

# **Zur Nutzung von NTRIP in lokalen, regionalen und globalen Echtzeitnetzen**

**Gerhard Wübbena**

Geo++<sup>®</sup> GmbH  
D-30827 Garbsen,  
Germany  
[www.geopp.de](http://www.geopp.de)

- Internet als Medium
- Nutzung von NTRIP zur Übertragung von GNSS Daten
- Verfahren der Zustandsrepräsentation
- GNSMART Zustandsprotokoll
- bundesweites GPS/GLONASS Netz über NTRIP
- Ausblick

# Das Medium Internet

---



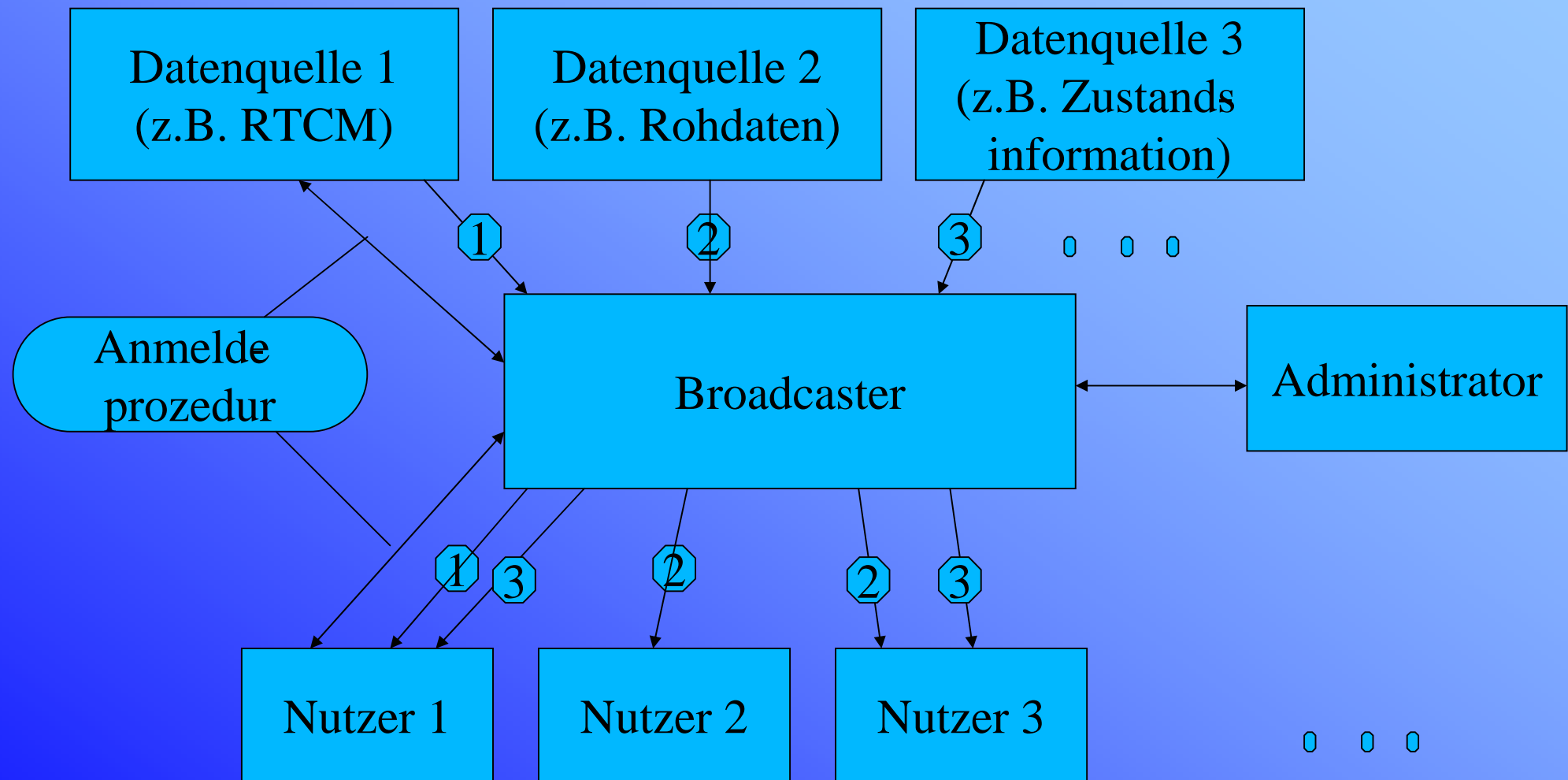
- einige Eigenschaften
  - „unbegrenzte“ Reichweite
  - hohe Bandbreite
  - inhomogenes Zeitverhalten
  - „unsicheres“ Medium
    - Nutzer Authentifizierung
    - Datenauthentizität
  - Zugang für jeden Nutzer
  - mobiles Internet verfügbar (GPRS, UMTS, ...)

# Datenübertragung mit NTRIP



- NTRIP – „Networked Transport of RTCM via Internet Protocol“
  - Konzept:
    - Nutzung eines „Broadcasters“ zur Vervielfältigung von unidirektionalen Datenströmen um viele Nutzer zu erreichen (Internet Radio)
    - Datenquellen liefern Datenströme an den „Broadcaster“
    - „Clients“ „hören“ diese Datenströme
  - NTRIP ist nicht auf RTCM begrenzt
    - „Networked Transport of (GNSS) Reference data via IP“ ?

# NTRIP Konzept



# NTRIP Protokoll

---



- **HTTP** Protokoll zur
  - Anmeldung von Datenquellen und Nutzern durch einfaches Authentifizierungsprotokoll (Name, Kennwort)
  - Abfrage verfügbarer Datenquellen („Source Table“)
    - Art der Daten
    - Format der Daten (Rohdaten, RTCM ...)
    - Stationskoordinaten
- **TCP/IP** als Transportprotokoll
  - **UDP** geplant!?

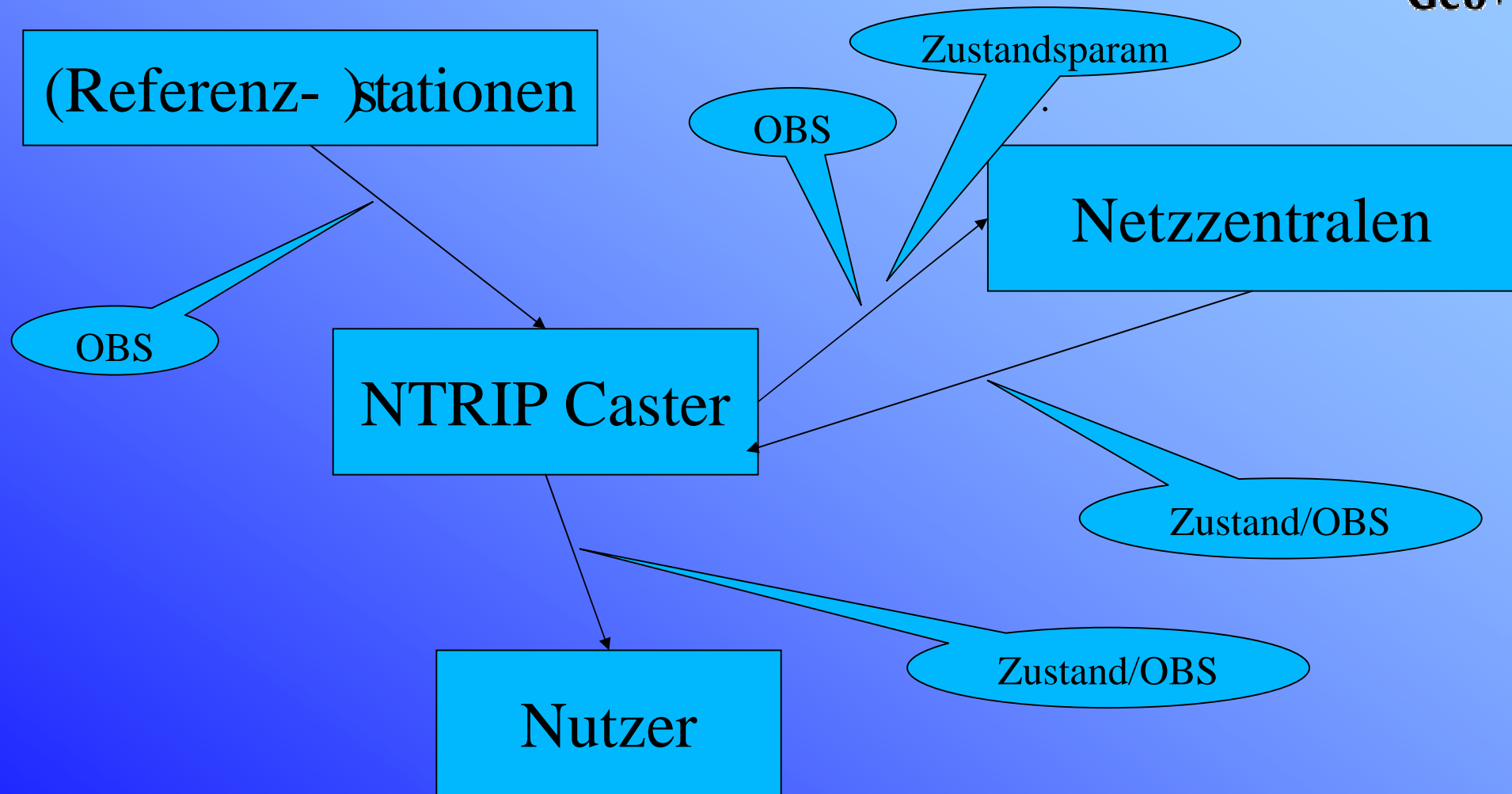
# NTRIP Dateninhalte

---



- Konzept erlaubt prinzipiell die **Übertragung beliebiger Daten**
- Beschreibung der Dateninhalte der unterschiedlichen Datenquelle derzeit stationsbezogen
- Dateninhalte können beliebig definiert werden:
  - GNNS **Rohdaten** von Referenzstationen
  - GNNS **Korrekturdaten** (RTCM)
  - GNNS **Zustandsinformationen** ?

