



## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick



- **Das steckt dahinter – darum hakt es manchmal!**
  - Terminologie
  - Funktionsprinzip der RTK-Dienste
  - Probleme, Ursachen
- **Tipps aus der Theorie für die Praxis (oder umgekehrt?)**
  - Analyse, Selbsthilfe
  - Supportkette, Rolle der Dienstleister
  - Ansprechpartner LFPS
- **Blick in den Maschinenraum...**
  - Aktuelles Konzept, Limitationen...
  - ...und Vorteile des amtlichen RTK-Dienstes
- **...und ins Entwicklungslabor: Zukunft PPP-Broadcast-Dienste!**
  - Funktionsprinzip
  - Tests, Zeitpläne





## **SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick**

### **Terminologie**

GNSS = Globale Navigationssatelliten-Systeme: Überbegriff für alle weltweit nutzbaren, satellitengestützte Navigationssysteme: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou

RTK = RealTimeKinematik: Funktionsprinzip aller lokalen bzw. regionalen GNSS-Korrekturdatendienste. Die Messelemente zu den GNSS-Satelliten werden in Echtzeit durch gleichzeitig durchgeführte Messungen an nahegelegenen Referenzstationen korrigiert ("Beobachtungsbasierte Korrektur" bzw. "OSR-Prinzip")

VRS = Virtuelle Referenzstation: Funktionsprinzip in regionalen RTK-Diensten mit mehreren Referenzstationen, "Individualisierung" der Korrekturdaten für den konkreten Ort des Nutzers, benötigt den Ort des Nutzers!

RTCM = Internationales Standardisierungsgremium und Bezeichnung standardisierter GNSS-Korrekturdaten, z.B. RTCM Version 3.3 MSM

ETRS89/DREF91 = amtliches Koordinatenreferenzsystem in Deutschland

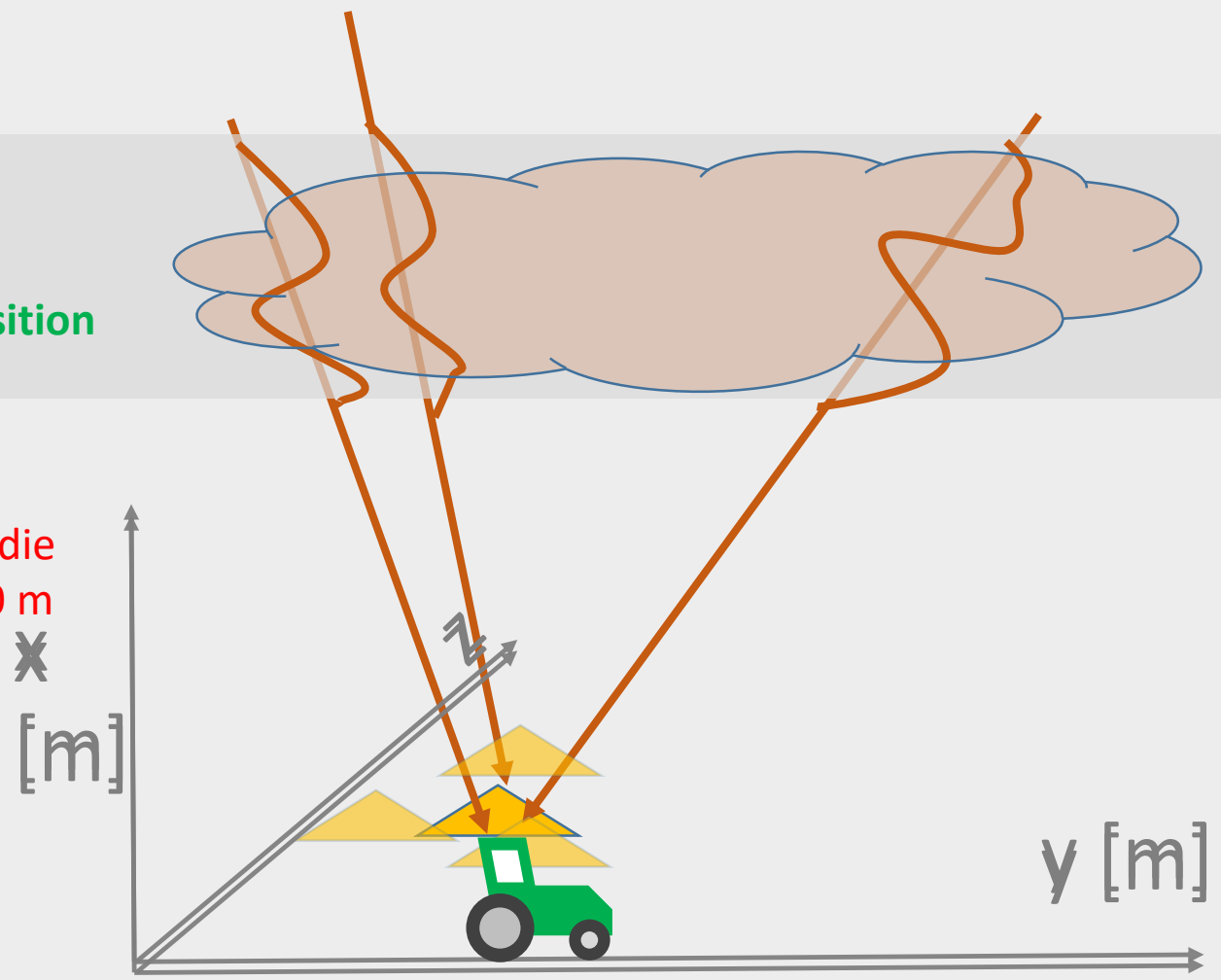


# SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

## Funktionsprinzip GNSS

- ✓ Entfernungsbestimmung zu mehreren Satelliten (20 TSD km Höhe) = **globale (weltweite) Position WGS84** in Echtzeit

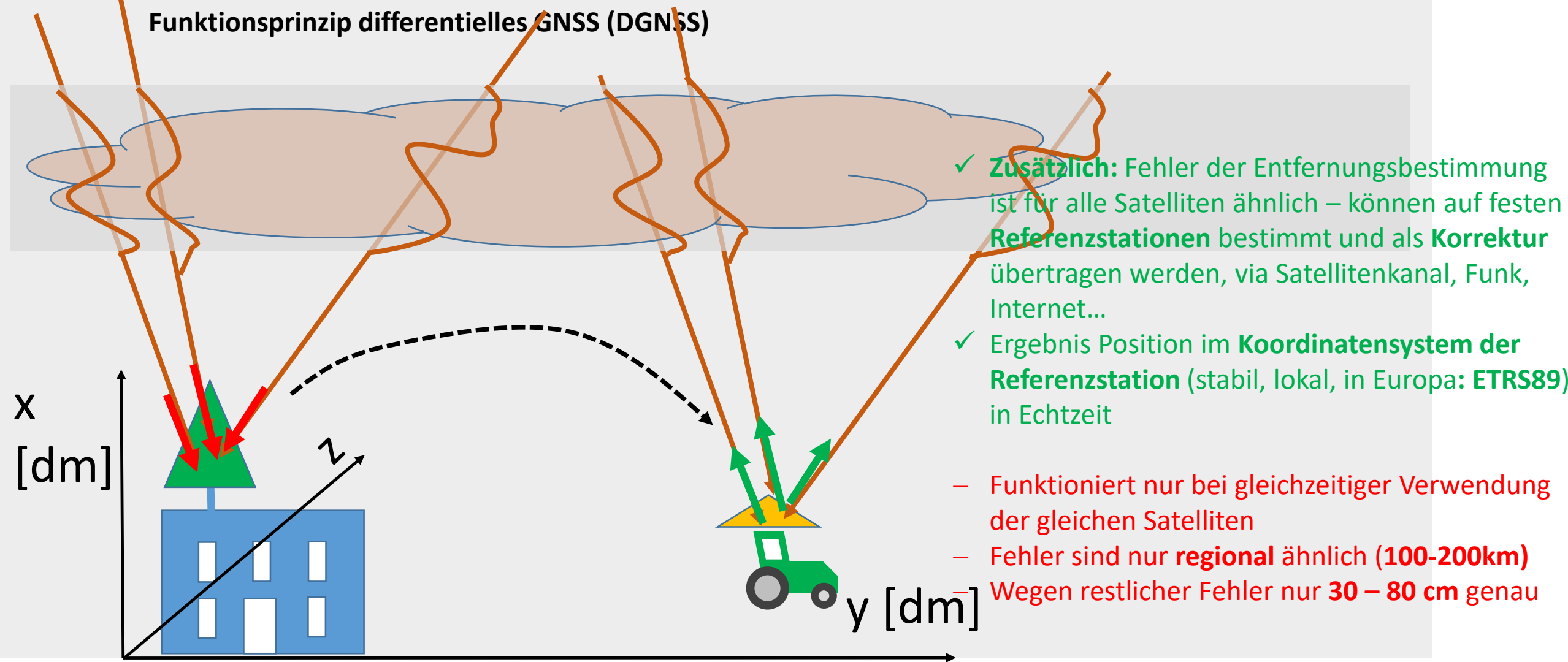
- Durch Bahnfehler, Messfehler, atmosphärische Störungen und die Dynamik der Erdgestalt nur 5-10 m genau möglich!





## SAPOS / LFPS – Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

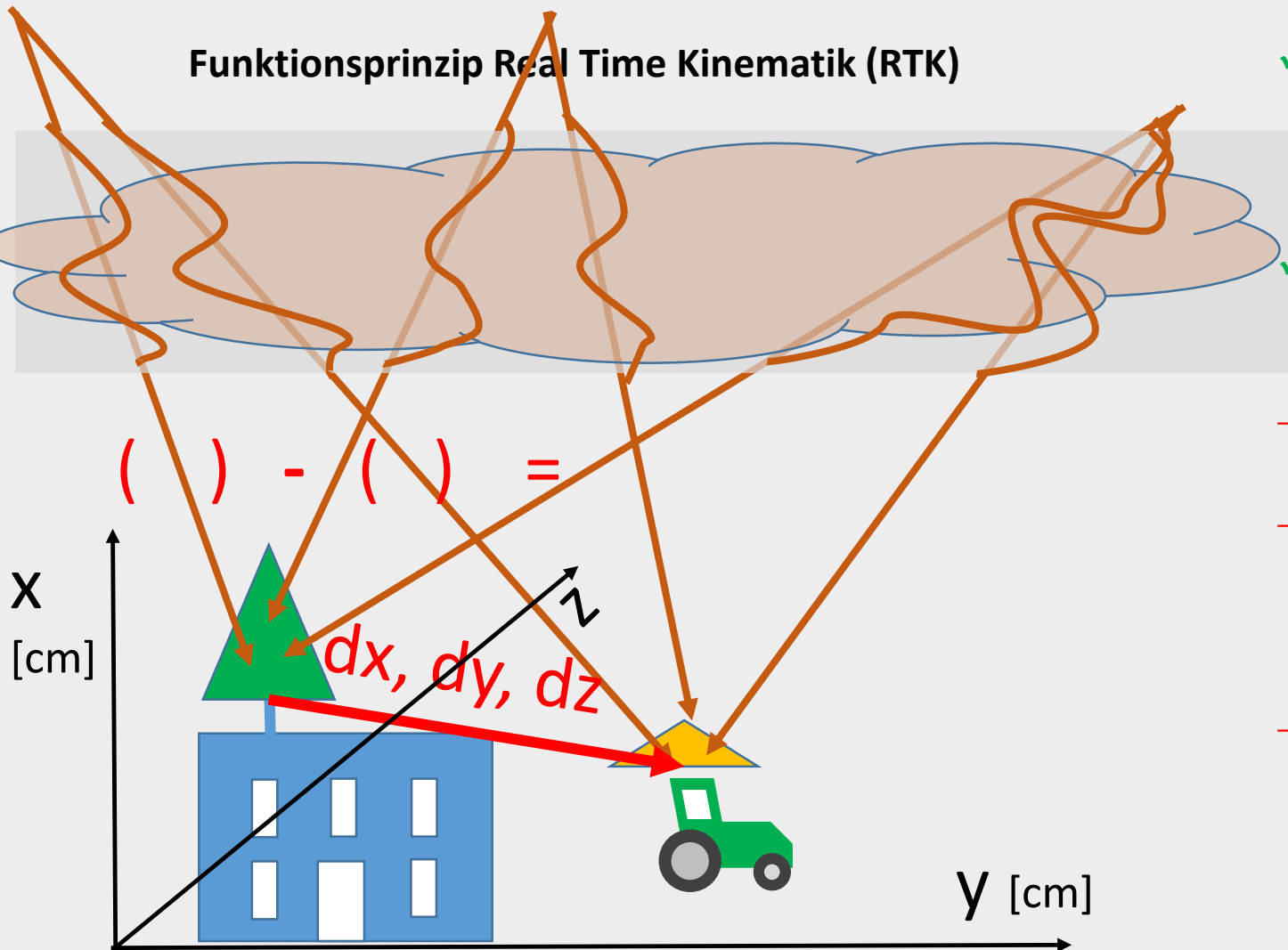
### Funktionsprinzip differentielles GNSS (DGNSS)





# SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

## Funktionsprinzip Real Time Kinematik (RTK)



- ✓ Es werden **zusätzlich** die kompletten Entfernungsmessungen zu den identischen Satelliten in Echtzeit übertragen (Mobiles Internet) und daraus geometrische **Koordinatendifferenzen** berechnet
- ✓ Ergebnis Position im **Koordinatensystem der Referenzstation (stabil, lokal) cm-genau**
- Funktioniert nur bei hochpräzise passenden Satellitendaten, funktioniert daher nur **lokal (5-10km)**
- Wenn die Daten nicht zueinander passen, weil die Fehler auf die Satellitensignale zu unterschiedlich sind, dann ist die Berechnung der Koordinatendifferenzen **unmöglich**
- Beobachtungsdaten können nur mit **breitbandigen, schnellen Medien** übermittelt werden: **Mobiles Internet**

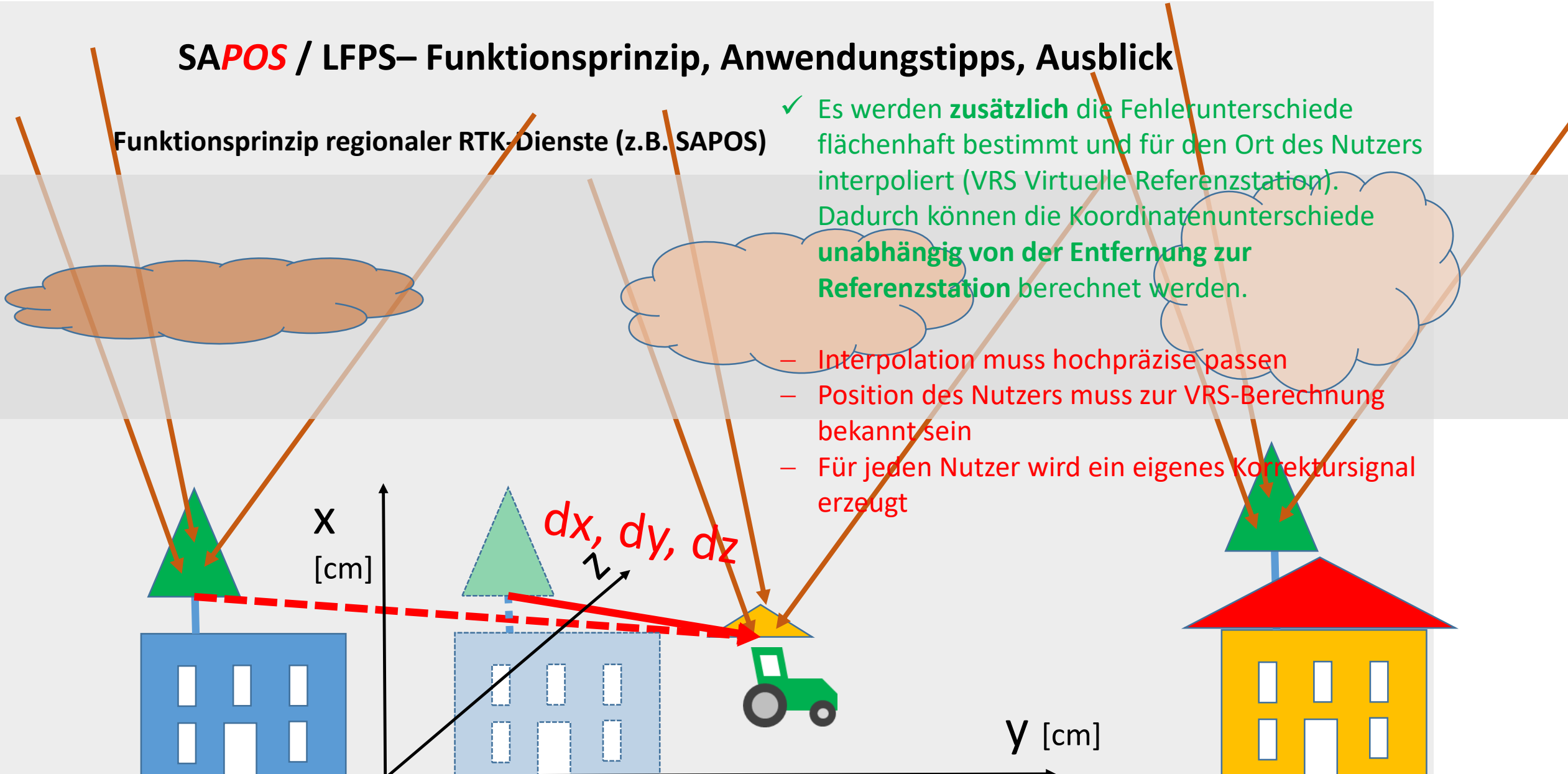


## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

### Funktionsprinzip regionaler RTK-Dienste (z.B. SAPOS)

✓ Es werden **zusätzlich** die Fehlerunterschiede flächenhaft bestimmt und für den Ort des Nutzers interpoliert (VRS Virtuelle Referenzstation). Dadurch können die Koordinatenunterschiede **unabhängig von der Entfernung zur Referenzstation** berechnet werden.

- Interpolation muss hochpräzise passen
- Position des Nutzers muss zur VRS-Berechnung bekannt sein
- Für jeden Nutzer wird ein eigenes Korrektursignal erzeugt





## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

### Zusammenfassung Funktionsprinzip

- RTK-Dienste bestehen aus vielen Komponenten und mehrstufigen Berechnungsschritten
- Ein RTK-Dienst arbeitet viel komplexer als GNSS alleine, DGNSS, RTK mit Referenzstation vor Ort!
- Das RTK-Verfahren funktioniert nur, wenn alle Komponenten exakt zusammen passen. Es funktioniert **gar nicht**, wenn nur eine Komponente fehlerhaft ist:

- **GNSS-Empfang an Referenzstation und beim Nutzer**
- **Berechnung und Interpolation des flächenhaften Fehlermodells für den Ort des Nutzers**
- **Übertragung der korrigierten Referenzstationsdaten störungsfrei und in Echtzeit zum Nutzer**
- **Berechnung der Koordinatendifferenzen beim Nutzer**

- Wenn die Koordinatendifferenzen cm-genau vorliegen (Initialisierung bzw. **Fixing**, Dauer 10-30sec), kann die **bewegte Position in Echtzeit** permanent berechnet werden.
- Das Fixing kann bei Einschränkungen einer der oben genannten Faktoren verloren gehen, dann muss es wieder neu berechnet werden. Dabei greift das Endgerät auf alle vorliegenden Informationen zurück, damit es schneller geht.



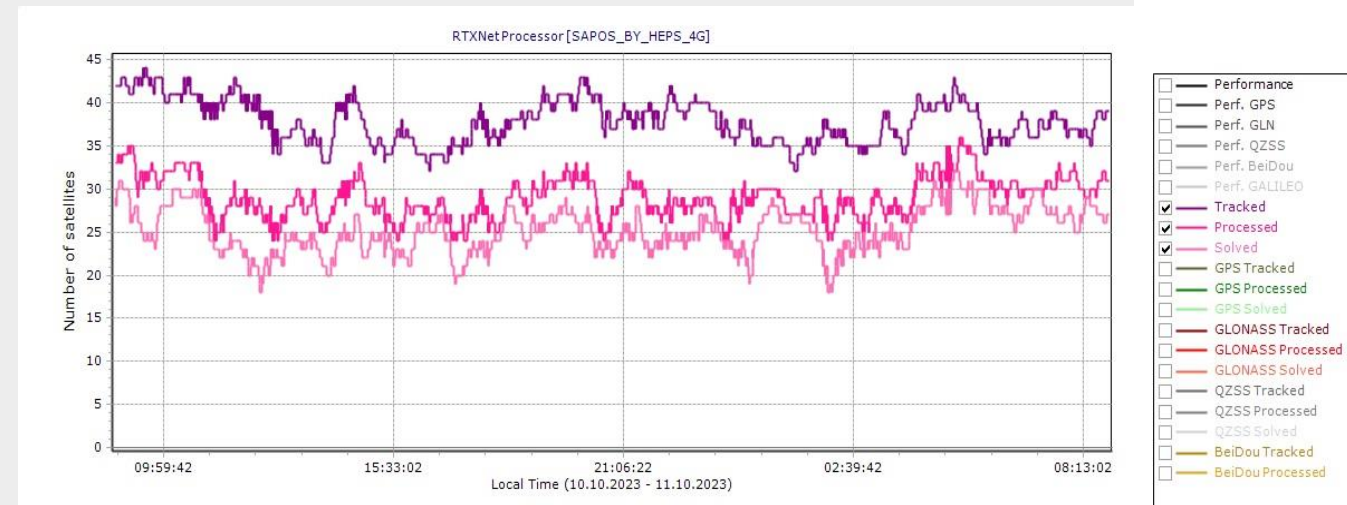
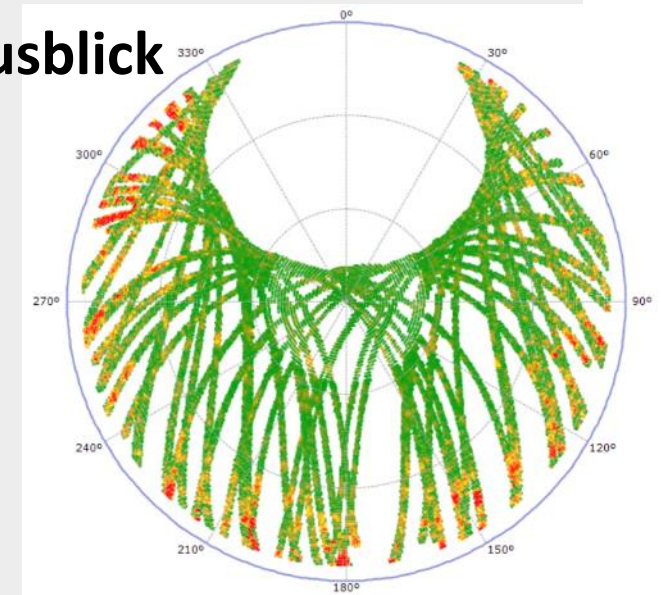


## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

### Probleme der einzelnen Komponenten, Hintergrund

### GNSS-Empfang an Referenzstation und beim Nutzer

- ✓ 4 GNS-Systeme (GPS, Galileo, Glonass, BeiDou), bis zu 40 sichtbare Satelliten > 5° Elevation – aber:
  - Nicht für alle Satelliten liegen VRS-Netzkorrekturen vor (siehe Bild, zeitweise < 20)
  - Im Norden sind keine Satelliten verfügbar
  - Die Satellitensignale werden von jedem Gegenstand (Bäume, Gebäude, Aufbauten) abgeschirmt
  - Für eine gute Positionierung ist eine möglichst gleichmäßige Satellitenverteilung notwendig!
  - Tiefstehende Satelliten sind oft durch Reflexion gestört
  - Radaranlagen, WLAN-Indoor-Geräte, Amateurfunk und Saboteure können den GNSS-Empfang lokal stören, "Jamming / Spoofing": Absichtliche Signalstörungen oder –verfälschungen nehmen zu!
  - Einzelne Satelliten können ebenfalls GNSS-Geräte "aus dem Tritt" bringen



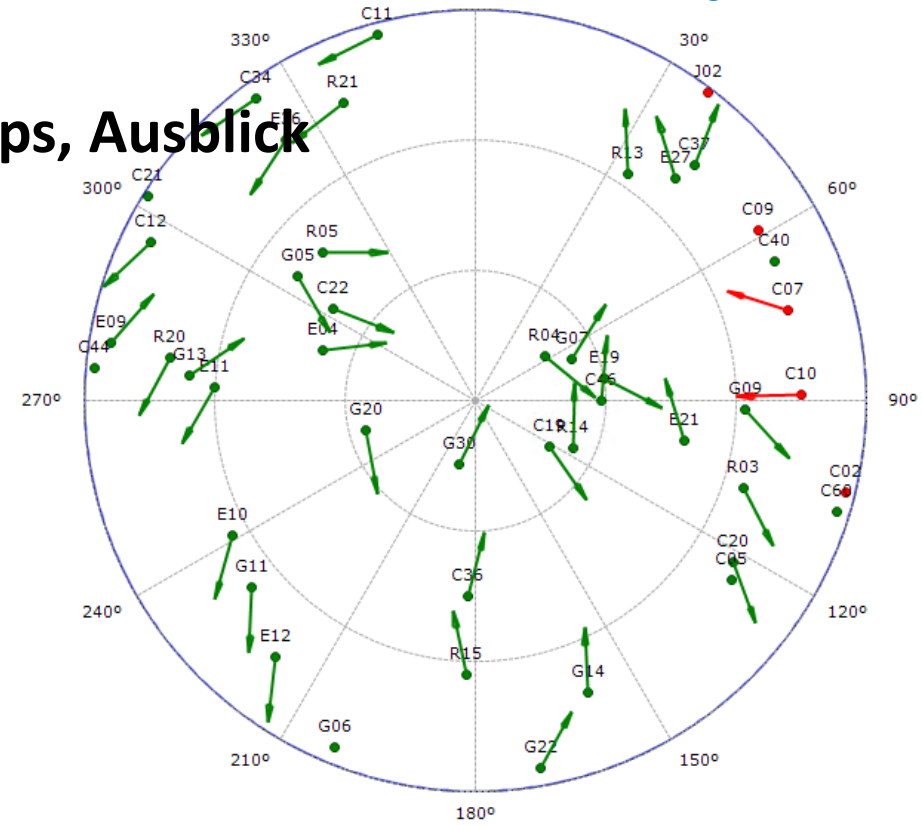




# SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

Probleme der einzelnen Komponenten, Hintergrund  
GNSS-Empfang an Referenzstation und beim Nutzer

- ✓ Multi-GNSS-fähige Empfänger verwenden, ggf. Hardwareupgrade planen
- ✓ Auf die Nutzung aller Signale und Satelliten achten -> Firmwareupdate Receiver
- ✓ Wichtig: Multi-GNSS-Datenströme ("Mountpoints") verwenden!  
 FPS\_BY\_RTCM3\_2G = GPS + GLONASS  
 FPS\_BY\_RTCM3\_3G = GPS + GLONASS + GALILEO  
 FPS\_BY\_RTCM3\_4G = GPS + GLONASS + GALILEO+BeiDou III (ab sofort)
- ✓ Wichtigste Systeme: GPS, GALILEO
- ✓ BeiDou: Bei uns vorteilhaft erst mit BeiDou III, wird im SAPOS/LFPS-Bayern ab sofort angeboten
- BeiDou I und II in Europa ohne konkreten Nutzen, entsprechende Angebote prüfen!
- Mountpoint muss aktiv gewechselt werden -> Konfiguration, Dienstleister!



The screenshot shows the SAPOS software interface. On the left, there is a table with columns for 'System', 'ID', 'Azimuth', 'Elevation', 'SNR', 'Type', 'Status', and 'Signal'. The table lists various satellite systems and their corresponding data. On the right, there is a visualization of the signal reception, showing a grid of colored cells (green, blue, red) representing different signal quality or reception status for various satellite systems.

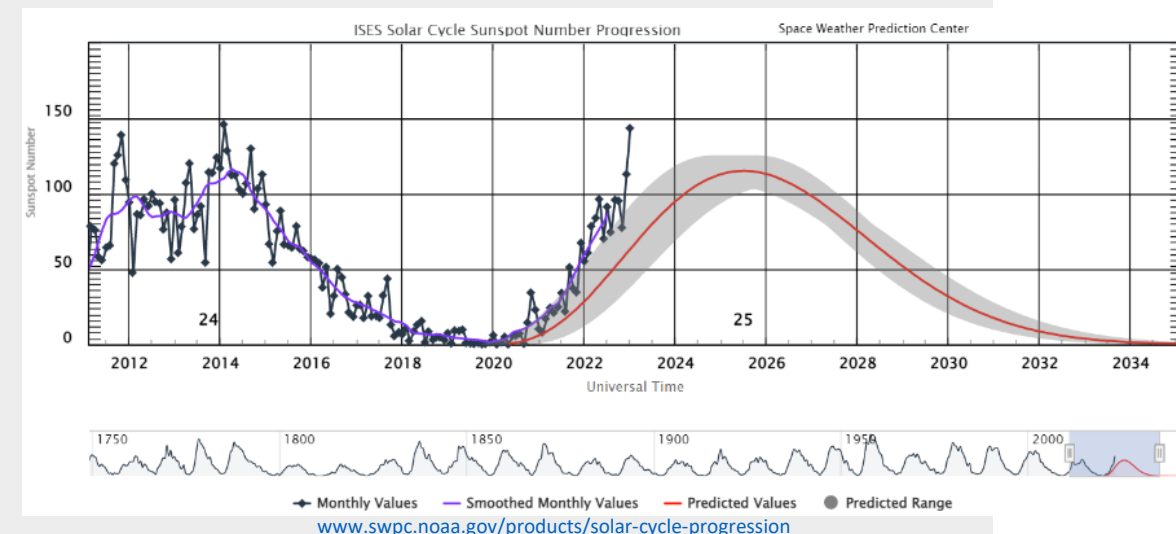
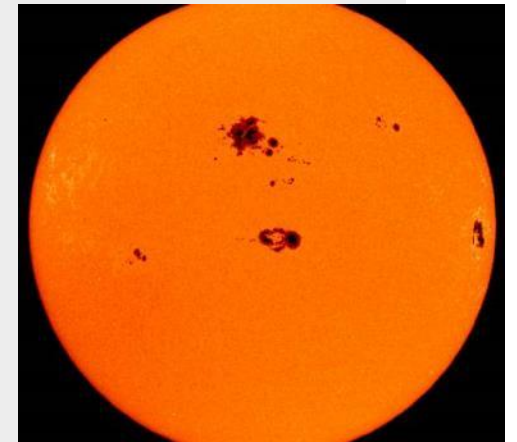


## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

### Probleme der einzelnen Komponenten, Hintergrund

Berechnung und Interpolation des flächenhaften Fehlermodells für den Ort des Nutzers

- ✓ Grundsätzlich sind alle Parameter des SAPOS-Dienstes in Bayern so ausgelegt, dass für jeden Ort und zu jeder Zeit 98,5% der Einwahlen innerhalb <30sec zu einer 2-3cm genauen Position führen, aber
- Wenn der Fehlerhaushalt zu groß wird, weicht die Interpolation (VRS) der Fehler zwischen den Referenzstationen stärker ab. Ursache dafür ist die Sonnenaktivität, die alle 11 Jahre stark zunimmt
- Dann können an einzelnen Tagen bzw. Stunden Störungen auftreten, die nicht mehr ausreichend korrigiert werden können
- Überblick Störungshaushalt:  
z.B. <https://spaceweather.com/>  
<https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression>
- Überblick SAPOS-Fehlermodellqualität:  
<https://sapos.bayern.de/reports.php>





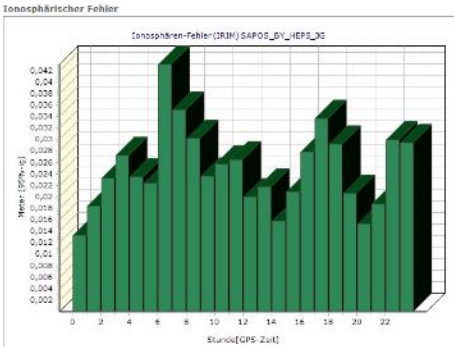
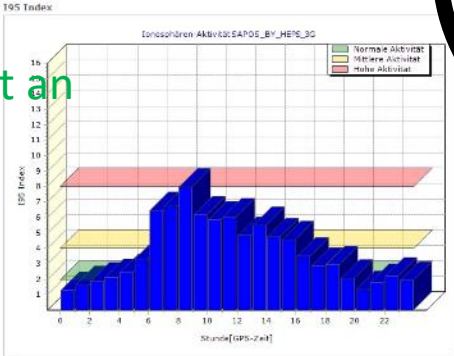
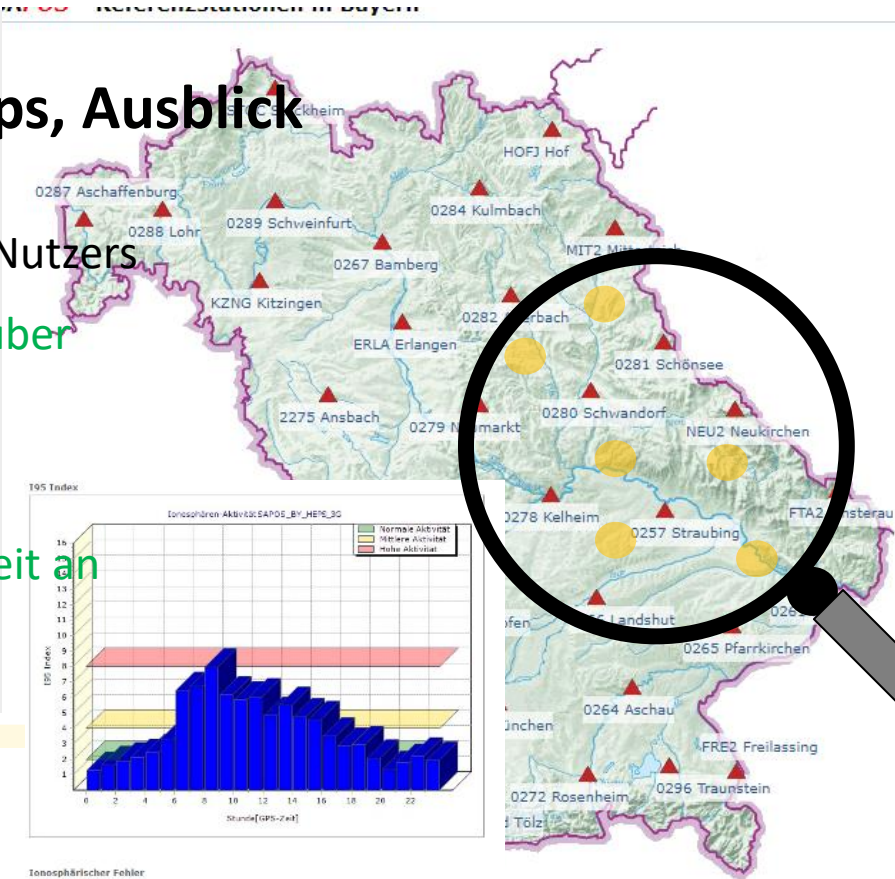
# SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

