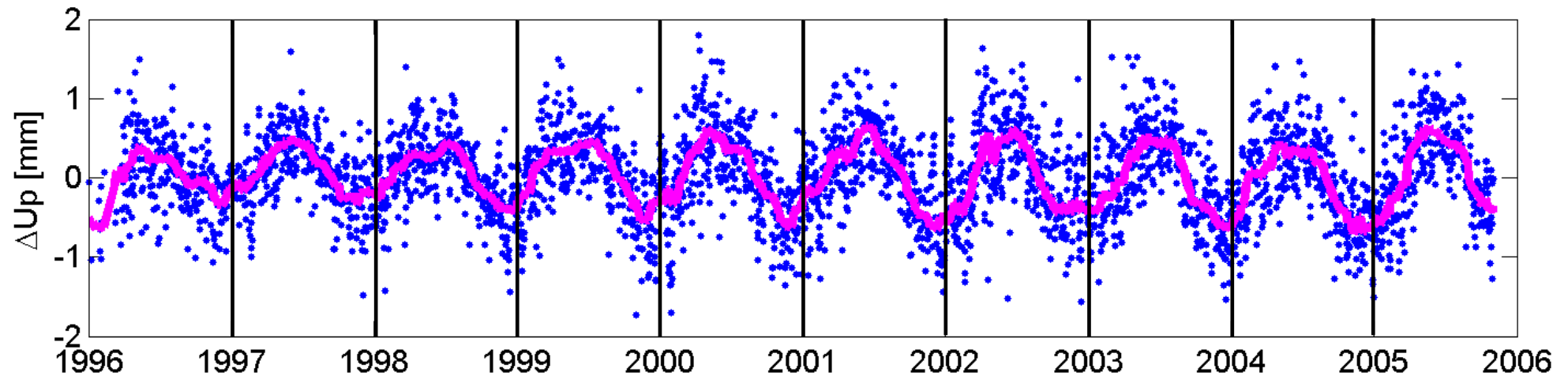
ECMWF

GPT

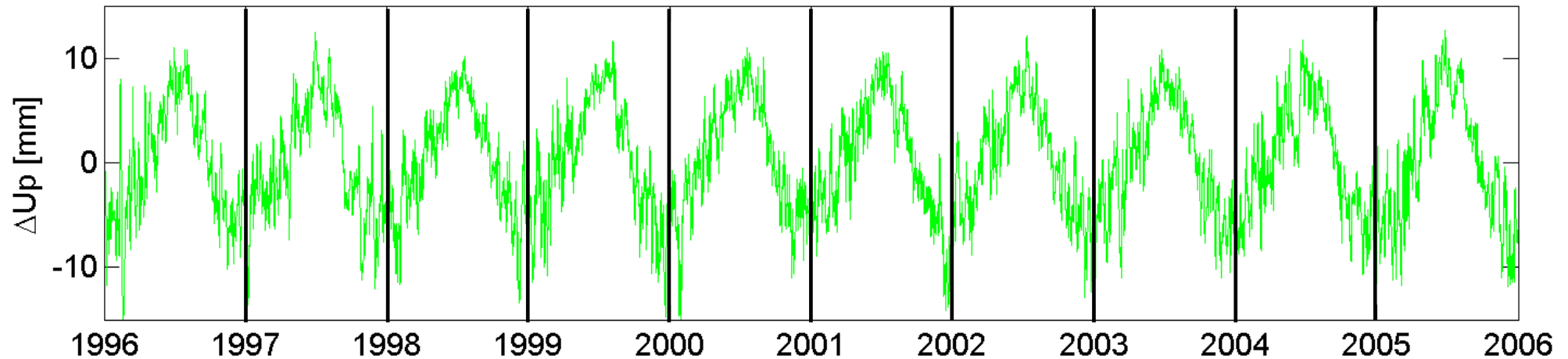


Einfluß eines fehlerhaften ZHD (2)