# GNSS Datenaustausch über NTRIP





# Nutzung von NTRIP in Echtzeitnetzen



- Datenaustausch zwischen (Referenz-)Stationen und Vernetzungszentralen
  - Beobachtungsdaten (Rohdaten)
    - empfängerspezifisch
    - standardisiert
      - RTCM 18/19, RTCM 20/21, RTCM 3.0
      - BINEX
  - Automatisierung erfordert zusätzliche Parameter
    - Wunsch an NTRIP:
      - Koordinaten, Bezugsdatum
      - Empfängerversion, Antennenausstattung
      - meteorologische Datenerfassung
      - Kalibrierungsdaten (Antennen, Site)
      - ...

# Nutzung von NTRIP in Echtzeitnetzen



- Datenaustausch zwischen Vernetzungszentralen
  - Zustandsparameter
    - „Tracking“ –Information
    - Mehrdeutigkeitsstatus
    - Satellitenzustandsparameter
      - Bahnfehler
      - Uhrfehler
      - L1/L2 Hardwareverzögerungen
    - Atmosphärenzustandsparameter
      - ionosphärische Laufzeitverzögerungen und –beschleunigungen
      - troposphärische Laufzeitverzögerungen
    - stochastische Informationen
      - Standardabweichungen
      - Korrelationen
      - Parameter der stochastischen Zustandsprozesse

# Nutzung von NTRIP in Echtzeitnetzen



- Datenaustausch zwischen Vernetzungszentralen und Nutzern
  - Zustandsparameter im Zustandsraum (SSR)
    - optimale „Performance“
    - Standardisierungsproblem
  - Beobachtungsdaten (Rohdaten)
    - RTCM 18/19
  - Korrekturdaten
    - RTCM 20/21
  - Zustandsparameter im Beobachtungsraum (OSR)
    - in den Beobachtungsraum transformierter Teil-Zustandsvektor
      - FKP
      - PRS
      - VRS