## Probleme der einzelnen Komponenten, Hintergrund

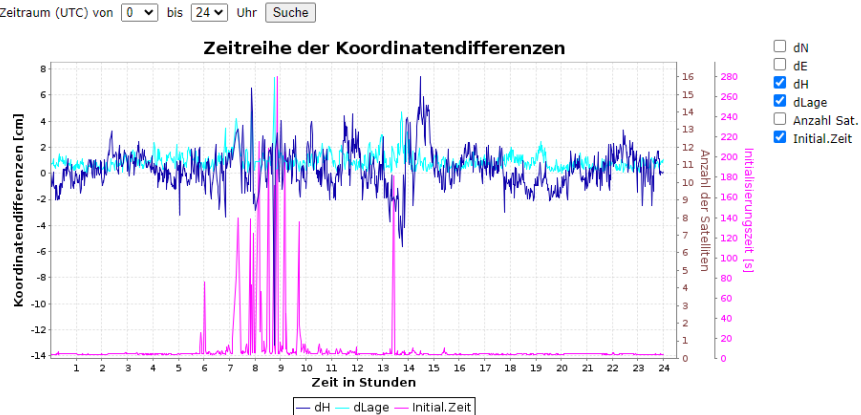
Berechnung und Interpolation des flächenhaften Fehlermodells für den Ort des Nutzers

- ✓ Die Störungen durch die Sonnenaktivität (Ionosphärische Fehler) treten nur über einige Stunden und nur an einzelnen Tagen auf, nicht dauerhaft
- ✓ Probleme treten dann nur in Bereichen mit besonders großem Abstand zur nächsten Referenzstation auf, in Bereichen < 10km zur nächsten Station nie
- ✓ Das Verhalten eines realen GNSS-Geräts auf diese Störungen kann man jederzeit an den vier bayerischen Monitorstationen einschätzen:

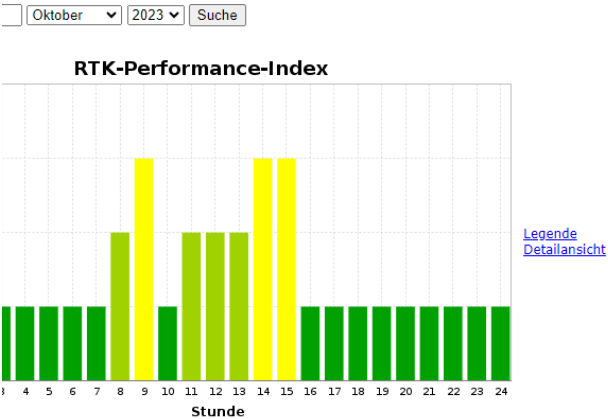
[https://sapos.bayern.de/heps\\_perf.php](https://sapos.bayern.de/heps_perf.php)



Detailansicht VA-Landsberg vom 09.10.2023



24h Zeitraum Station VA-Landsberg



Legende  
Detailansicht



## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

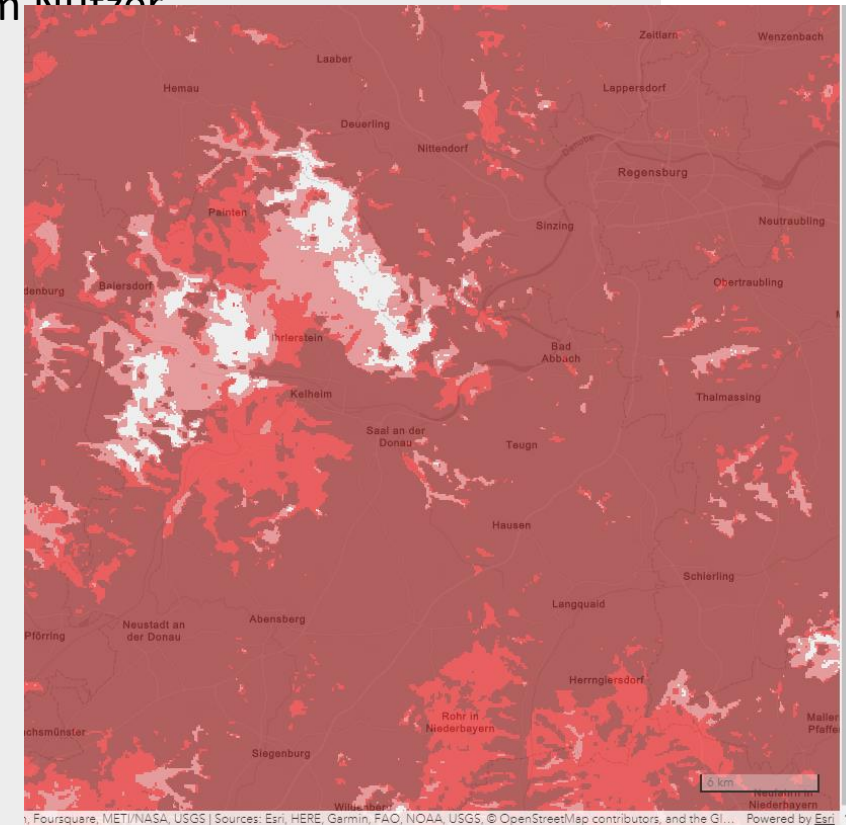
### Probleme der einzelnen Komponenten, Hintergrund

Übertragung der korrigierten Referenzstationsdaten störungsfrei und in Echtzeit zum Nutzer

- ✓ Mobiles Internet in der Regel sehr gut verfügbar, GPRS-Bandbreite (2G-Netze) ausreichend. Ausbau 4G / 5G-Netze schreitet voran, aber
  - 2G (GPRS/EDGE) / 3G (UMTS) wird nach und nach abgeschaltet
  - Mobilfunkzellen verkleinern sich, wenn sie überlastet sind. Kann spontan zu bestimmten Tageszeiten oder bei Ereignissen auftreten: Stau auf der Autobahn, Veranstaltungen in der Nähe, Schule aus, Mittagspausen, aktuelle Ereignisse...
  - Modem im GNSS-Gerät arbeitet anders als das Smartphone in der Hand!
- ✓ 3G/4G/5G-Fähigkeit des Modems überprüfen
- ✓ Ggf. Roaming aktivieren an der Grenze zu Nachbarstaaten
- ✓ ggf. Mobilfunkvertrag wechseln, Modems updaten bzw. upgraden
- ✓ Verfügbarkeit siehe Internet, z.B.

<https://www.vodafone.de/hilfe/netzabdeckung.html>

<https://www.telekom.de/netz/mobilfunk-netzausbau>







## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

### Probleme der einzelnen Komponenten, Hintergrund

Berechnung der Koordinatendifferenzen beim Nutzer

- ✓ Wenn Satellitenempfang, Fehlerhaushalt und mobiles Internet in Ordnung sind, können die Empfänger in wenigen Sekunden die cm-genaue Position berechnen und dauerhaft zur Verfügung stellen
- ✓ Das standardisierte Korrekturdatenformat gewährleistet Kompatibilität unter allen Herstellern
- Die Berechnung der Koordinatendifferenzen ist nicht trivial, die Vielzahl der Systeme und Signale lässt hier breiten Spielraum für herstellereigene Algorithmen und Korrekturmodelle, trotz Standards VRS, RTK, RTCM
- Die Systeme sind unterschiedlich optimiert: Genauigkeit, Sicherheit, Integrität vs. Schnelligkeit, Verfügbarkeit, Robustheit
- Qualität ist kostenintensiv: Prozessorleistung, zusätzliche GNSS-Kanäle, regelmäßige Updates
- ✓ Premiumhersteller bieten oft eigene, satellitenbasierte Positionierungsdienste zur Unterstützung fremder RTK-Dienste an -> Schnelleres Fixing, Überbrückung von kurzen Störungen im mobilen Internet



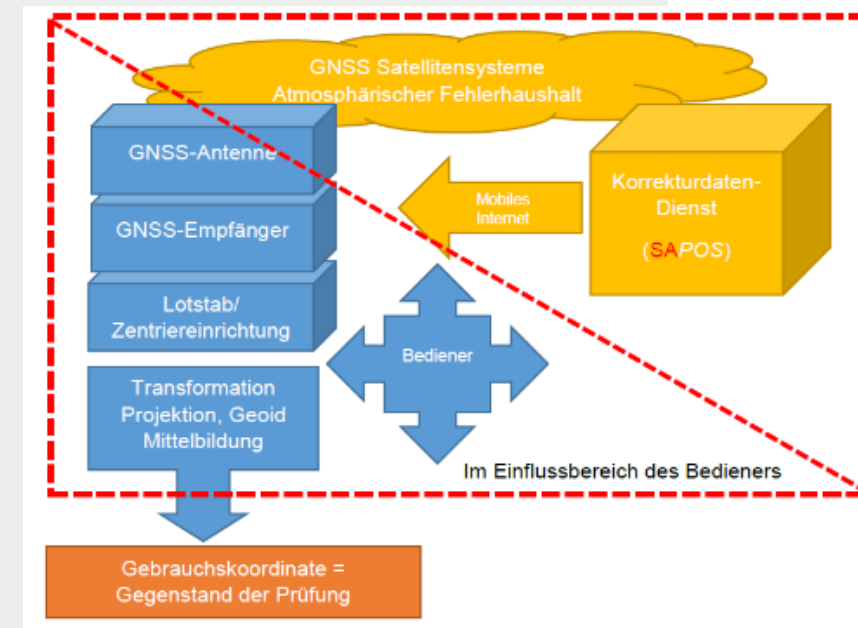
## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

### Tipps aus der Theorie für die Praxis (oder umgekehrt?)

#### Vorbereitung

- ✓ Regelmäßiger Check der einzelnen Komponenten
- ✓ Regelmäßige Firmwareupdates
- ✓ Hardwareupgrades in Betracht ziehen
- ✓ Upgrade Kommunikationskomponente (-> 4G / 5G)
- ✓ Buchung von Assistenzdiensten der Premiumhersteller zur Überbrückung von Mobilfunkstörungen
- ✓ Vermeidung von "Heimwerkerlösungen"
- ✓ Reinigung der GNSS- und Mobilfunkantennen, Steckkontakte (sofern anfällig bzw. zugänglich)
- ✓ Vermeidung stark gestörter Zeiten bei starker Sonnenaktivität: Früher Nachmittag, Winterhalbjahr (sofern möglich)

- Leider hilft das alles nicht, wenn es während der Bewirtschaftung abends auf dem Feld hakt!





## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

### Tipps aus der Theorie für die Praxis (oder umgekehrt?)

#### Analyse, Selbsthilfe

- ✓ Schrittweise Anleitung zur Analyse siehe

<https://ldbv.bayern.de/produkte/dienste/fps.html>

- ✓ Kontakt zu Kollegen
- ✓ Kontakt zu Dienstleistern
- ✓ Kontakt zur SAPOS-Hotline 089/2129-1030
- ✓ Am Ende: Kaltstart des GNSS-Gerätes durch Abschaltung Stromzufuhr! Hintergrund: Der RTK-Lösungsalgorithmus baut immer auf der vorliegenden Information auf. Nur durch den Kaltstart werden alle Komponenten neu aufgebaut: GNSS-Empfang, VRS-Berechnung im Dienst, Kommunikationsverbindung, Koordinatenlösung.