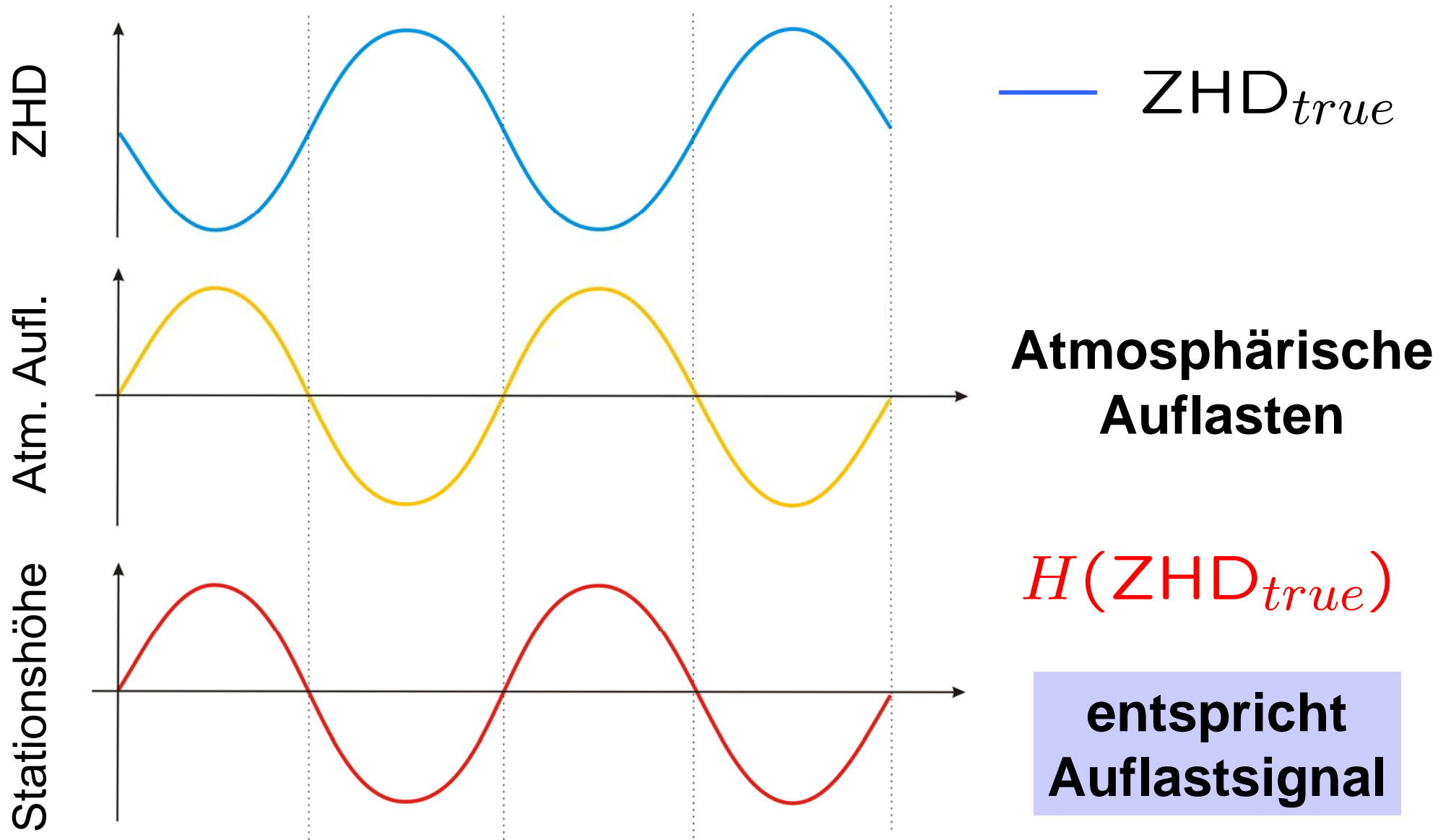
Differenzen der Stationshöhen: ECMWF - GPT