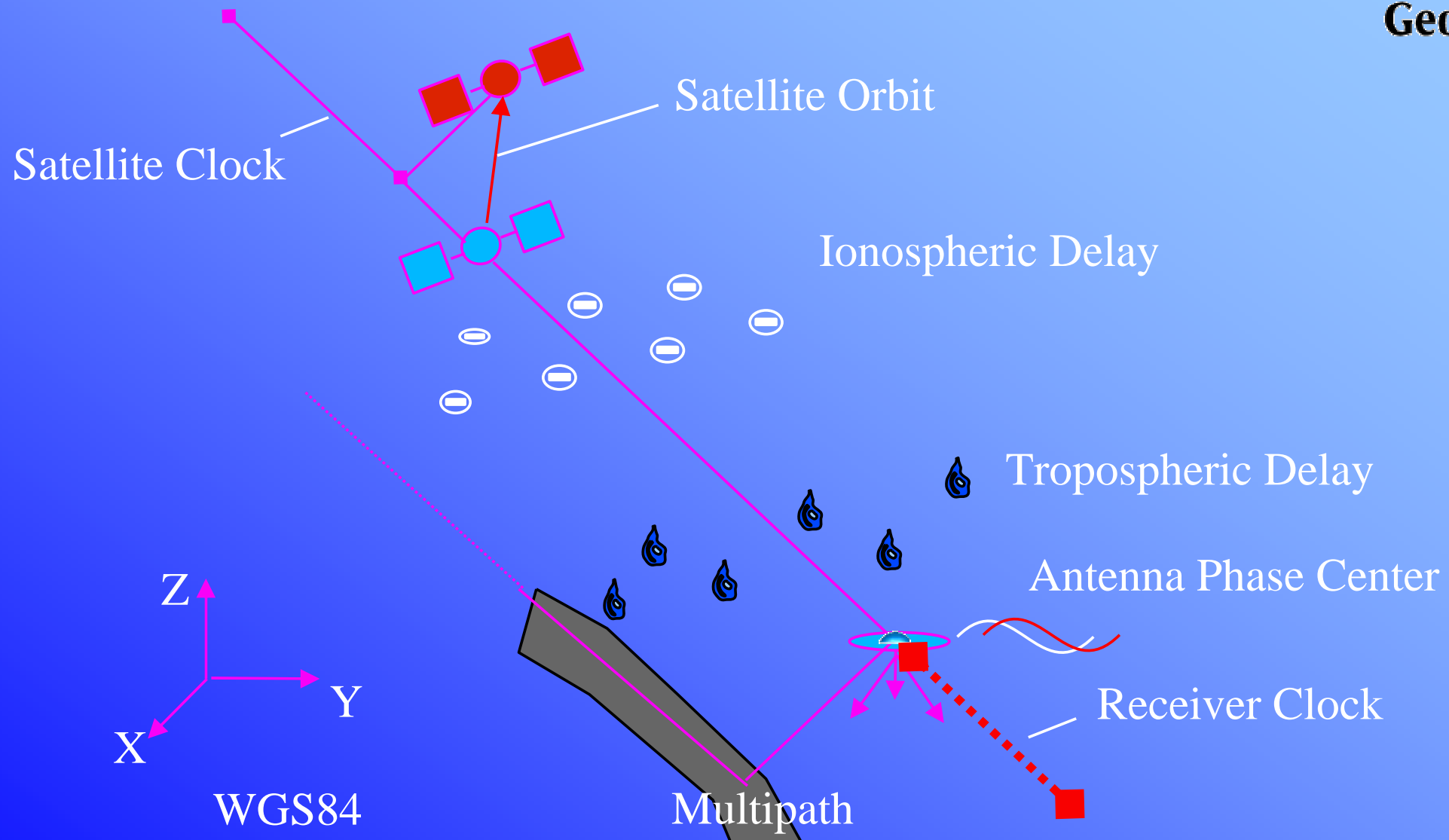
# Zustandsrepräsentation

---

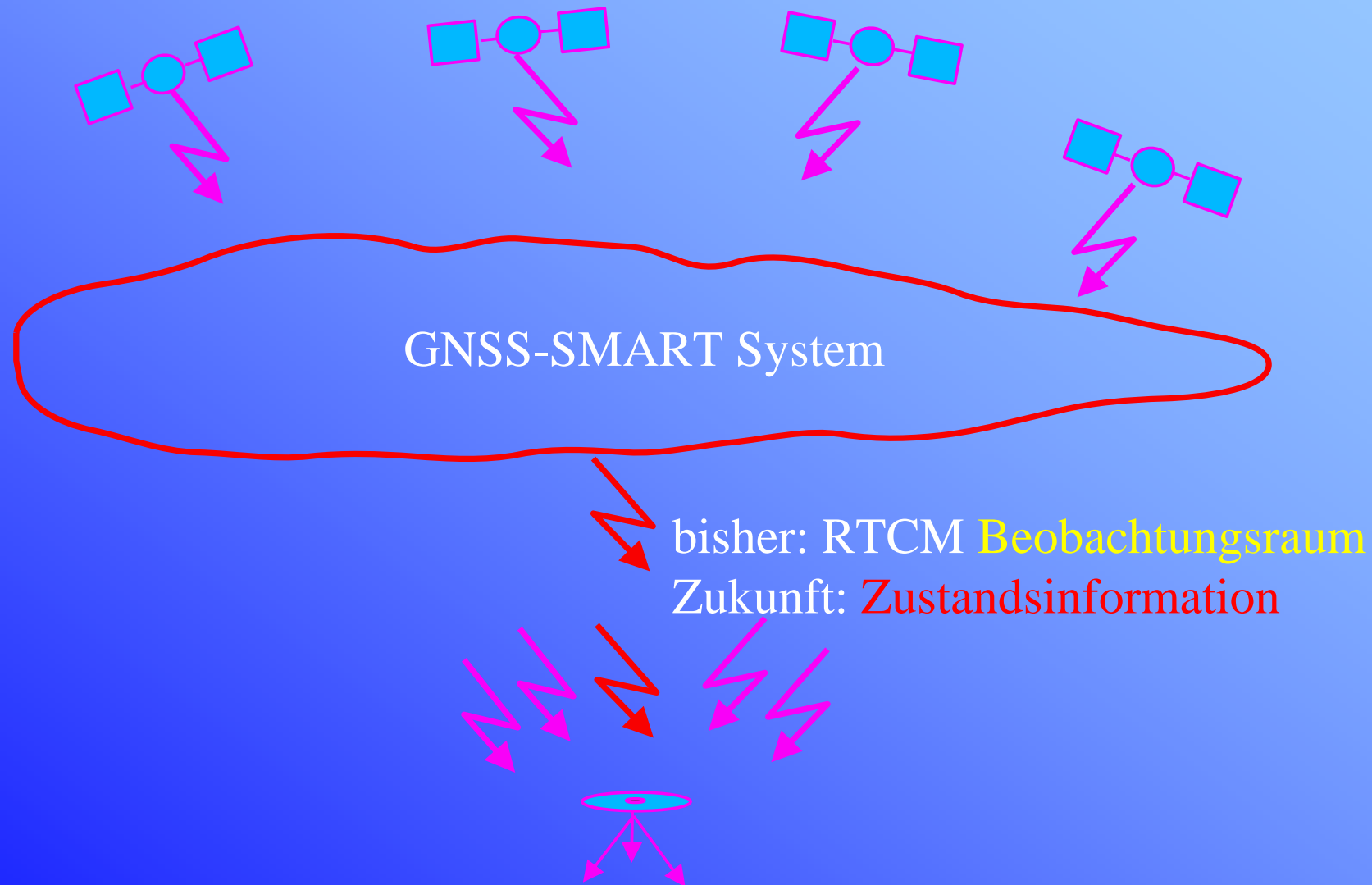


- Nutzer von Referenzdaten zum Zweck der Positionsbestimmung benötigen Referenzdaten, die die Fehlereinflüsse an seinem Messstandort repräsentieren.

# Die wichtigsten GNSS Fehlerquellen



# GNSS- SMART (State Monitoring And Representation Technique)- Nutzersicht



# Verfahren der Zustandsrepräsentation



- Zustandsparameter im Zustandsraum
  - „State Space Representation“ (SSR)
  - funktionale Beschreibung der Fehlerursachen
- transformierte Zustandsparameter im Beobachtungsraum
  - „Observation Space Representation“ (OSR)
  - entfernungsabhängig wirkende Zustandsparameter werden in den Beobachtungsraum transformiert und mit Beobachtungsdaten der Referenzstationen verknüpft
    - RTCM 18/19, RTCM 20/21 + FKP
    - PRS
    - VRS

# Verfahren der Zustandsrepräsentation



- „Broadcast“-Fähigkeit
  - Zustandsraum (SSR) O.K.
  - Beobachtungsraum (OSR)
    - RS+FKP O.K.
    - individuelle PRS/VRS -
    - feste PRS+FKP O.K.



# Dynamik von Fehlereinflüssen



- Satellitenuhren - sehr hoch, max. 10 s Gültigkeit für mm-Genauigkeiten
- Satellitenbahnen - gering (3 h Korrelationslänge)
- Ionosphäre - gering (10 min) bis hoch (10 s)
- Troposphäre - gering (2 h Korrelationslänge)
- Aufdatierungsrate < 10 s erforderlich
- unterschiedliche Aufdatierungsrate für verschiedene Fehleranteile prinzipiell möglich

# Zustandsbeschreibung- Standardisierung



- präzise Anwendungen erfordern die Standardisierung verschiedener Parameter und Modelle der Zustandsmodellierung mit mm-Genauigkeit (Beispiel: Berechnung der Satellitenkoordinaten für Code- und Trägerphasenkorrekturen im RTCM 20/21)
- Übernahme der IERS/IGS Konventionen
- Erhaltung der Ganzzahligkeit von Trägerphasenmehrdeutigkeiten

# Zustandsparameter- Standardisierung



- notwendige Standardisierungsaufgaben zur konsistenten Modellierung
  - Satellitenparameter
    - Bahnfehler als Differenz zu „Broadcast“ Bahnen
      - Bezugspunkt am Satelliten (ARP)
      - GPS: ICD-GPS-200
      - GLONASS: ICD-GLONASS 1998 (mm-Bahnen ?)
    - Satellitenuhrfehler als Differenz zu „Broadcast“-Uhrfehlern
    - L1/L2 „Group Delays“ für Codes und Phasen
    - Behandlung von Satellitenantennen PCV
    - Behandlung von „Phase Wind-Up“ Effekten
      - Orientierung des Satelliten im Raum („Attitude“ Modell)
    - Behandlung relativistischer Effekte
    - Beschreibung des Mehrdeutigkeitsniveaus
      - Ganzzahligkeit der Phasenmehrdeutigkeiten muss erhalten werden

# Zustandsparameter- Standardisierung



- notwendige Standardisierungsaufgaben zur konsistenten Modellierung
  - Atmosphärenparameter
    - ionosphärische Modellierung
      - Effekte höherer Ordnung in der Ionosphäre
      - funktionale und stochastische Modelle
    - troposphärische Modellierung
      - Zenit-Verzögerungsmodelle (Trockenanteil, Feuchtanteil)
      - meteorologische Parameter
      - „Mapping“ Funktionen
        - elevations- und azimutabhängiges „Mapping“ der Zenitverzögerungen auf Beobachtungsrichtung zum Satelliten

# Zustandsparameter- Standardisierung



- notwendige Standardisierungsaufgaben zur konsistenten Modellierung
  - Datum und „Site Displacements“
    - Bezugsdatum für den Systemzustand (ITRF2000, ETRS89/ETRF2000)
    - Bezugsdatum für unterschiedliche Satellitensysteme
    - Behandlung sog. „Site Displacements“
      - Gezeiten der festen Erde
      - Polgezeiten
      - „Ocean Loading“ Modell
      - „Atmospheric Loading“ Modell

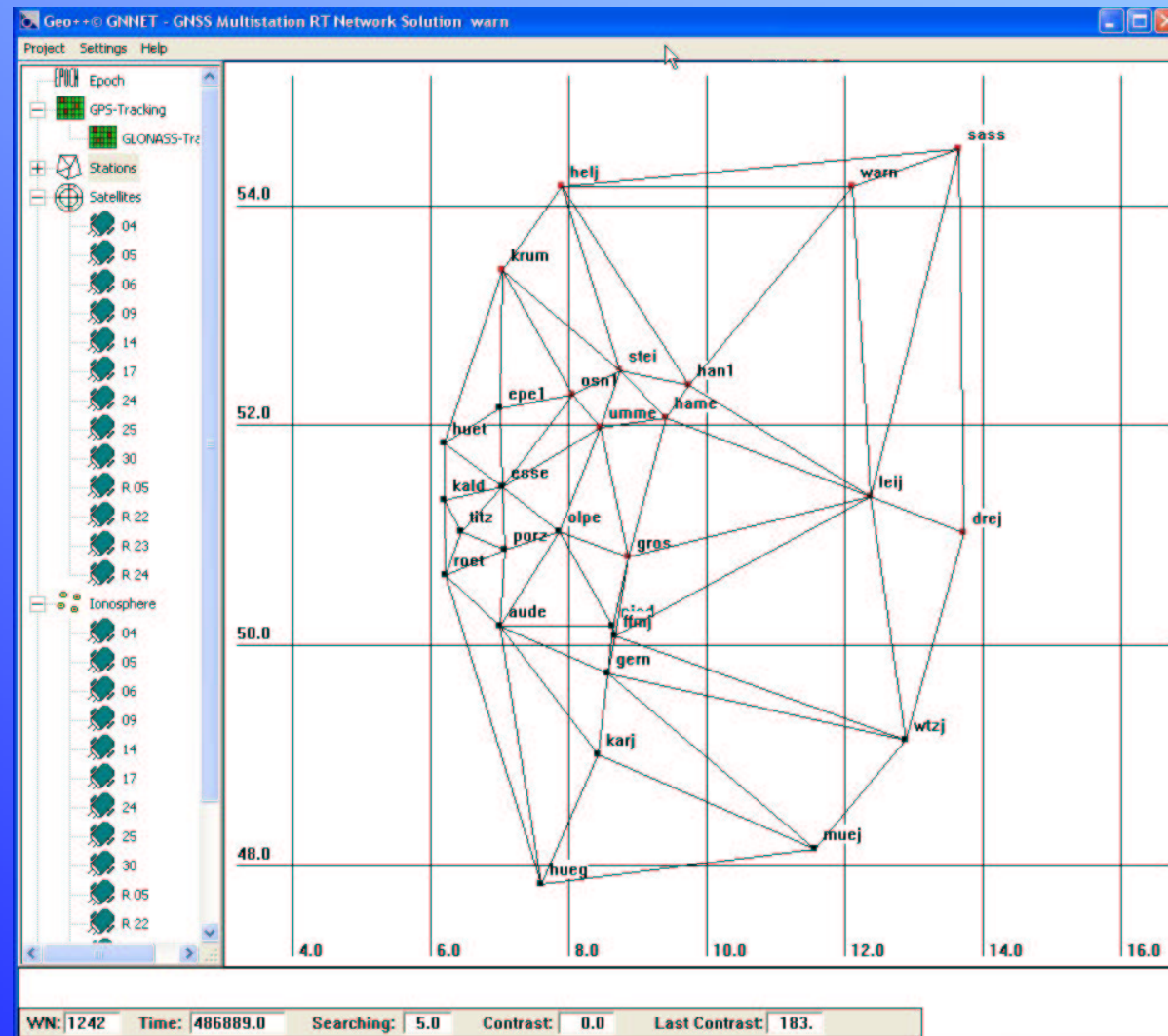
# Zustandsrepräsentation am Beispiel des ascos/BKG GPS/GLONASS Netzes BRD