The screenshot shows the website [ldbv.bayern.de/produkte/dienste/fps.html](https://ldbv.bayern.de/produkte/dienste/fps.html). The page title is "an einen Landwirtschaftlichen Dienstleister: Liste der Dienstleister". It features a navigation menu with categories like Digitalisierung, Breitband, Vermessung, Aktuelles, Produkte, Service, Presse, Job & Karriere, Über uns, and Ämter. Below the navigation, there are three main sections:

- Kundeninformation:** Includes links for "Informationen zur Einrichtung des LFPS:", "Zugangsinformation (pdf, 291 kB)", "Allgemeine Informationen zum LFPS:", and "Kundeninformation (pdf, 129 kB)".
- Für Dienstleister:** Includes "Informationen für Dienstleister, die Dienstleistungen rund um den LFPS anbieten:", "Information für Dienstleister (pdf, 192 kB)", "Wer bietet Dienstleistungen an?", and "Liste der Dienstleister (pdf, 70 kB)".
- Statusmeldung:** Includes "Aktuelle Meldung des LFPS zu Störungen oder Wartungsmaßnahmen werden auf der SAPOS-Seite unter <https://sapos.bayern.de> angekündigt." and a red circle around the link "Checkliste (pdf, 873 kB) zur eigenständigen Fehlerermittlung bei Verbindungsproblemen zum LFPS."

There are also three images: a landscape with green fields, a landscape with a rainbow, and a warning sign with a radio tower icon.



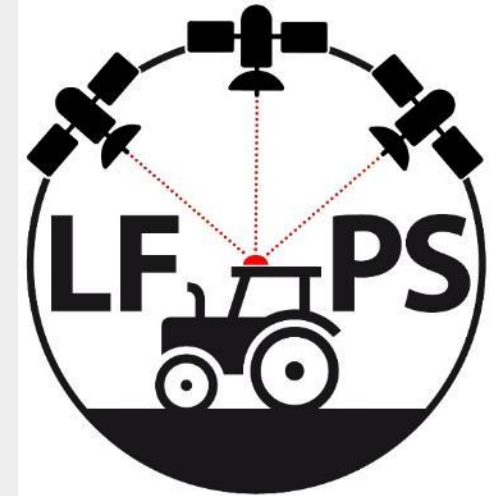


## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

### Tipps aus der Theorie für die Praxis (oder umgekehrt?)

"unkonventionelle" Tipps

- ✓ SAPOS-Netz ist ohnehin sehr dicht (270 Stationen in Deutschland + alle Nachbarstationen) aber:
- ✓ Wahl eines anderen Korrekturdienstes kann wegen der lokalen Lage der Referenzstationen günstig sein. Leider geben die wenigsten Dienstbetreiber die Referenzstationsorte an.
- ✓ Test eines satellitenbasierten, globalen Dienstes: Proprietäre Dienste funktionieren in der Regel gut, aber: Genauigkeiten, Einlaufzeiten, Verfügbarkeit beachten!
- ✓ Eigene Referenzstation mit lokaler Funkverbindung geht immer...
  - **Nachteil: Keine amtlichen, lokalen Positionen im ETRS89/DREF91!**
  - **Genauigkeiten der privaten bzw. globalen Dienste oft nicht transparent**
- ✓ Benutzung einer SIM-Karte eines ausländischen Mobilfunknetzes
- ✓ ... Tipps aus Foren, von Nachbarn...
- ✓ ...



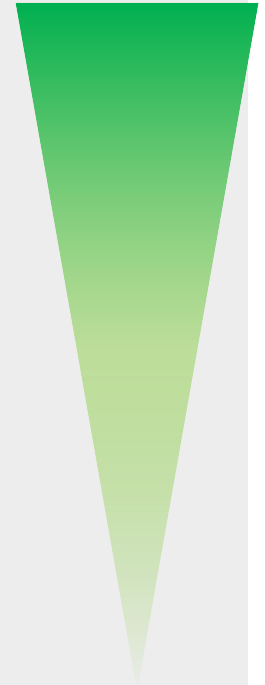


## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

### Tipps aus der Theorie für die Praxis (oder umgekehrt?)

#### Supportkette

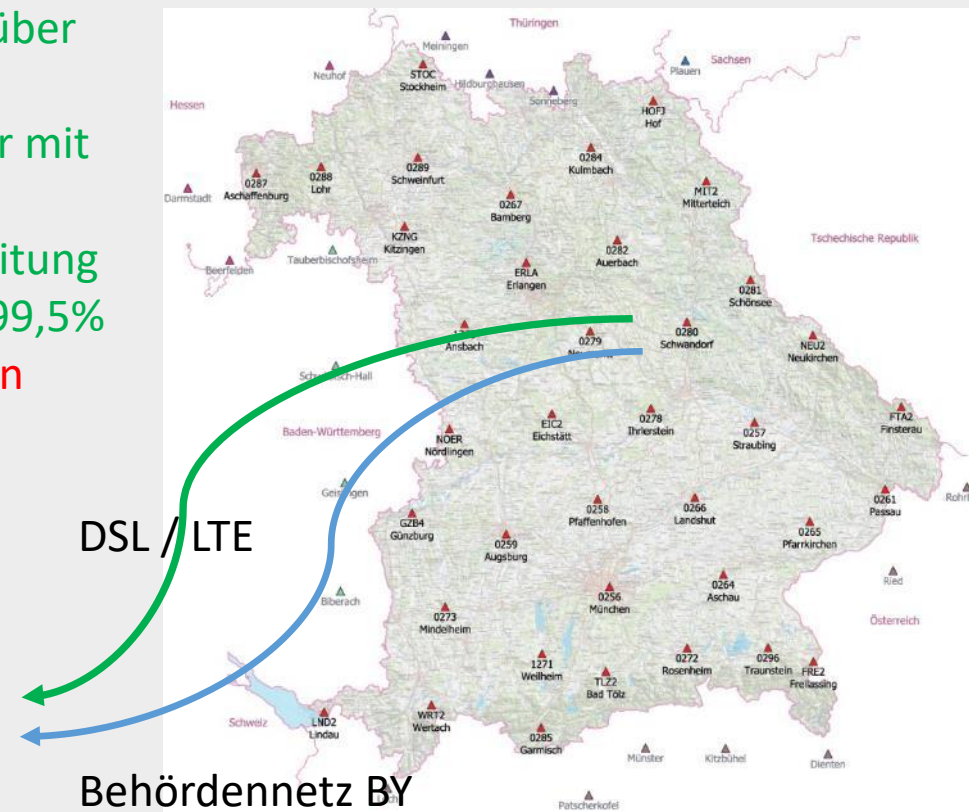
- ✓ Eigene Analyse
  - ✓ GNSS-Empfang, Eigene Hardware, Mobilfunkempfang kann nur der Kunde vor Ort einschätzen
  - ✓ Geht immer und zu jeder Tageszeit...
- ✓ Dienstleister (Landmaschinenhändler, Herstellersupport)
  - ✓ Informationen über gerätespezifisches Verhalten läuft nur dort zusammen
  - ✓ Gerätespezifische Abhilfemaßnahmen
  - ✓ Hinweise auf Updates oder Upgrades
  - ✓ Dienstleister sind zu den Einsatzzeiten gut erreichbar
- ✓ SAPOS/LFPS-Hotline
  - ✓ Hier läuft es in der Regel auf nicht mehr individuell behebbare Fehlerzustände hinaus -> Bringt leider in der Praxis oft nicht viel
  - ✓ Erreichbar Montag bis Donnerstag von 7:00 bis 17:00 Uhr, Freitag 7:00 bis 15:00 Uhr
- ✓ Komplizierte Fragestellungen: [fps@ldbv.bayern.de](mailto:fps@ldbv.bayern.de)
- ✓ Vertriebsfragen (Anmeldung, Gebühren...): 089/2129-1111 oder [service@geodaten.bayern.de](mailto:service@geodaten.bayern.de)





## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

- Blick in den Maschinenraum...
  - Aktuelles Konzept, Limitationen...
- ✓ Referenzstationsnetz: Gleichmäßig über ganz Bayern, 40 – 50 km Abstand
- ✓ Staatliche Netze aller Nachbarländer mit einbezogen
- ✓ Stabile Standorte, doppelte Datenleitung zum Serverzentrum in München, > 99,5%
- Datenleitungsstörungen zu einzelnen Stationen möglich





## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

- Blick in den Maschinenraum...
  - Aktuelles Konzept, Limitationen...

- ✓ Leistungsfähige zentrale Software
- ✓ Läuft auf aktuell vier voll redundanten Servern am IT-Dienstleistungszentrum Bayern
- ✓ Update, Störungsmanagement, Analysen bei laufendem Betrieb möglich
- ✓ Weiter skalierbar...
- ...aber nicht unendlich: Jeder eingewählte Kunde startet einen Prozess zur "VRS-Berechnung" auf dem Server!
- Feldroboter, Kleinanwendungen, Autonomes Fahren -> Massenanwendungen!

The screenshot displays the SAPOS software interface. On the left, a 'Tree' view lists various system components such as 'Alarm Manager', 'Device Manager', 'NtripCaster', and 'Router Manager'. The main area shows a 'Network Map' with a grid overlay and numerous green and red markers representing stations and rovers. A scale bar indicates 50000 m. Below the map, a 'Status Messages' table provides details on system events.

Type	Event Time [Local]	Source	Group	Severity	Message Text
Communication	01.10.2023 01:02:32	GNSS Receiver [0392_Tauberbischofsheim]	Communication	Warning	Switching to backup connection after receiving no data
Communication	01.10.2023 01:03:23	GNSS Receiver [0392_Tauberbischofsheim]	Communication	Warning	Stopping backup connection after receiving data again
Framework	01.10.2023 01:59:40	GNSS Receiver [0148_Plauen]	Framework	Warning	Discarded invalid message. Type: 'Broadcast Ephemeris'
Framework	01.10.2023 01:59:40	GNSS Receiver [0148_Plauen]	Framework	Warning	Discarded invalid message. Type: 'Broadcast Ephemeris'





## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

- Blick in den Maschinenraum...
  - Aktuelles Konzept, Limitationen...

- ✓ Authentifizierung der Kunden und Korrekturdatenabgabe durch leistungsstarken Loadbalancer skalierbar
- ✓ Bei Störungen oder Wartungen erfolgt automatische Weitergabe zum nächsten verfügbaren Server
- ✓ Permanentes Monitoring der Fixingrate der –zeiten aller Kunden zu Servicezeiten
- Durch Umschaltvorgang geht auf Kundenseite Fixing verloren, es kann zu Qualitätseinbußen über einige Sekunden kommen!

System 1940	
Summe 1	67
Summe 2	65
Summe 3	891
Summe 4	911
Infra	616
Failed	871
<b>System</b>	
<b>Suche</b>	

Server 1	Server 3
RTK Fixed: 97% (65/67)	RTK Fixed: 97% (63/65)
Time to Fix: 133 sec	Time to Fix: 79 sec
DB Usage: 11 Tx/sec, 7 sessions	DB Usage: 19 Tx/sec, 13 sessions
AVS Table: 157	AVS Table: 160
Passwd Sync: 17.10.2023 09:48:01	Passwd Sync: 17.10.2023 09:48:02
Heartbeat: 17.10.2023 09:48:11	Heartbeat: 17.10.2023 09:48:12

Server 4
RTK Fixed: 91% (833/911)
Time to Fix: 69 sec
DB Usage: 234 Tx/sec, 15 sessions
AVS Table: 1682
Passwd Sync: 17.10.2023 09:48:03
Heartbeat: 17.10.2023 09:47:57

Error Log (last 24 hours)
---------------------------



# SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

- **Blick in den Maschinenraum...**
  - Qualitätssicherung
- ✓ Unabhängige Überwachung aller Daten durch vier Monitorstationen
- ✓ Transparente Darstellung täglich, nahezu in Echtzeit, auf [sapos.bayern.de](http://sapos.bayern.de) -> Monitoring -> HEPS-Performance (Gilt auch für LFPS!)
- ✓ Intern wird dieses Hilfsmittel zur Qualitätssicherung verwendet und mit allen Nachbarbetreibern abgeglichen (AdV-Qualitätsbericht)
- Die Sonnenaktivität, Störungen durch fehlerhafte Satellitendaten oder "höhere Gewalt" können durch das Beobachten von Fehlern nicht beseitigt werden...

