

# Die Bundeswaldinventur 2022

Frank Schwitzgebel

Thünen-Institut für Waldökosysteme

## Modul 3, Lektion 3.3: GNSS-Grundlagen für Aufnahmetrupps der BWI

- Was ist GNSS?
- Was ist das grundlegende Funktionsprinzip von GNSS?
- Was sind die wichtigsten Fehlerquellen?
- Was bedeutet Genauigkeit bei GNSS-Messungen?
- Welche Möglichkeiten gibt es, die Messgenauigkeit im Wald zu verbessern?

# Teil 1

## Was ist GNSS?

GNSS:

Globales Navigations- Satelliten- System

Global Navigation Satellite System

# Was ist GNSS?

GNSS ist der  
**Sammelbegriff**  
für Satellitennavigationssysteme

<b>Globale Systeme:</b>	<b>NAVSTAR – GPS, USA</b> <b>GLONASS, Russland</b> <b>Galileo, EU</b> <b>COMPASS / BeiDou, China</b>
<b>Regionale Systeme/ Regionale Ergänzungssysteme:</b>	<b>BeiDou, China</b> <b>QZSS, Japan</b> <b>IRNSS/NAVIC, Indien</b>

## Teil 2

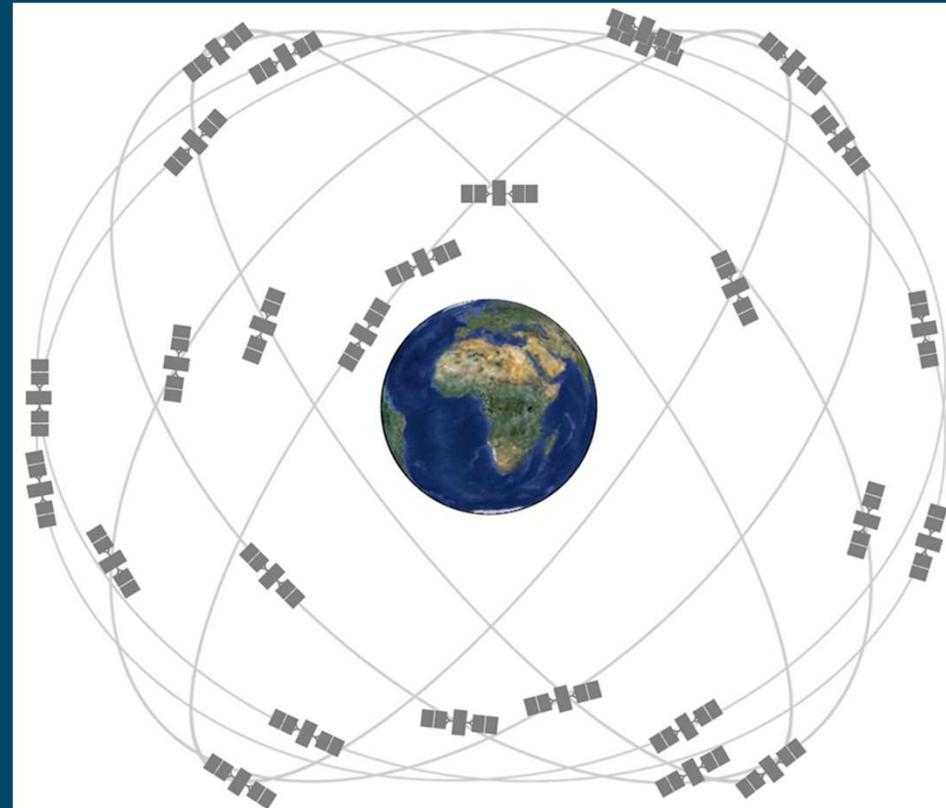
# Was ist das grundlegende Funktionsprinzip von GNSS?