- Daten von ca. 30 GPS/GLONASS Stationen im Testbetrieb über EUREF-NTRIP Broadcaster des BKG
- Stationen des ascos Netzes
- Stationen des GREF Netzes
- Test/Entwicklungsvernetzung mit GNSMART bei Geo++

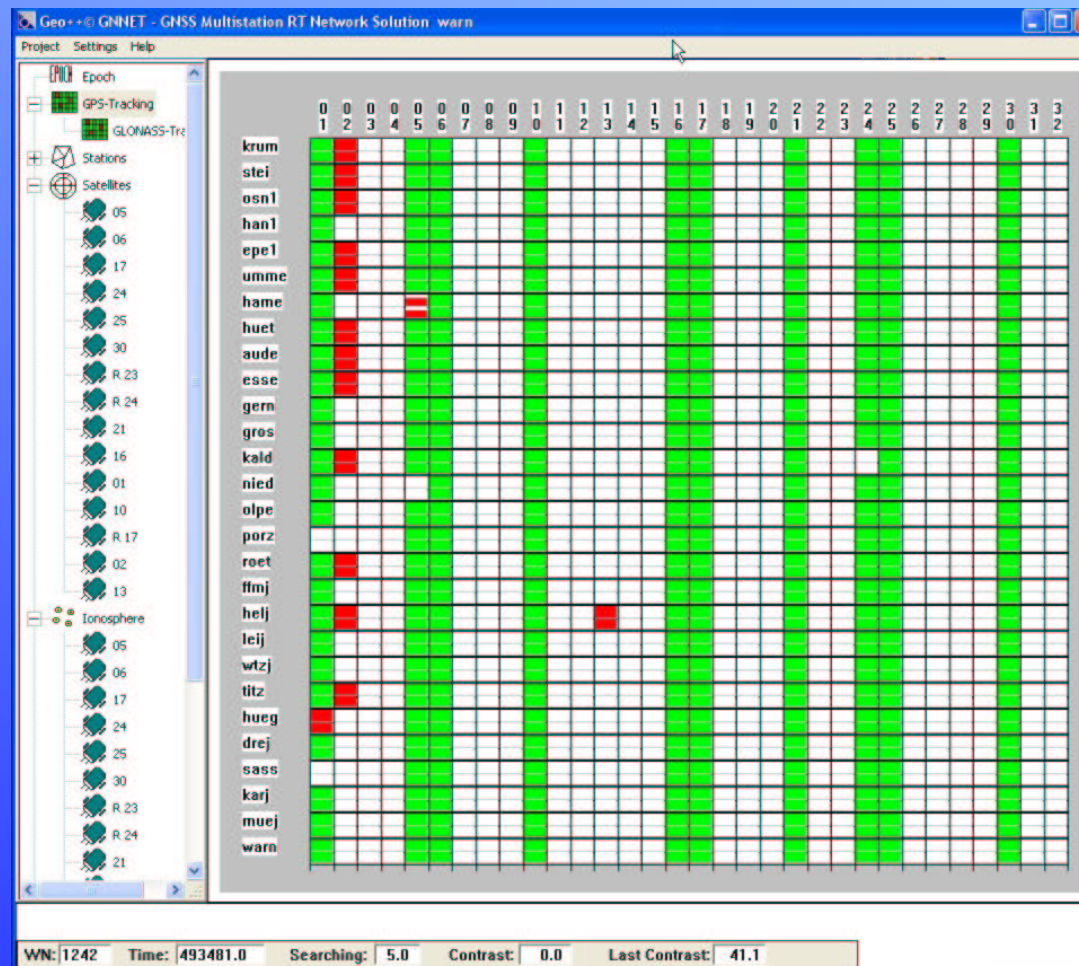
# Regionales Netz Deutschland

## GPS/GLONASS Stationen ascos+BKG



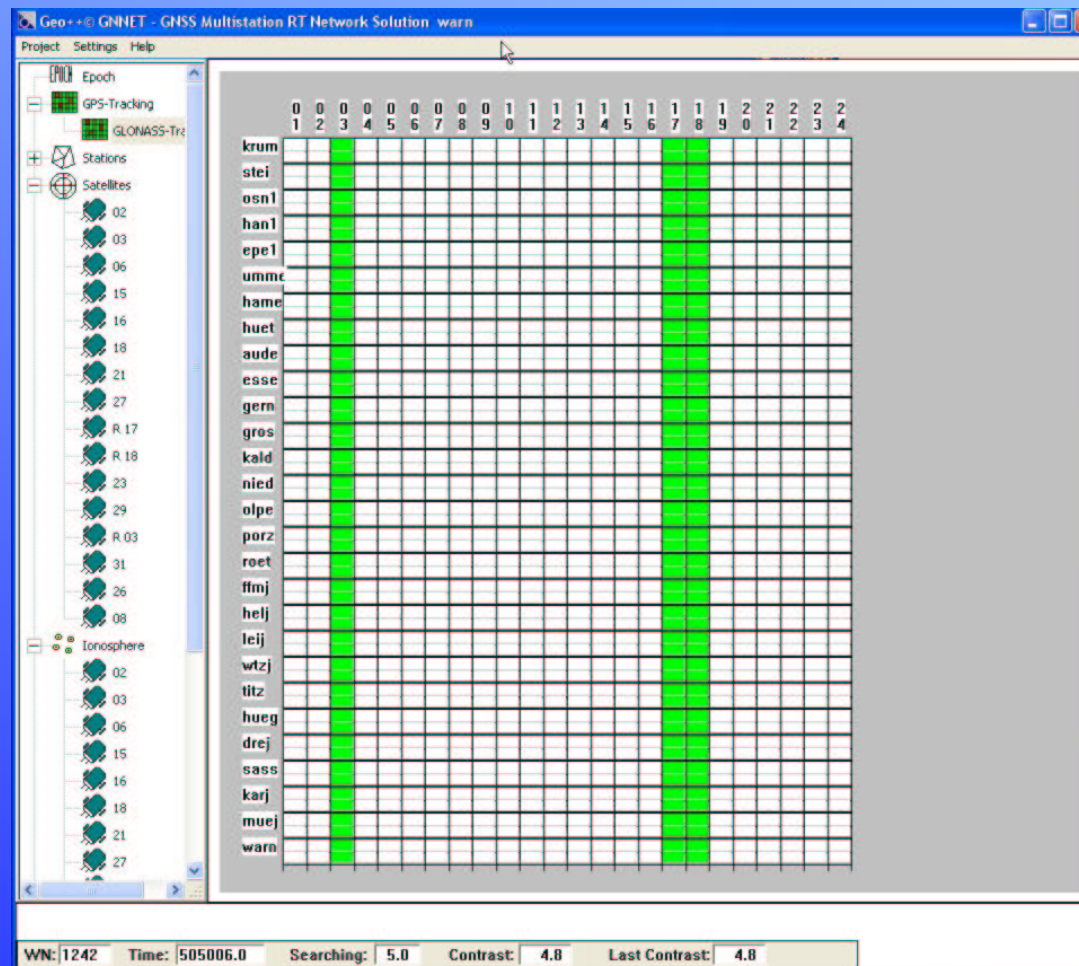


# GNSMART „Tracking“ Zustand

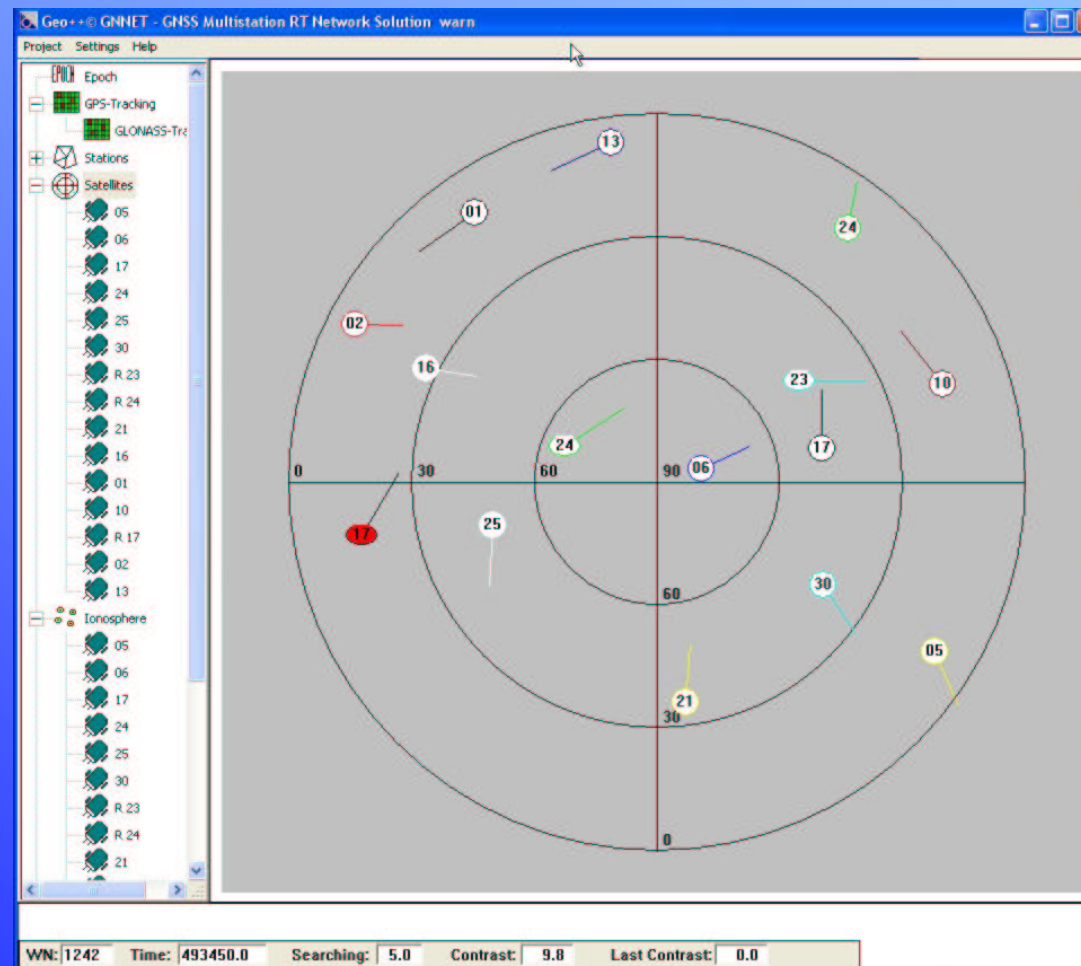




# GNSMART „Tracking“ Zustand- GLONASS



# GNSMART „Tracking“ Zustand – „Skyplot“



# GNSMART Statistik



Geo++ GNET - GNSS Multistation RT Network Solution warn

Project Settings Help