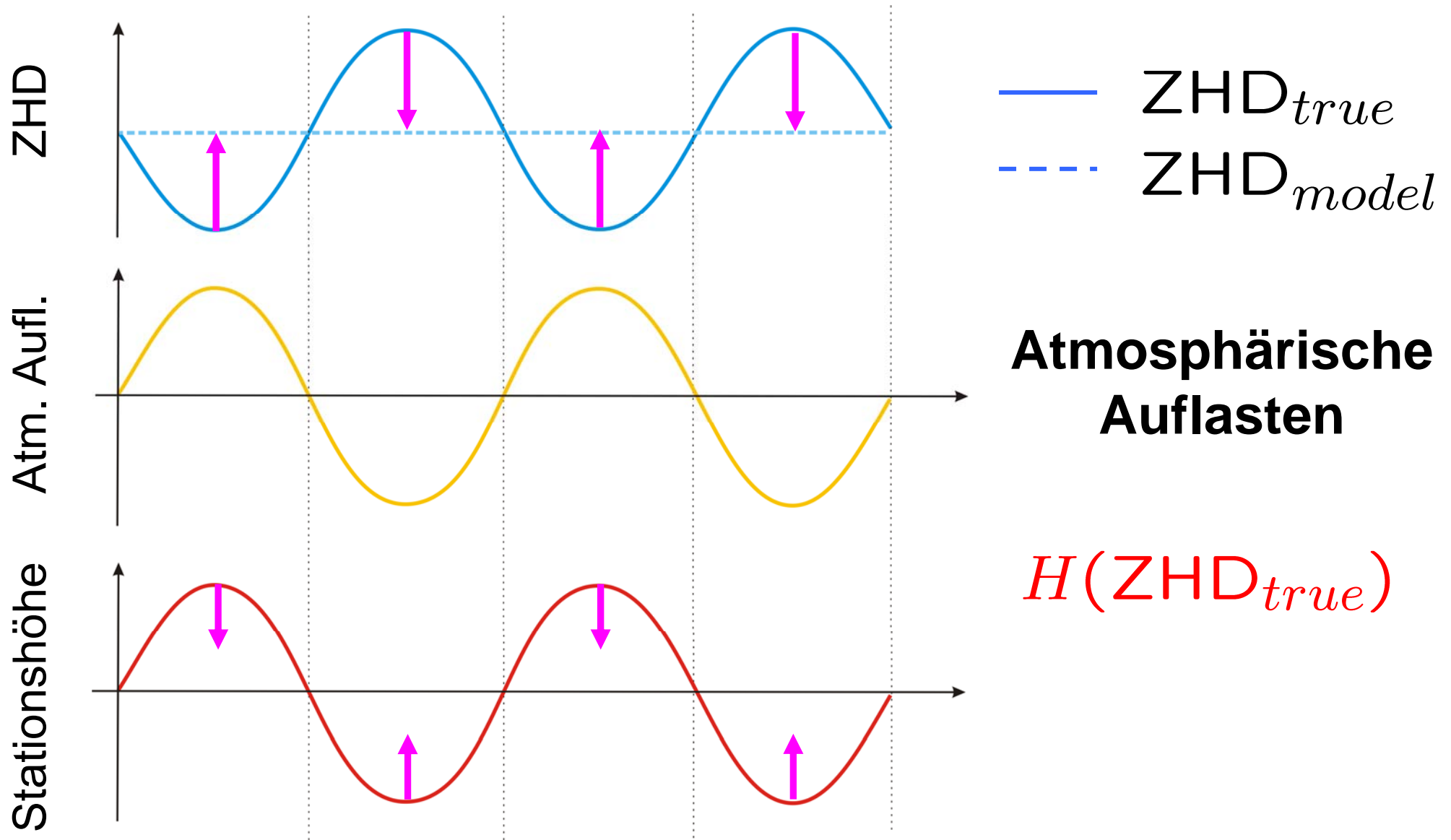
→ Teilweiser Ausgleich atmosphärischer Auflasten