The screenshot displays the SAPOS monitoring interface. The main map shows the state of Bavaria with four monitoring stations highlighted by red circles: 1000 Bad Neustadt (Leica TRS30), 1003 Freising (Leica NetRS), 1011 Landsberg (Leica TR10), and 1001 Berchtesgaden (Leica NetRS). To the right, three charts provide performance data:

- Zeitreihe der Koordinatendifferenzen:** A line chart showing coordinate differences in meters over a 24-hour period. The y-axis ranges from -4 to 2 meters. The legend includes 'dE', 'dN', 'dU', 'Anzahl Gel.', and 'Initialisierungszeiten'.
- Initialisierungszeiten:** A bar chart showing initialization times in seconds. The y-axis ranges from 0 to 120 seconds. The legend includes 'Werte für die Stationen'.
- Differenzen zu Soll-Koordinaten:** A bar chart showing differences from target coordinates in meters. The y-axis ranges from 0 to 120 meters. The legend includes 'dE (m)', 'dN (m)', and 'dU (m)'.



## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

- **Blick in den Maschinenraum...**

- Qualitätssicherung

- ✓ GNSS-Kontrollpunkte
- ✓ Kostenfrei, anfahrbar, oberirdisch oder 0,2 m unter der Oberfläche zugänglich
- ✓ Exakte Lage und Höhenreferenz
- ✓ Anmessung, Anleitung und Auswertetabelle (EXCEL) für Einzelmessung oder präzise Untersuchungen
- ✓ Durchgreifende Kontrolle aller Komponenten: Zentrierung, Aufstellhöhe,
- Nur für Anwender mit Vermessungsstäben interessant...

The screenshot shows the website interface for SAPOS. The navigation menu on the left includes: Information, Stationskarte, CRS-Transformation, **Feldprüfverfahren** (circled in red), GNSS-Kontrollpunkte, GNSS-Testfelder, Monitoring, and Download. Below the menu is a 'GNSS-Shop LOGIN' section with fields for 'Nutzername' and 'Passwort', and an 'Anmelden' button. The main content area displays a map of Bavaria titled 'GNSS-Kontrollpunkte in Bayern' with numerous control points marked by blue dots and labeled with their IDs and names. A red arrow points from the 'GNSS-Kontrollpunkte' menu item to the map.

Startseite > Feldprüfverfahren > GNSS-Kontrollpunkte Mittwoch, 29. Novemb

**GNSS-Kontrollpunkte in Bayern**

6020 Aschaffenburg 5834 Kulmbach 6039 Mitterteich  
6023 Lohr a. Main 6131 Bamberg  
6227 Kitzingen 6335 Auerbach i. d. OPf  
6431 Erlangen  
629 Ansbach 6638 Schwandorf 6743 Neukirchen b. Hl. Blut  
7129 Reimlingen 7033 Pollenfeld 7037 Kelheim 7047 Mauth  
7438 Landshut 7446 Passau  
7435 Pfaffenhofen a. d. Ilm 7543 Pfarrkirchen  
7531 Augsburg 7840 Aschau a. Inn  
7928 Mindelheim 7935 Neubiberg  
8133 Weilheim i. OB 8143 Freilassing  
8138 Rosenheim 8141 Surberg  
8328 Wertach 8235 Bad Tölz 8344 Berchtesgaden





## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

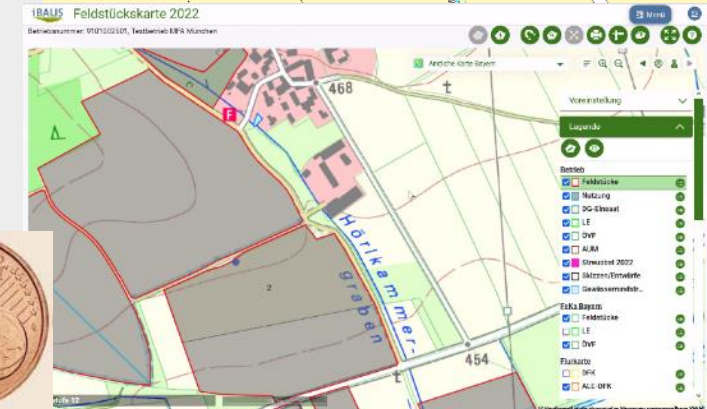
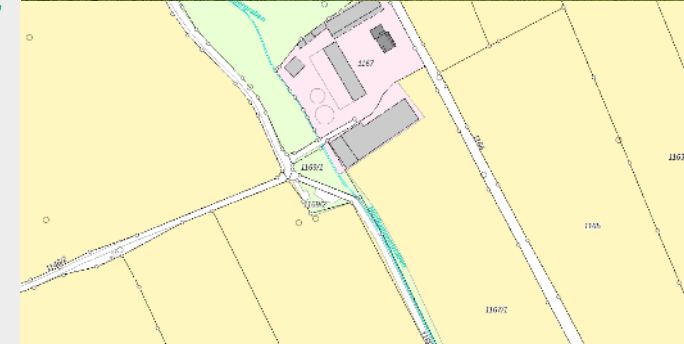
- **Blick in den Maschinenraum...**
  - ...und Vorteile des amtlichen RTK-Dienstes
- ✓ **Gebühren:** 50.- EUR / 3 Jahre, keine Kündigungsfrist. Subventioniertes Angebot als staatliche Infrastrukturleistung und zwecks gesetzlichem Auftrag zum amtlichen geodätischen Raumbezug
- ✓ **Transparenz:** Veröffentlichtes Referenzstationsnetz, Qualitätsberichte, Online-Monitoring der Dienstqualität
- ✓ **Herstellerunabhängigkeit:** Offene Korrekturdatenformate, Zusammenarbeit mit allen Herstellern, Kontakt zu Forschung und Lehre
- ✓ **Datenschutz:** Geprüfte Verarbeitungstätigkeiten nach DSGVO, Anonymisierung und Löschung aller personenbezogenen oder personalisierbaren Daten nach kurzen Fristen, keine Abgabe an sonstige interne oder externe Stellen ohne Zustimmung
  - ✓ **Bezug Position – Nutzer** nur Online und nur zur Fehlersuche auf Wunsch des Kunden möglich
  - ✓ **Anonymisierte** Positionsdaten + Performance für Qualitätssicherung werden 1 Jahr aufbewahrt





## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

- **Blick in den Maschinenraum...**
  - ...und Vorteile des amtlichen RTK-Dienstes
- ✓ **Amtliche Position ETRS89/DREF91:** Koordinatensystem der Referenzstationen, siehe Funktionsprinzip. Alle **Geobasisdaten** der Bayerischen Vermessungsverwaltung (Flurkarte, Luftbildkarten, Geländemodelle, Topographie, Gebäudemodelle...) sind amtlich georeferenziert im ETRS89/DREF91 und häufig **gebührenfrei downloadbar**
- ✓ Alle **Geofachdaten staatlicher Stellen** (ÄELF, StBÄ, WWÄ..), **Kommunen** (Ver- und Entsorgungsleitungen..) und **übergeordneter Geodatennutzer** (Netzbetreiber, DB..) ebenfalls georeferenziert im ETRS89/DREF91
- ✓ **iBALIS** nutzt diese amtlichen Geobasis- und Geofachdaten -> SAPOS/LFPS-konform!
- ✓ ETRS89/DREF91 ist Nachfolger der amtlichen Systeme (Soldner, GK) seit 200 Jahren und "Erbe" aller georeferenzierten Geodaten dieser Zeit
- ✓ Die Landesvermessung sorgt dafür, dass dieser Koordinatenrahmen **rückwirkend konsistent ist und zukünftig stabil bleibt** (Permanente Überwachung, regelmäßige Überprüfung und Aktualisierung mit 1-2mm Genauigkeit!
- ✓ **Garantierte Genauigkeit: 2-3cm 3D**

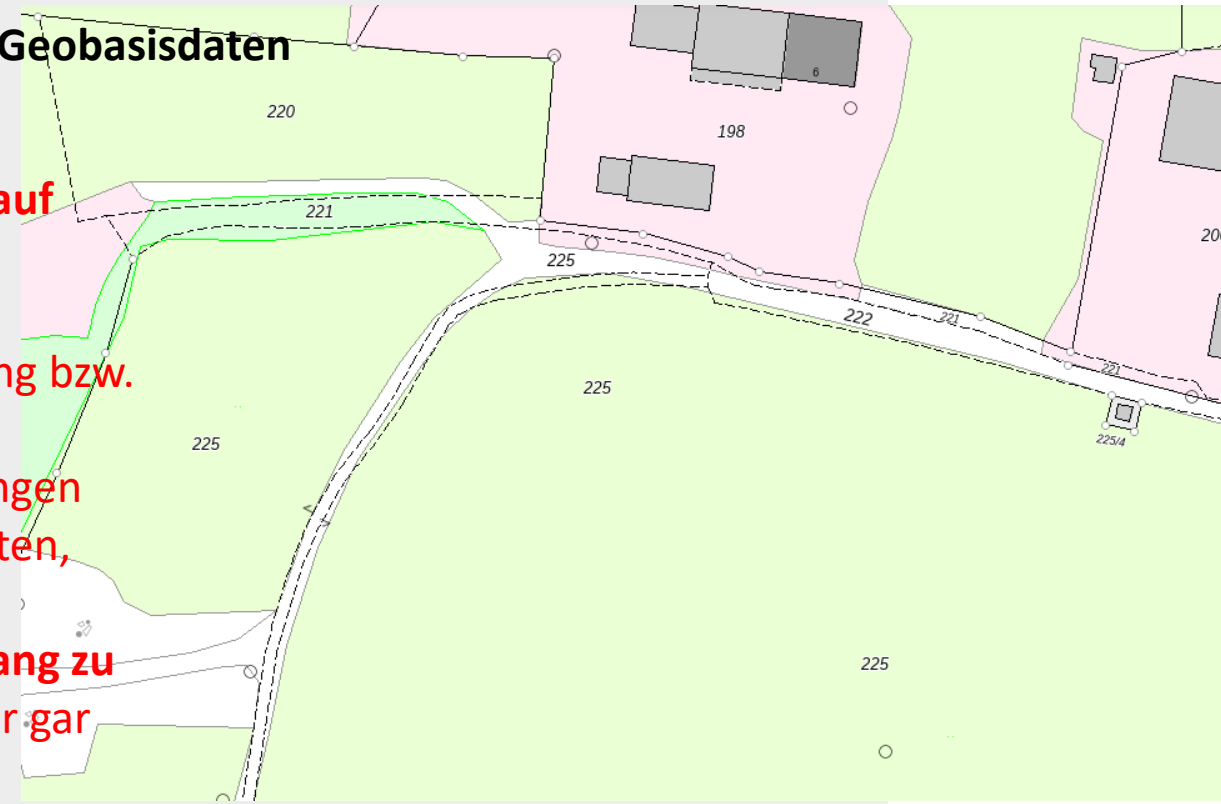




## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

- **Nutzung amtlicher Position ETRS89/DREF91 mit amtlichen Geobasisdaten**

- Einschränkung amtliche Position ETRS89/DREF91:
  - 200 Jahre Liegenschaftsvermessung, **anlassbezogen und auf Antrag!**
  - **Unterschiedliche Genauigkeit** der Grenzbestimmung
  - **Einvernehmliche Änderungen** in der tatsächlichen Nutzung bzw. Grenzziehung
  - **Abweichungen** durch technische Änderungen: Umformungen durch Bezugssystemwechsel, Änderungen der Maßeinheiten, Weiterentwicklung des Bezugsrahmens
  - Es bedarf **vermessungstechnischem Fachwissen** und **Zugang zu amtlichen Unterlagen** zur Beurteilung einer unklaren oder gar strittigen Situation!