Epoch

GPS-Tracking

GLONASS-Trk

Stations

Satellites

05

06

17

24

25

30

R 23

R 24

21

16

01

10

R 17

02

13

Ionosphere

05

06

17

24

25

30

R 23

R 24

21

Time: 493563.0 Age: 6.36 s Reset Options...

Time: 17:06:02.99 Help Settings...

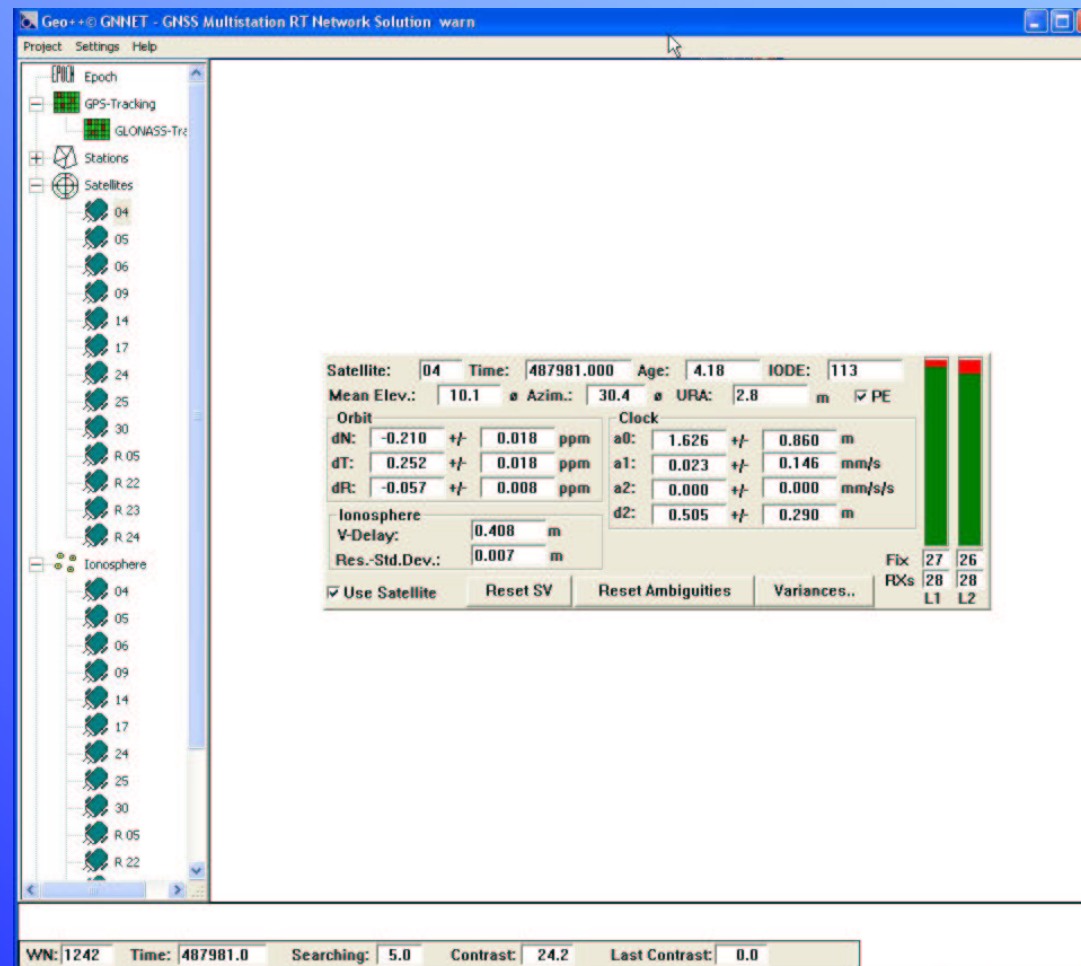
Searching: 5.0 Last Contrast: 27.8

☐ GN\_DB

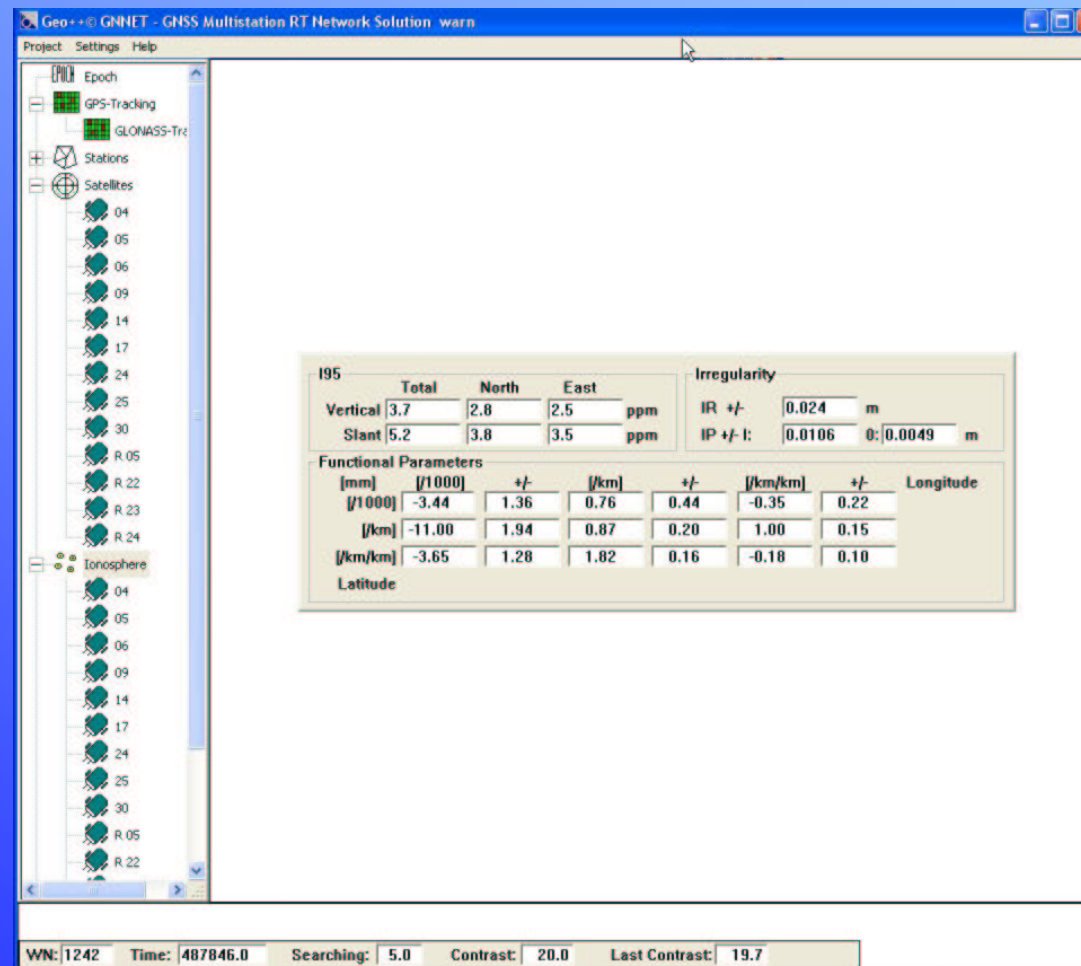
			Carrier	Code
No. Epochs:	1604	RMS:	0.0016	m
No. Observations:	1127810	RMS 3600 s:	0.0017	m
No. Unknowns:	91511	RMS 300 s:	0.0018	m
Size State Vector:	866	RMS 60 s:	0.0018	m
		RMS 10 s:	0.0018	m
		RMS 1:	0.0018	m