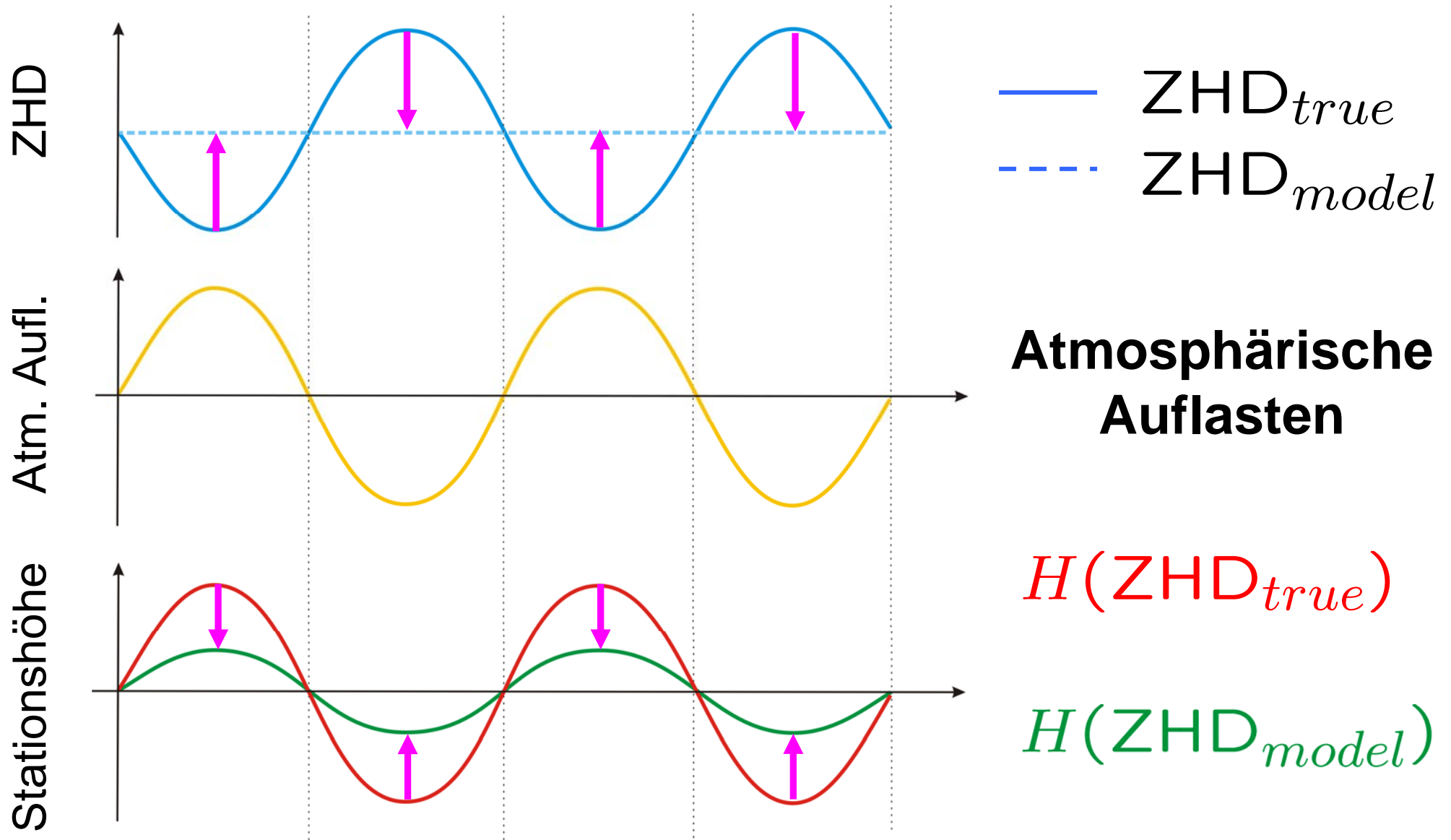
Idealfall



Fehlerhaftes ZHD



— Teilweiser Ausgleich Atmosphärischer Auflasten (1) —



— Teilweiser Ausgleich atmosphärischer Auflasten (2) —

- Hydrostatische Zenitverzögerungen:

$$\text{ZHD} \approx 0.00227768 \cdot P_0$$

- Effekt atmosphärischer Auflasten auf Stationshöhen:

$$\Delta H_{AL} \approx -k \cdot (P_0 - P_{ref})$$

→ **Teilweise Ausgleich der atmosphärischen Auflasten**

Ohne Korrektur der atmosphärischen Auflasten:

- **schlechtere** Höhenwiederholbarkeit für ECMWF ZHDs verglichen mit GPT

Mit Korrektur der atmosphärischen Auflasten:

- **bessere** Höhenwiederholbarkeit für ECMWF ZHDs verglichen mit GPT

Wiederholbarkeiten der Stationshöhen (1)