Funktionsprinzip der globalen Systeme:

- Satelliten auf Umlaufbahnen
- Auswertung der Signallaufzeiten

# Grundlegendes Funktionsprinzip von GNSS

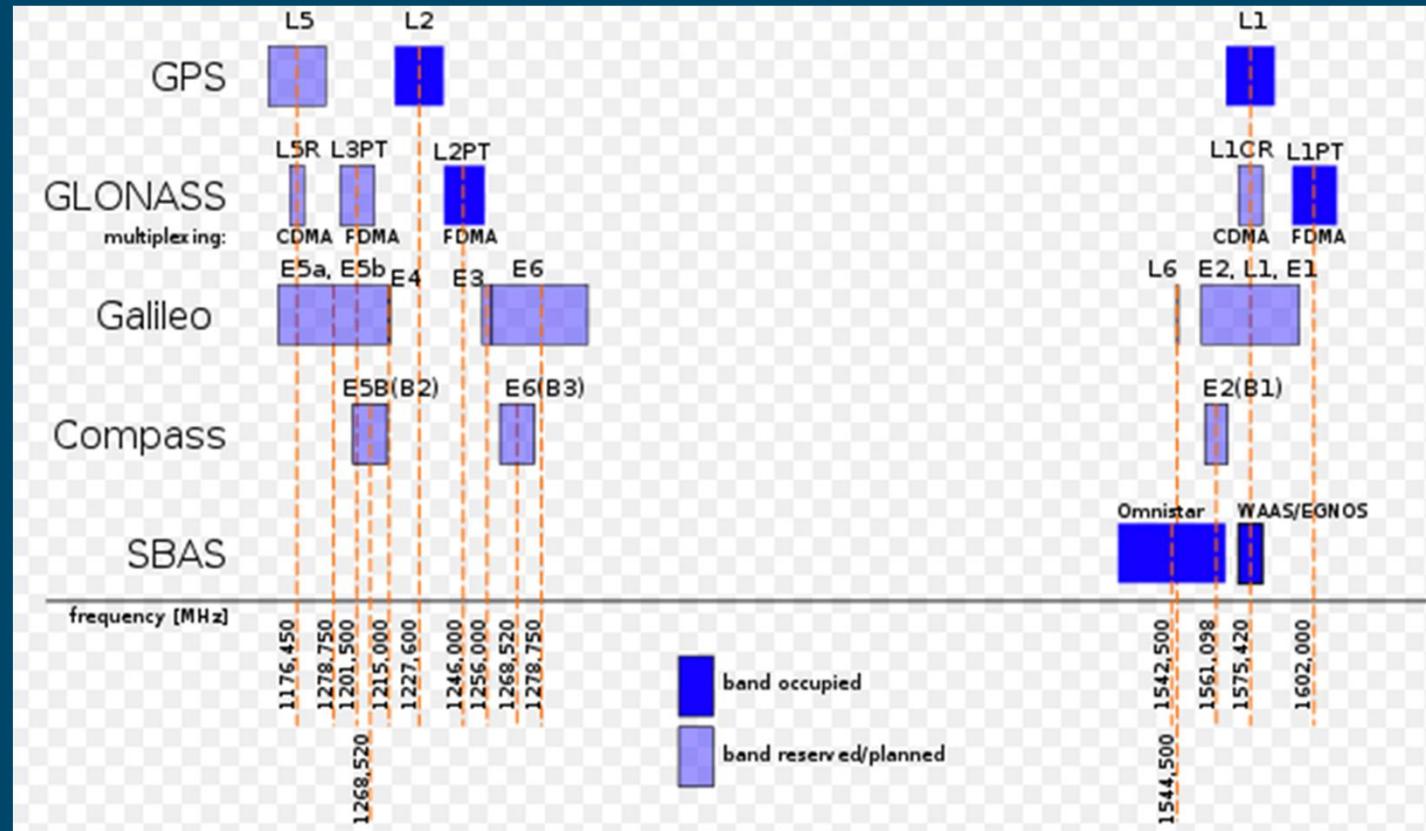
Die globalen Satellitennavigationssysteme arbeiten mit  
Satelliten auf Umlaufbahnen



Schematische Darstellung der 24 GPS Satelliten (Quelle: [www.gps.gov](http://www.gps.gov))

# Grundlegendes Funktionsprinzip von GNSS

Die GNSS-Systeme verwenden mehrere Frequenzbänder mit aufmodulierten Signalcodes



Frequenzen der verschiedenen GNSS (Quelle: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