WN: 1242 Time: 493563.0 Searching: 5.0 Contrast: 0.0 Last Contrast: 0.0

# GNSMART Satelliten Zustandsparameter

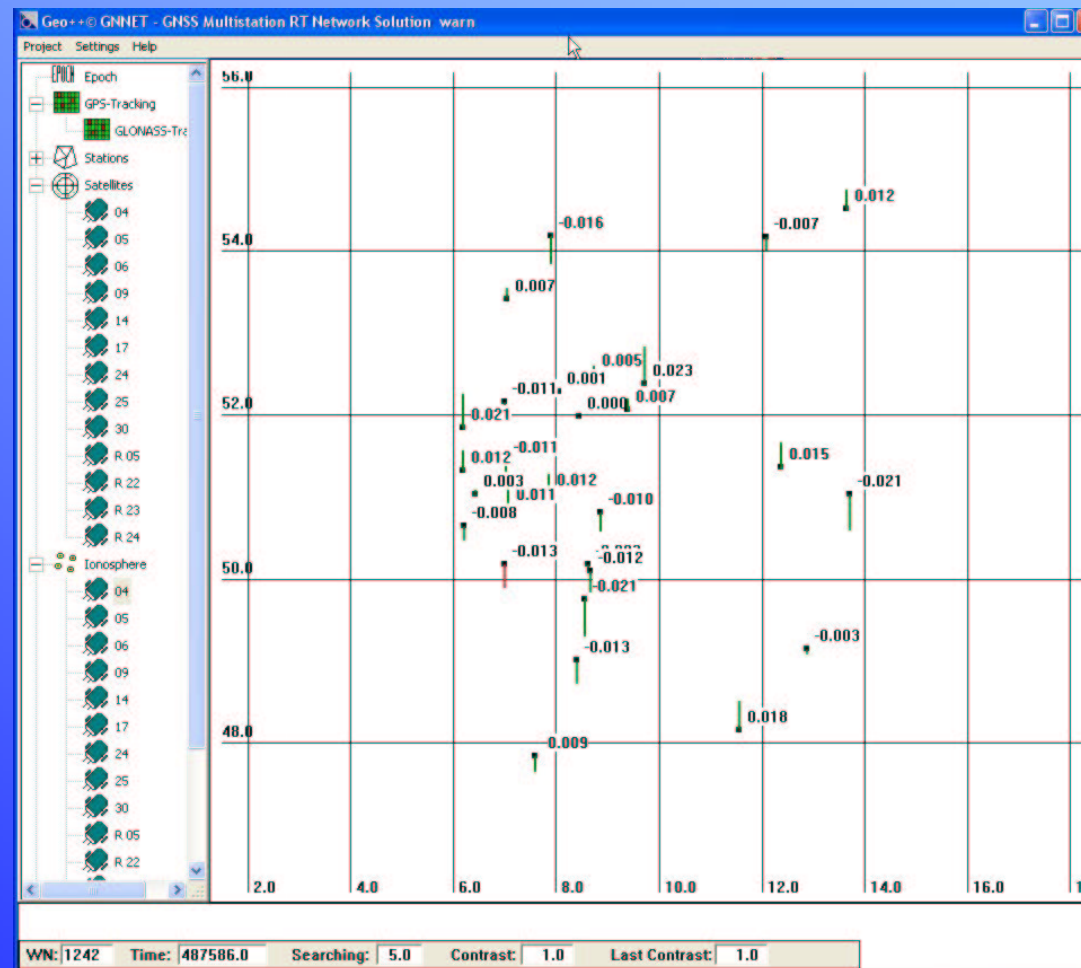


# GNSMART Zustandsparameter Ionosphäre

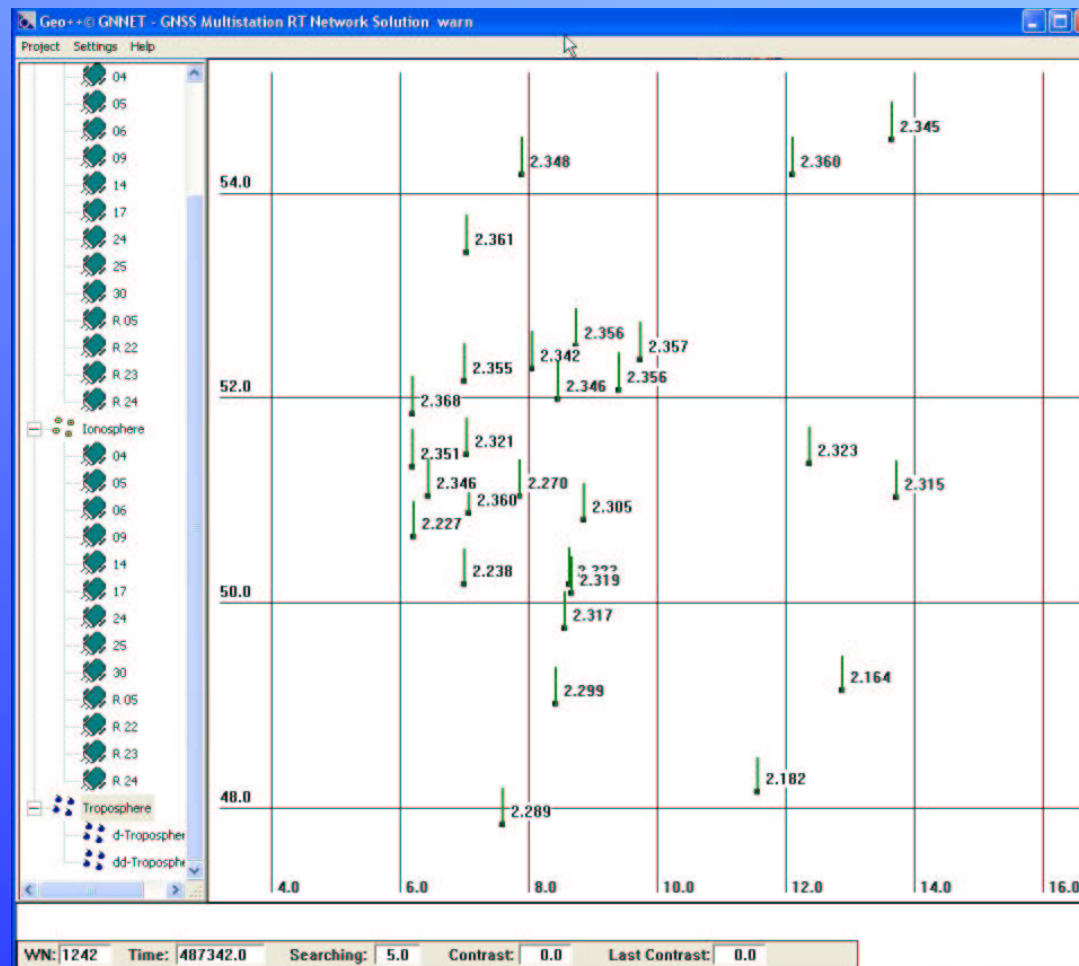




# GNSMART „stochastische Ionosphäre“



# GNSMART Zustand: Troposphäre



# Nutzung der Zustandsinformation



- direkt in der Auswertung der Mobilstationsdaten
  - optimale Vorkehensweise
  - bekannt als PPP Verfahren (Satellitenbahn, -uhr)
  - mit vollständiger, „integertreuer“ Zustandsinformation  
PPP-RTK (cm in s)
- Erzeugung von PRS/VRS
- Erzeugung von (virtuellen) RINEX Daten



# GNSMART Zustandsprotokoll

---



- ASCII Version
  - vollständiger Systemzustand ohne Stochastik
- Binärversion
  - vollständiger Systemzustand inklusive
    - Stochastik
    - Mehrdeutigkeitsniveaus

# GNSMART Zustandsparameter ASCII- „Tracking“ Information



Zeit

1243, 2926.000, Stations

krum,53.41601,7.03828,47.7,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010,

stei,52.49916,8.72818,94.8,49482441,49482441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010

osn1,52.27750,8.05113,131.6,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010

han1,52.87305,9.73041,113.8,49482441,49482441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010

epe1,52.1127,7.00426,114,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010

umme,51.813,8.45882,113,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010

hame,52.016,9.40170,125,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010

huet,51.84219,19270,64.6,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010

au,51.84219,19270,64.6,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010

esse,51.44350,7.03332,220.7,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010

gern,49.74317,8.55042,113,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010

gros,50.80884,8.85932,259.5,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010

kald,51.32043,6.18091,102.7,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010

nied,50.17499,8.62578,204.4,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010