**Eine Grenze gehört den beiden Nachbarn! Abmarkungspflicht, Liegenschaftskataster und "Ingenieurpflicht" dienen der Rechtssicherheit. Die Bayerische Vermessungsverwaltung ist auf Antrag Gutachter in Fragen der Grenzziehung.**





## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwe

- Amtliche Position alleine ersetzt keinen Geodäten
- Die Koordinate eines Grenzpunktes ist nur ein Hilfsmittel, keine verbindliche Festlegung
- "Das Grenzzeichen dient dem öffentlichen Glauben"



Grafisch bestimmte Grenzen  
keine Grenzzeichen



Uraufnahme 1835



Veränderungen durch  
Nutzung

Abweichungen  
abgemarkter  
Grenzen



## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

Koordinatensysteme, Abbildungssysteme, ...

- Gauß-Krüger, Soldner, UTM, Länge-Breite, NN, NHN...

???

<http://sapos.bayern.de> -> CRS-Transformation

- ✓ Umformungen zwischen allen gängigen Koordinatenformen:
- ✓ UTM 32, UTM 33 (Achtung: Mit "Kennziffer" 32 bzw. 33 an den ersten beiden Stellen!), Geographische Koordinaten
- ✓ Umrechnungen (Transformationen) zwischen amtlichen Systemen in Bayern: GK (DHDN80), UTM (ETRS89/DREF91)
- ✓ Kostenfrei, mit Anleitung
- ✓ Erläuterungen zu den amtlichen Systemen unter "Information"



# Observation Space Representation (OSR)

GNSS-Fehlermodellierung im Beobachtungsraum

Landesamt für Digitalisierung,  
Breitband und Vermessung



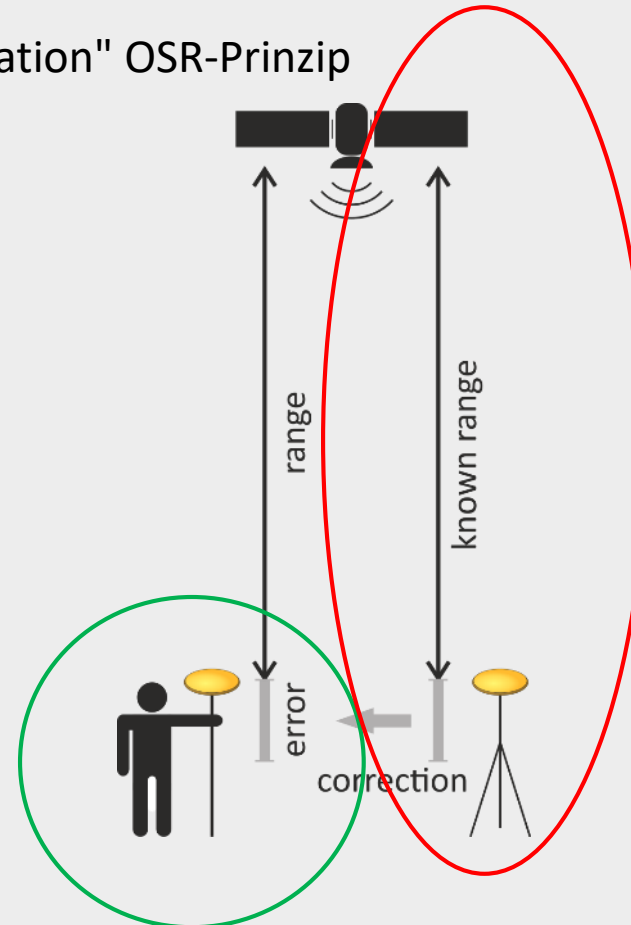
## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

Blick ins Entwicklungslabor: Zukunft PPP-Broadcast-Dienste

Zur Erinnerung: Funktionsprinzip traditioneller RTK-Dienste,

"Beobachtungsbasiertes Prinzip" bzw. "Observation Space Representation" OSR-Prinzip

- Die Fehler räumlich benachbarter GNSS-Satellitenbeobachtungen werden als identisch betrachtet
- Die Beobachtungen aus dem Referenzstationsnetz des Korrekturdatendienstes werden für den Ort des Kunden korrigiert und an den Kunden in Echtzeit übertragen
- Der Kunde kann damit in Echtzeit den Koordinatenunterschied zur Referenzstation berechnen, weil alle Fehlereinflüsse "zwischen Satellit und Erde" durch Differenzbildung herausfallen



LFPS



# Observation Space Representation (OSR)

GNSS-Fehlermodellierung im Beobachtungsraum

Landesamt für Digitalisierung,  
Breitband und Vermessung

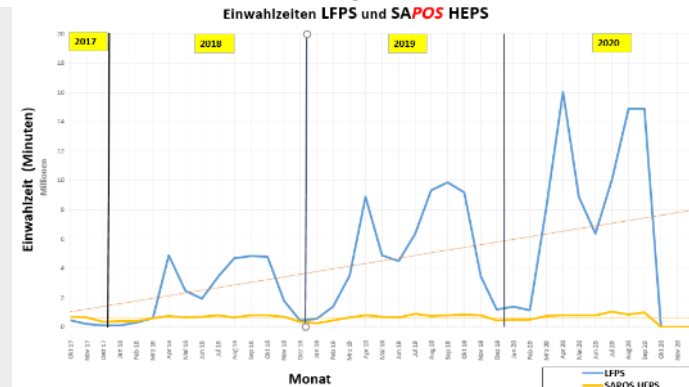
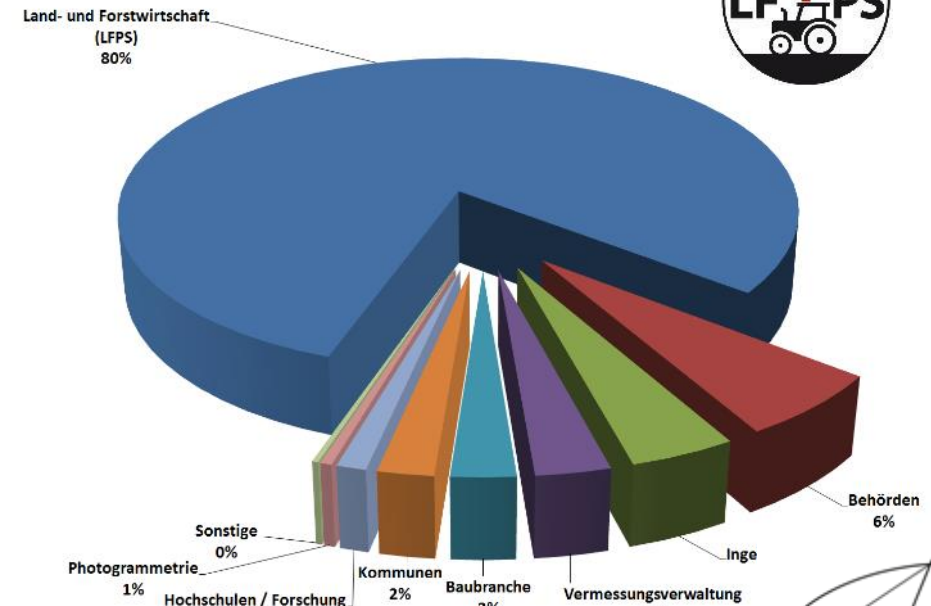


## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

Blick ins Entwicklungslabor: Zukunft PPP-Broadcast-Dienste

Zur Erinnerung: Funktionsprinzip traditioneller RTK-Dienste,  
"Observation Space Representation" OSR-Prinzip

- ✓ Sekundenschnelle Lösung
- ✓ cm-Qualität sofort
- ✓ Homogener, stabiler Raumbezug im System der Referenzstationen
- ✓ Etabliertes Verfahren, viele Hersteller
- ✓ Standardformat RTCM
- Binäres Lösungsverhalten: Entweder cm oder gar nichts...
- Bidirektionale Datenverbindung Kunde-Dienst mit geringer Latenz (<1-2sec) und konstanter Bandbreite notwendig: Mobilfunk!
- Anzahl der simultanen Nutzer limitiert: ca. 4000 simultane Einwahlen im Oktober 2023, Tendenz stark steigend:
- Feldroboter, Verkehrsleitsysteme, autonomes Fahren...



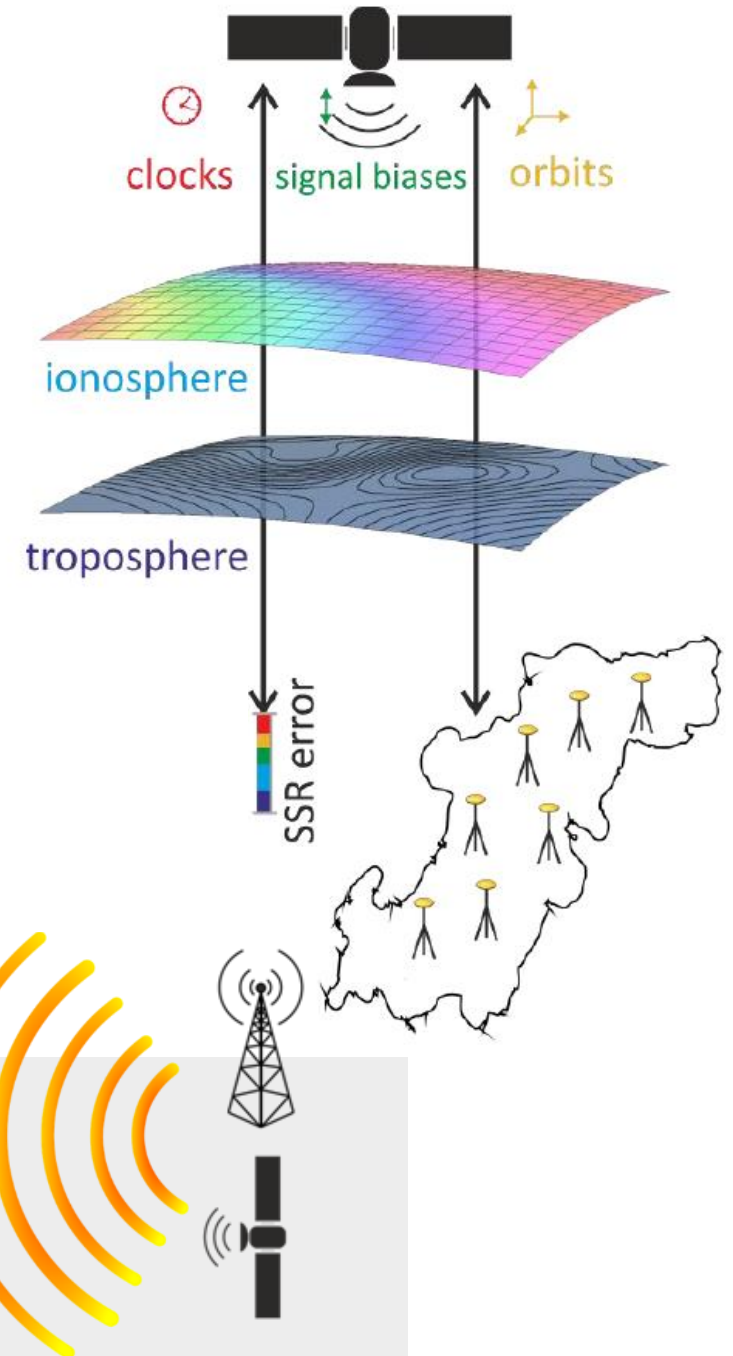


## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

Blick ins Entwicklungslabor: Zukunft PPP-Broadcast-Dienste!