# Grundlegendes Funktionsprinzip von GNSS

- Satelliten senden laufend ihre Position und Uhrzeit als codierte Radiosignale zur Erde.
- Ein Empfänger berechnet die Entfernung zu allen Satelliten, deren Signale er empfängt und ermittelt daraus seine Position auf der Erde.
- Dazu wird die Zeit bestimmt, die die Radiowellen vom Satelliten bis zum Empfänger brauchen.
- Kann ein Empfänger Signale von mindestens vier Satelliten empfangen, ist eine eindeutige Standortbestimmung möglich.
- Dieses Verfahren wird als Pseudoranging bezeichnet



Schematische Darstellung der Positionsbestimmung mittels Pseudoranging  
(Quelle: [magicmaps.de](http://magicmaps.de))

# Grundlegendes Funktionsprinzip von GNSS

Die **Positionsbestimmung** erfolgt also über die  
Auswertung der Signallaufzeiten  
zwischen Satelliten und GNSS-Empfänger

-> Alle Faktoren die die Laufzeiten verändern, verschlechtern die  
Genauigkeit der Positionsbestimmung !

Die technische Umsetzung dieses Funktionsprinzips hingegen ist hochkomplex. Alle beteiligten Elemente – die Satelliten, die Atmosphäre, die Erde und die GNSS-Empfänger sind ständig in Bewegung. Allein daraus resultiert eine Vielzahl an Fehlerquellen.  
(Quelle: [magicmaps.de](http://magicmaps.de), abgerufen 08.01.21)

## Teil 3

# Was sind die wichtigsten Fehlerquellen?

Die wichtigsten Fehlerquellen für die praktische Feldarbeit sind:

- Laufzeitbedingte Fehlerquellen
- Parallelversatz
- Abschirmungseffekte

# Die wichtigsten Fehlerquellen

## Laufzeitbedingte Fehlerquellen

### 1. Atmosphärische Effekte

Laufzeitfehler in der Tropo- und Ionosphäre

- Satellitensignale werden an den einzelnen Schichten der Atmosphäre gebrochen.
- Diese atmosphärische Refraktion beeinflusst die Geschwindigkeit und Richtung des Signals.
- Dadurch werden mit die größten Ungenauigkeiten hervorgerufen, da Abweichungen von über hundert Metern möglich sind.