Station

Koordinaten

GPS SVs  
L1/L2

GPS Fix  
L1/L2

GLONASS  
SV/Fix L1/L2

# GNSMART Zustandsparameter

## ASCII- „Tracking“ Information- 2



olpe,51.03903,7.86287,403.8,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010  
porz,50.87042,7.06934,111.9,00000000,00000000,00000000,00000000,000000,000000,000000,000000  
roet,50.63833,6.20163,513.7,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010  
ffmj,50.09058,8.66496,178.2,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010  
helj,54.17448,7.89309,48.5,49482441,49482441,48082440,48082440,100010,100010,100010,100010  
leij,0.00000,0.00000,0.0,00000000,00000000,00000000,00000000,000000,000000,000000,000000  
wtzj,49.14420,12.87893,666.0,49482441,49482441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010  
titz,51.03530,6.43162,156.2,49082441,49082441,48082440,48082440,100010,100010,100010,100010  
hueg,47.83395,7.59616,278.3,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010  
drej,51.02982,13.72971,203.6,49482441,49482441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010  
sass,54.51359,13.64329,68.4,49482441,49482441,48082440,48082440,100010,100010,100010,100010  
karj,49.01124,8.41126,183.0,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010  
muej,48.14901,11.56817,594.0,49082441,49082441,49082440,49082440,100010,100010,100010,100010  
warn,54.16979,12.10142,50.9,49482441,49482441,48082440,48082440,100010,100010,100010,100010  
\$

Inaktive Station

# GNSMART Zustandsparameter (ASCII)

## Satellitenparameter

---



1243, 2926.000, Satellites

01,10.644,190.113,173,-2.081 IOD 0003,-0.0005,-0.0002,0.0000

28,10.410,270.215,150,1.707,-5.2024,-0.3891,-2.1143,-0.1749,-0.0058,-0.0605

07,26.784,310.453,76,-0.2791,1.9844,-0.5629,3.1451,-0.0435,-0.0021,1.0158

20,58.669,247,986,30,1.8954,2.6567,-0.0353,0.1120,0.0106,0.0006,-0.6492

~~11,80007,156.290,93,2.6448,3.8189,-0.2549,-1.6547,0.0382,0.0029,-1.3686~~~~25,11.6, 2,107.339, 5, -5.4474, 2.2758, -0.5, 7, 2.0278, 0.3153, 0.0043, 0.0058~~

14,30.669, 2.433,31,1, 245,0.4902,-0.7171,2, 10,-0.0103,-0.0007,0.1450

31,17.331,11,193.162,5,51,1.0539,-1.0187,0,0,0.0754,0.0026,-0.4128

53,57.2 PRN 18 1701,-6.7952,15.451 197,0.0028,0.0612

~~37,51.248,50.255,27,-3.5114,-2.18.7074,-16.1489,0.00028,-0.0228~~

23,7.498,65.450,132,-0.0	mittl.El./Az.	87,-0.0012	-0.0000
--------------------------	---------------	------------	---------

\$

# IOD

PRN

mittl.El./Az.

# Bahnfehler

## Normal, Tangential, Radial

## L1/L2 Delay

# Uhrfehler Polynom

# GNSMART Zustandsparameter (ASCII)

## Globale (regionale) Ionosphäre



1243, 2926.000,Ionosphere Global

1,12,4,3,1,350.00,53.41601,7.03828,47.70870

-2.65861,-0.98249,-1.52010

9.32794,1.61793,-0.36976

-1.81185,-0.56634,-0.73574

6.42220,1.21386,0.19820

\$

Modellidentifikation  
und Grundparameter

Zustandsparameter

# GNSMART Zustandsparameter (ASCII)

## Satellitenabhängige Ionosphäre



1243, 2926.000,Ionosphere Satellites

1,6,0,0,0,350.00,53.41601,7.03828,47.70870

01,0.003,0.000,0.28724,-0.26270,-0.70229,0.07535,-0.14577,0.25731

28,0.010,0.000,0.19451,1.55708,-1.89919,0.12244,-0.08584,1.39426

07,0.034,0.000,0.82997,2.40118,-0.67187,-1.24480,1.24284,3.32656

20,0.006,0.000,-1.17338,-1.16372,-1.65599,-3.28525,-0.77193,3.56984

11,0.003,0.000,-2.97702,-1.38391,-1.26772,-3.86019,-1.54448,4.28534

25,0.007,0.000,0.37521,0.83573,0.89304,2.86988,-0.75731,1.11334

14,0.007,0.000,0.74874,2.21104,0.71094,-2.18817,-0.69955,3.29583

31,0.004,0.000,0.67554,-3.60017,0.9747,1.11437,-0.08381,0.52399

53,0.003,0.000,0.5006,-0.21974,0.94405,-4.21843,2.37200

37,0.002,0.000,0.2529,1.05691,0.410714,2.37126

23,0.034,0.000,0.22416,-0.00044,-0.00044

\$

Modellidentifikation  
und Grundparameter

Zustandsparameter

PRN

Standardabweichung der  
stochastischen Ionosphäre

# GNSMART Zustandsparameter (ASCII)

## Globale (regionale) Troposphäre



1243, 2926.000,Troposphere Global

4,1,1,10,2,2,1,2,18.00,53.41601,7.03828,47.70870

-3.68523,88.79866,0.38856,-2.46720

0.69444,-5.85739,1.81361,-1.44917

0.51599,0.79348

\$

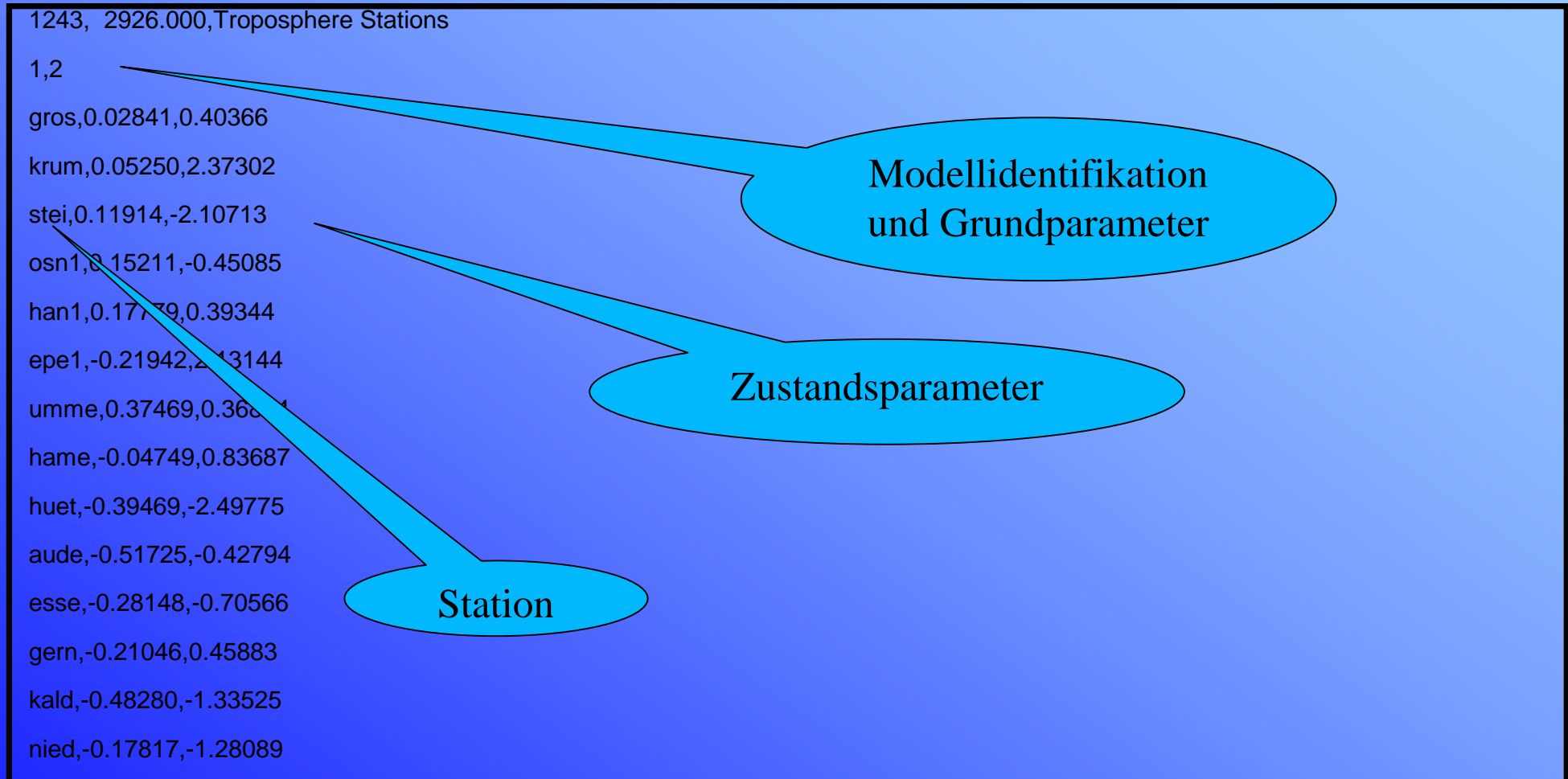
Modellidentifikation  
und Grundparameter