Funktionsprinzip PPP – "State Space Representation" SSR-Prinzip

- Die Fehler "zwischen Satellit und Erde" werden im Referenzstationsnetz aufgetrennt und exakt bestimmt
- Sie werden in ein regionales Fehlermodell komprimiert und in einem einheitlichen Korrektursignal ausgesendet
- Die Kunden korrigieren damit ihre individuellen Satellitenbeobachtungen völlig unabhängig von den Referenzstationsbeobachtungen
- Je nach Qualität und Dynamik des Korrektursignals verbessert sich die absolute Position nach einer "Konvergenzzeit" bis zu cm-Qualität ("RTK-Genauigkeit")

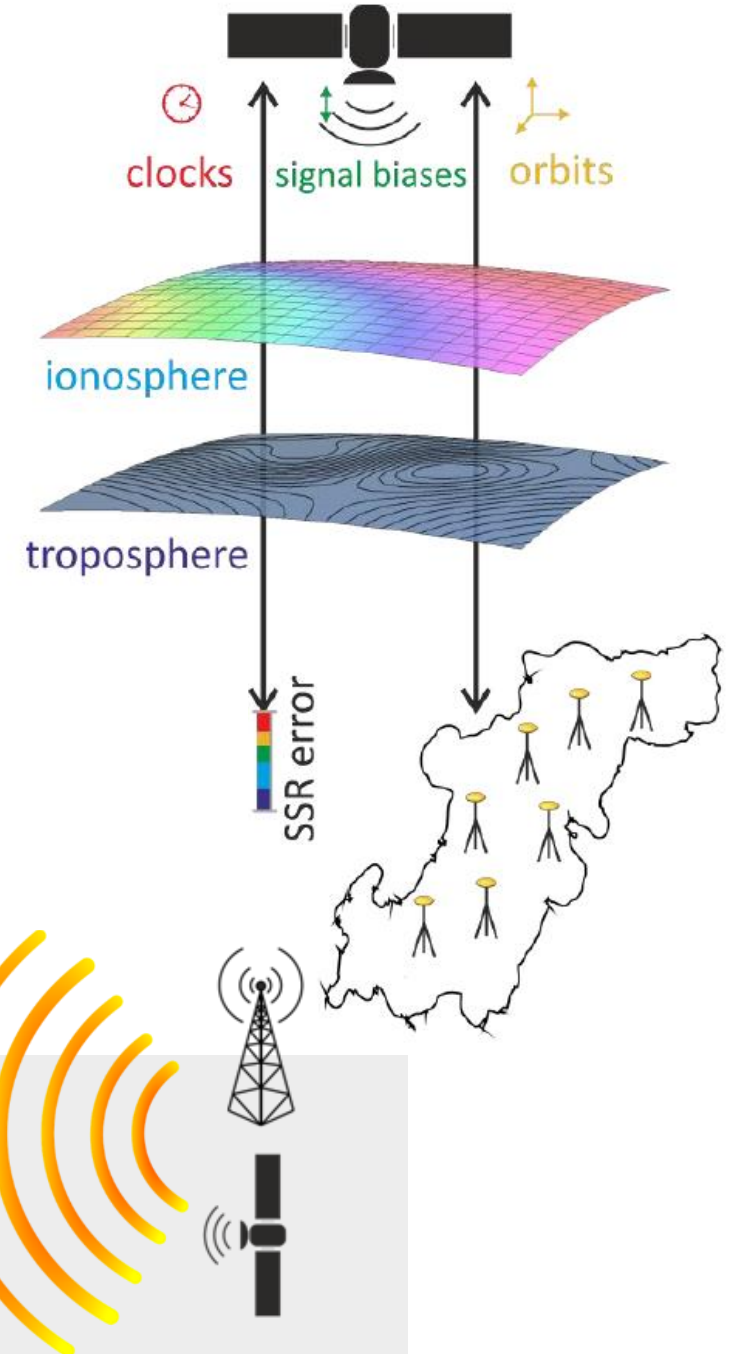


## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

### Blick ins Entwicklungslabor: Zukunft PPP-Broadcast-Dienste!

#### Funktionsprinzip PPP-SSR

- ✓ Unidirektionales Broadcastsignal: Beliebige Anzahl von Endnutzern möglich
- ✓ Broadcastmedien stehen zur Verfügung: Digitalradio, Satellitenkanäle, "Cell-Broadcast" via Mobilfunk
- Konvergenz: Genauigkeit verbessert sich über eine "Einlaufzeit" bis zum gewünschten Zielwert: Genauigkeit vs. Zeit
- Standardisierung noch nicht abgeschlossen: Firmenstandards können nur von den jeweiligen Endgeräten verwendet werden
- ...oder es wird von SSR zu OSR (RTCM (VRS)) durch eine "Vorschaltgerät" konvertiert (Zusatzhardware)





## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

Blick ins Entwicklungslabor: Zukunft PPP-Broadcast-Dienste!

RTK (VRS) = OSR-Prinzip

PPP = SSR-Prinzip



### SAPOS/LFPS RTK (VRS)

- ✓ < 2cm Lage
- ✓ 5sec Initialisierung
- ✓ RTCM-Standard
- ✓ Robust gegen lokale Einflüsse
- ✓ niedrige Kosten
  - Mobilfunk
  - nicht bundeseinheitlich
- max. 10 TSD simultane Nutzer



### Neu: PPP-RTK Dienst der AdV

- ✓ < 2-3 cm Lage
- ✓ < 1min Initialisierung
- ✓ RTCM-Standard
- ✓ kostenfrei
- ✓ Mobilfunk + DAB+
- ✓ bundeseinheitlich
- ✓ unbegrenzte Nutzeranzahl
  - Robustheit ungeklärt
  - Zeitplan "im Aufbau"
  - RTCM-Standard 2025?

### GALILEO

#### High Accuracy Service HAS

- ✓ unbegrenzte Nutzeranzahl
- ✓ kostenfrei
- ✓ offener Galileo-Standard
- ✓ Kommunikation über Galileo-Satelliten
  - < 5cm Lage (Europa)
  - 5min Initialisierung
  - Robustheit ungeklärt
- Zeitplan "im Aufbau"
- 5min Initialisierung nach jedem Neustart!

Proprietäre Dienste: JohnDeere, Trimble, Hexagon, ...

- ✓ unbegrenzte Nutzeranzahl
- ✓ Satellitenkommunikation
  - Genauigkeit + Initialisierungszeit
  - Robustheit ungeklärt
- Geostationärer Satellit <30° Elevation!
- Kosten
- 5 – 20 min Initialisierung nach jedem Neustart!
- Nicht kompatibel





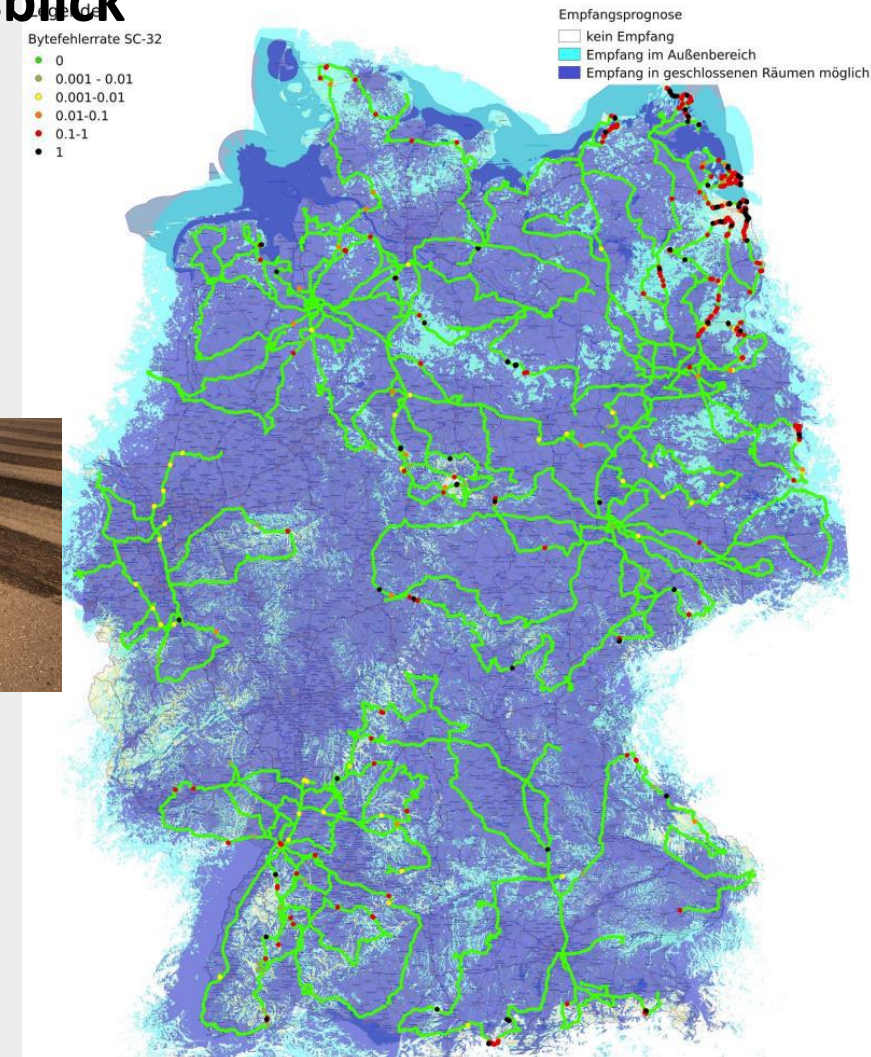
## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick

### Blick ins Entwicklungslabor: Zukunft PPP-Broadcast-Dienste!

Amtlicher PPP-RTK-Dienst der AdV: Tests, Zeitpläne

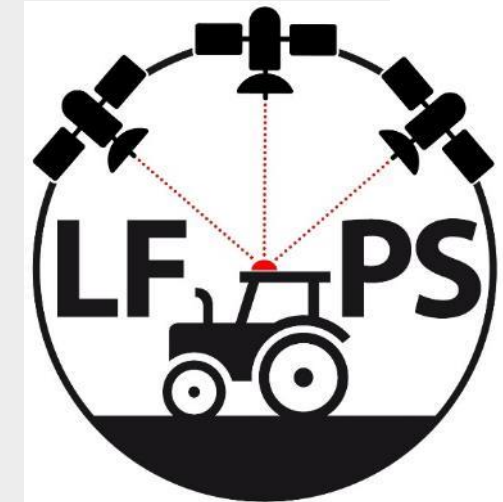
- ✓ Aktuelle Tests mit DAB+ Digitalradio (bundesweiter Datenkanal) erfolgreich
- ✓ Netzabdeckung in kritischen Mobilfunklücken sehr gut, Stabilität hoch
- ✓ Mehrere Prototypentests für Endgeräte erfolgreich, >85% der Tests mit Einlaufzeit <1min, Genauigkeit <5cm
- ✓ Beteiligung BayWa Technik, positives Resümee
- ✓ **Dienststart 01.01.2025 ist beschlossen!**
- ✓ RTK-Dienste laufen vorerst parallel weiter

- Endgeräteentwicklung und RTCM-Standardisierung bleibt spannend
- Hardware muss auf Nutzerseite aktualisiert werden
- Es wird neue Baustellen geben....
- Abwägung Aufwand - Nutzen





## SAPOS / LFPS– Funktionsprinzip, Anwendungstipps, Ausblick



**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**  
**Fragen?**