# Die wichtigsten Fehlerquellen

## Laufzeitbedingte Fehlerquellen

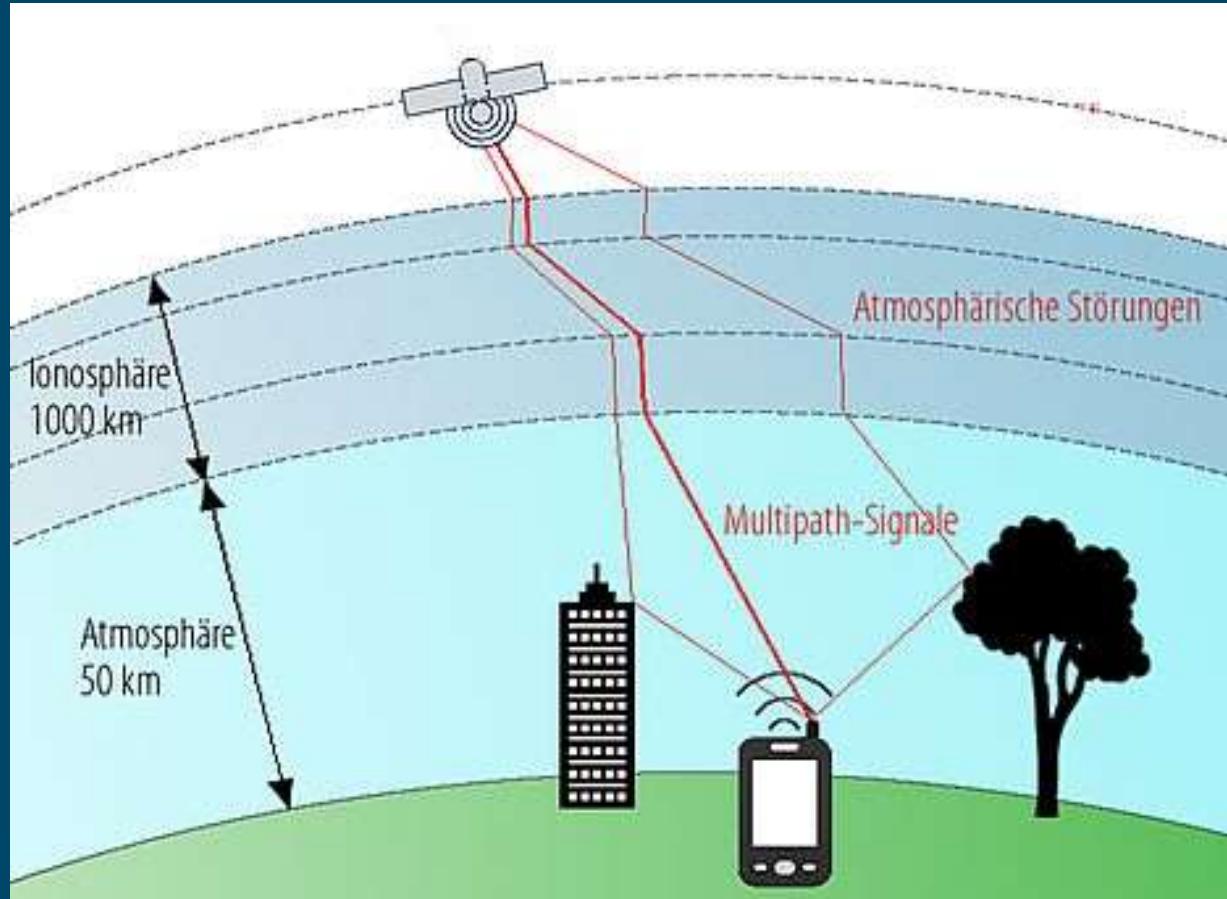
### 2. Mehrwegeeffekte (Multipath):

Signalreflektionen an Oberflächen

- Satellitensignale werden an Gebäuden, Straßen, Felsen aber auch an Baumstämmen reflektiert.
- Dadurch verlängert sich die Laufzeit des Signals und passt nicht mehr zur eigentlichen Position.
- Mitunter wird dasselbe Signal vom Empfänger dadurch mehrfach empfangen. Dies führt zu Positionsungenauigkeiten, die vom Empfänger nicht mehr aufgelöst werden können.

# Die wichtigsten Fehlerquellen

## Laufzeitbedingte Fehlerquellen

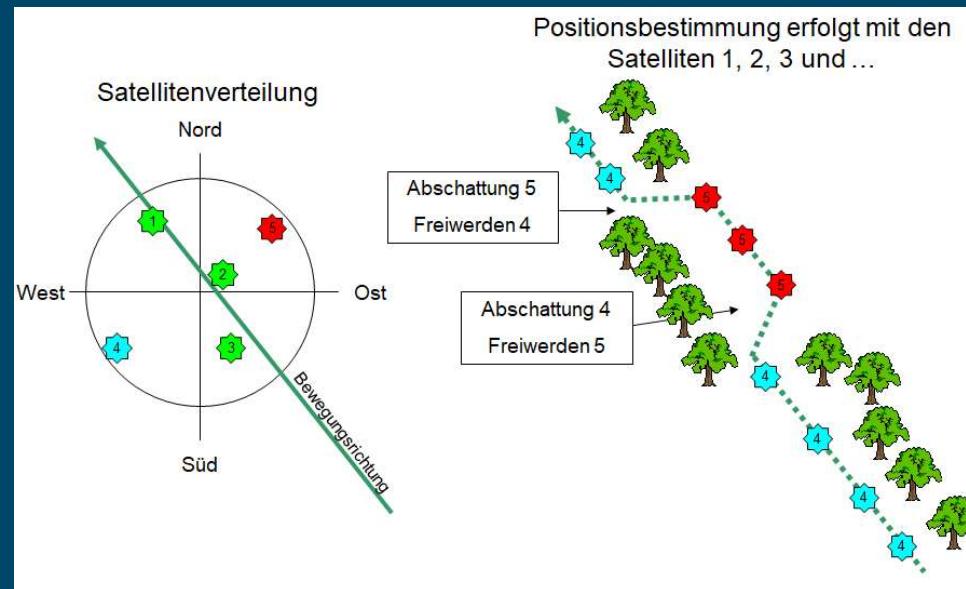


Schematische Darstellung der Multipath- und atmosphärischen Effekte  
(Quelle: [magicmaps.de](http://magicmaps.de))