Zustandsparameter



# GNSMART Zustandsparameter (ASCII)

## Stationsabhängige Troposphäre





# GNSMART Zustandsparameter (ASCII)

## Stationsabhängige Troposphäre, Fortsetz.



```
olpe,0.33402,-0.08390
roet,-0.51259,-1.61096
ffmj,-0.07193,0.27228
helj,0.40121,0.76946
wtzj,0.80723,2.69832
titz,-0.54680,-0.44504
hueg,0.64873,2.20893
drej,-0.63131,-0.71778
sass,0.16198,-0.29262
karj,0.00782,-0.17956
muej,0.60474,-0.50955
warn,0.29997,0.19425
$
```

# GNSMART Zustandsparameter (ASCII)

## Stations- /Satellitenabhängige Ionosphäre



1243, 2926.000,Ionosphere Stations Satellites											
gros,01,30,28,4,07,-14,20,33,11,-28,25,51,14,56,31,-10,53,27,37,-9											
krum,01,-20,28,103,07,-428,20,66,11,9,25,117,14,-9,31,-2,52,75,31,20											
stei,01,27,28,116,07,-286,20,100,11,28,25,-48,14,-209,31,-21,53,34,37,-12,23,-13											
osn1,01,9,28,104,07,-708,20,84,11,20,25,-115,14,-272,31,-69,53,-1,37,0											
han1,01,8,28,212,07,-523,20,90,11,15,25,26,14,-144,31,16,53,-29,37,12,23,-12											
epe1,01,10,28,124,07,63,20,50,11,34,25,-200,14,-390,31,0,50,0											
umme,01,18,28,153,07,-759,20,100,11,33,25,-142,14,-55,31,-43,53,-1,37,0											
hame,01,9,28,135,07,-219,20,67,11,16,25,-46,14,-141,31,-1,53,-41,37,16											
huet,01,-15,28,9,07,-757,20,27,11,28,25,-40,14,-287,31,48,53,-8,37,0											
aude,01,5,28,-304,07,-71,20,77,11,-3,25,-176,14,-59,72,37,-28											
esse,01,6,28,17,07,5,07,-49,11,2,25,-24,14,-1,31,-1,53,-41,37,16											
gern,01,-4,28,1,07,-3,25,-40,14,141,31,56,53,-32,37,13											
kald,01,-5,28,14,07,793,20,14,11,-37,25,45,14,-5,31,57,53,-2,37,1											
nied,01,55,28,-161,07,439,20,38,11,-13,25,-5,14,34,31,-63,53,28,37,-10											

PRN

Restionosphäre  
1/10 mm

PRN

Restionosphäre  
1/10 mm

Station

# GNSMART Zustandsparameter (ASCII)

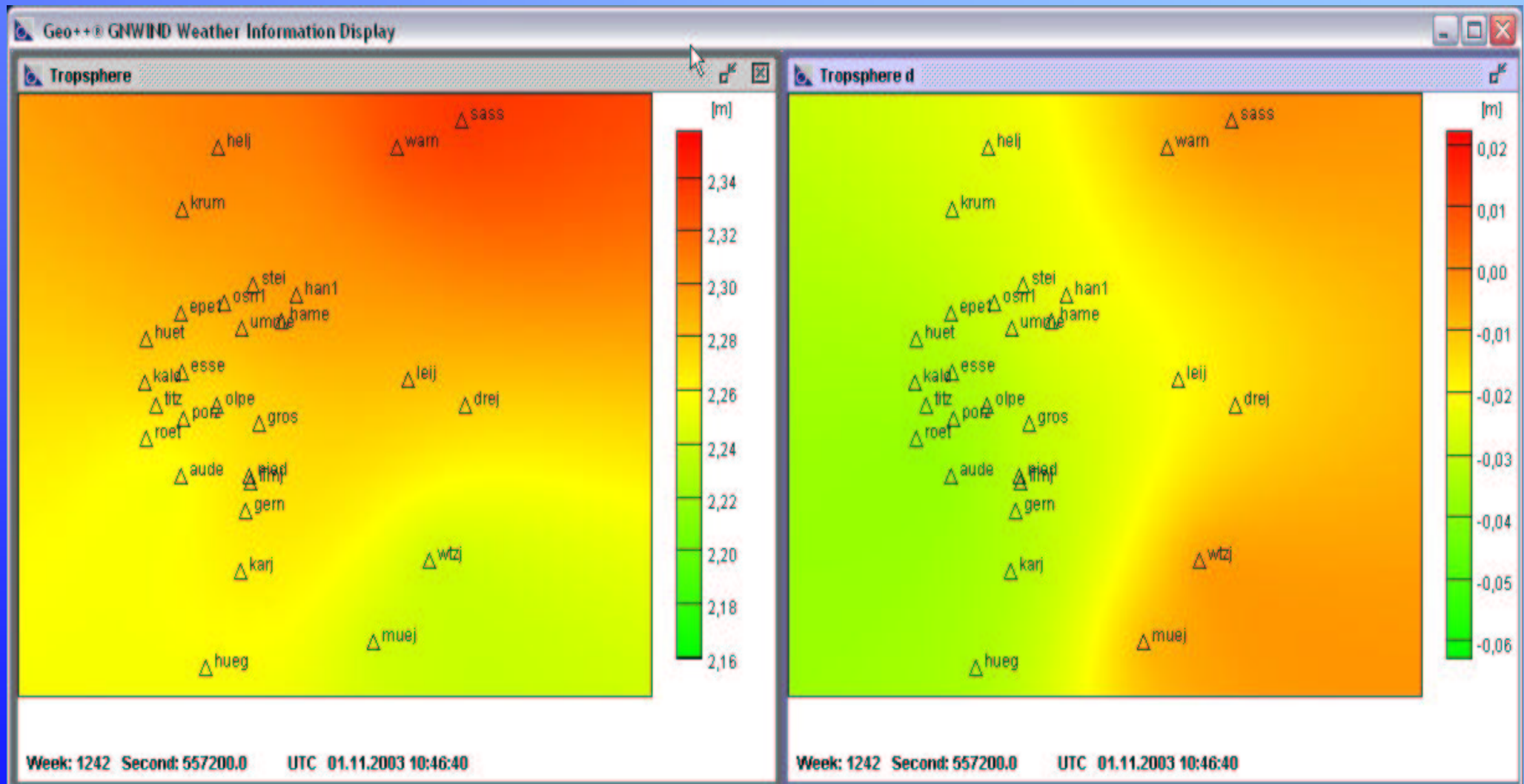
## Stations- Satellitenabhängige Ionosphäre



```
olpe,01,-37,28,14,07,281,20,17,11,25,25,40,14,83,31,3,53,-7,37,3
roet,01,5,28,-166,07,-51,20,0,11,3,25,-18,14,168,31,-50,53,-21,37,9
ffmj,01,-7,28,-154,07,515,20,28,11,-1,25,1,14,119,31,-23,53,12,37,-3
helj,01,30,28,62,07,-419,20,-106,11,-20,25,-15,14,147,31,-42,53,-70,37,27,23,14
wtzj,01,5,28,-179,07,170,20,3,11,-15,25,22,14,101,31,78,53,-21,37,8,23,8
titz,01,-16,28,-108,07,675,20,0,11,-4,25,55,14,25,31,-23,53,-2,37,1
hueg,01,1,28,389,07,-381,20,-41,11,-7,25,25,14,-25,31,-9,53,0,37,0
drej,01,5,28,356,07,-552,20,-104,11,-5,25,0,14,28,31,-72,53,0,37,0,23,-3
sass,01,2,28,-202,07,263,20,80,11,13,25,-9,14,-65,31,23,53,-12,37,4,23,-4
karj,01,9,28,-587,07,248,20,-126,11,4,25,122,14,80,31,76,53,-77,37,31
muej,01,-9,28,-280,07,267,20,98,11,22,25,-50,14,-123,31,-31,53,34,37,-12
warn,01,-37,28,73,07,547,20,-58,11,-11,25,19,14,81,31,20,53,75,37,-26,23,14
$
```

# GNSMART Zustandsparameter (ASCII)

## Troposphäre – GNWIND Client



# Wünsche an das NTRIP Protokoll



- Erweiterung des Protokolls und Casters zur Übermittlung statischer Informationen der Datenquelle
  - Site-Log
  - Modellierungsparameter
  - Übermittlung jeweils einmalig nach Verbindungsaufbau
    - von der Datenquelle an den Caster
    - vom Caster an die Clients
- Erweiterung der „Source Table“ Einträge für Zustandsinformationen
- Sicherstellung von Daten- und Nutzerauthentizität durch geeignete Verschlüsselungsverfahren
- UDP Protokoll für die Verbindung zu den Clients
  - UDP ist in Mobilfunknetzen z.Z. ca. 1 Sekunde schneller als TCP

# Dank

---



NTRIP bietet uns die Möglichkeit unsere Produktentwicklungen im Echtzeitbetrieb unter Nutzung lokaler, regionaler und globaler Daten zu testen und zu verifizieren. Unser Dank gilt

- dem BKG und der Uni Dortmund für die Entwicklung des NTRIP Protokolls und Broadcasters
- dem BKG für den Betrieb der EUREF-NTRIP Broadcasters
- den Firmen und Institutionen für die Bereitstellung von (Test-) Datenströmen
  - BKG
  - ascos
  - Landesvermessungsämter
    - Saarland, Mecklenburg-Vorpommern, Thüringen
  - u.a.



# Geo++ GNSMART

---