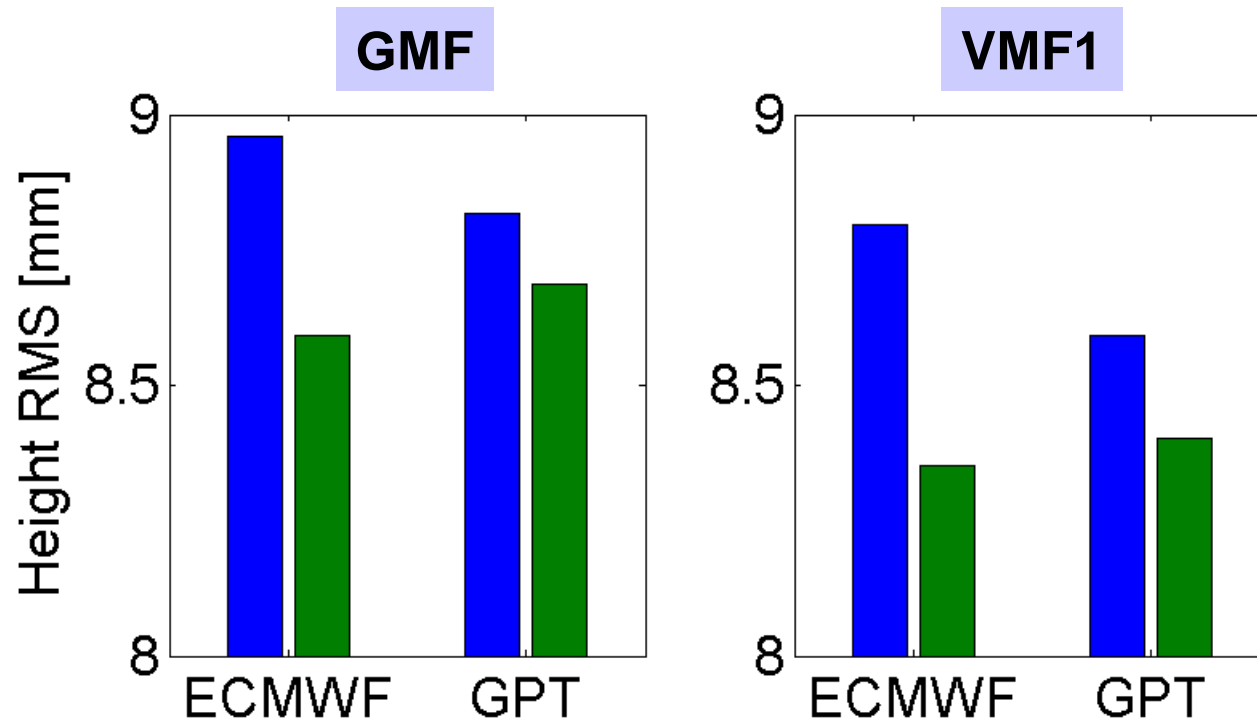
alle Stationen, atmosphärische Auflasten nicht korrigiert

Lösung	TRF Lösung	Wochenlsg. 2004
GMF/GPT	9.30 mm	5.35 mm
GMF/ECMWF	9.41 mm	5.46 mm
VMF1/GPT	9.12 mm	5.15 mm
VMF1/ECMWF	9.38 mm	5.28 mm

Mapping Funktion: VMF1 besser als GMF

A priori ZHD: GPT besser als ECMWF

Wiederholbarkeiten der Stationshöhen (2)



183 Stationen **ohne** bzw. **mit** Korrektur atmosphärischer Auflasten (Leonid Petrov*)

- Bessere Wiederholbarkeit **ohne** Korrektur atm. Auflasten für **GPT**
- Bessere Wiederholbarkeit **mit** Korrektur atm. Auflasten für **ECMWF**

* <http://gemini.gsfc.nasa.gov/aplo/>

Zusammenfassung

- **Unterschiede** zwischen GMF/GPT und VMF1/ECMWF sind im Allgemeinen
 - auf sub-millimeter Niveau für die Lagekoordinaten
 - unter 1 Millimeter für die Stationshöhen (bis zu 2 mm für einzelne Stationen)
- Es besteht ein klarer **Zusammenhang** zwischen der Modellierung der **Troposphärenverzögerung** und **atmosphärischen Auflasten**
- Deshalb müssen **VMF1** und **hydrostatische a priori Zenitverzögerungen** mit 6-stündiger Auflösung aus **numerischen Wettermodellen** verwendet werden um **atmosphärische Auflastsignale** in Koordinatenzeitreihen aufzudecken.