# Die wichtigsten Fehlerquellen

## Parallelversatz

Gerade im Wald verhindern Kronendach und Stämme die Beobachtung desselben Satelliten über einen längeren Zeitraum. Der Empfänger muss ständig zwischen verschiedenen Satelliten wechseln. Dieser Effekt wird durch Windbewegungen der Äste oder durch Bewegung des Empfängers noch verstärkt. Jeder Satellitenwechsel führt aber zu einer sprunghaften Positionsänderung.

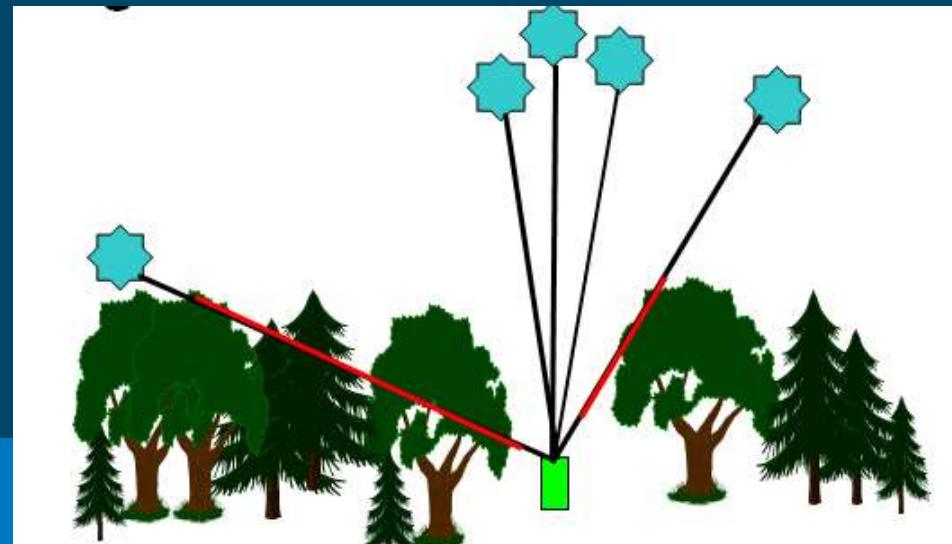


# Die wichtigsten Fehlerquellen

## Abschirmungseffekte

### Abschattung/Signalausfilterung:

Gerade im Wald wird das Signal beim Weg durch das Kronendach gedämpft, gebeugt, deformiert oder abgeschattet. Dies um so mehr, je tiefer der Satellit steht. Oftmals ist nur noch der Empfang hoch stehender Satelliten möglich, wodurch i. d. R. die Satellitengeometrie verschlechtert wird (hoher DOP-Wert) und die Genauigkeit abnimmt. Durch **Feuchtigkeit** auf Blättern und Nadeln wird das GNSS-Signal ausgefiltert. Satellitenempfang bei Regen im Wald erheblich eingeschränkt.



## Teil 4

# Was bedeutet Genauigkeit bei GNSS-Messungen?

Unterscheiden Sie zwischen

- Präzision
- Richtigkeit
- Genauigkeit

## Präzision

- Die Präzision ist ein Maß für die Übereinstimmung zwischen unabhängigen Messergebnissen unter festen Bedingungen.
- Im Grunde gibt die Präzision die Streuung der Messpunkte an.
- Liegen also mehrere Messwerte dicht beieinander, so hat die Messmethode eine hohe Präzision.
- Das bedeutet aber noch nicht, dass die gemessenen Werte auch richtig sind. Sie könnten präzise falsch sein.

## Richtigkeit

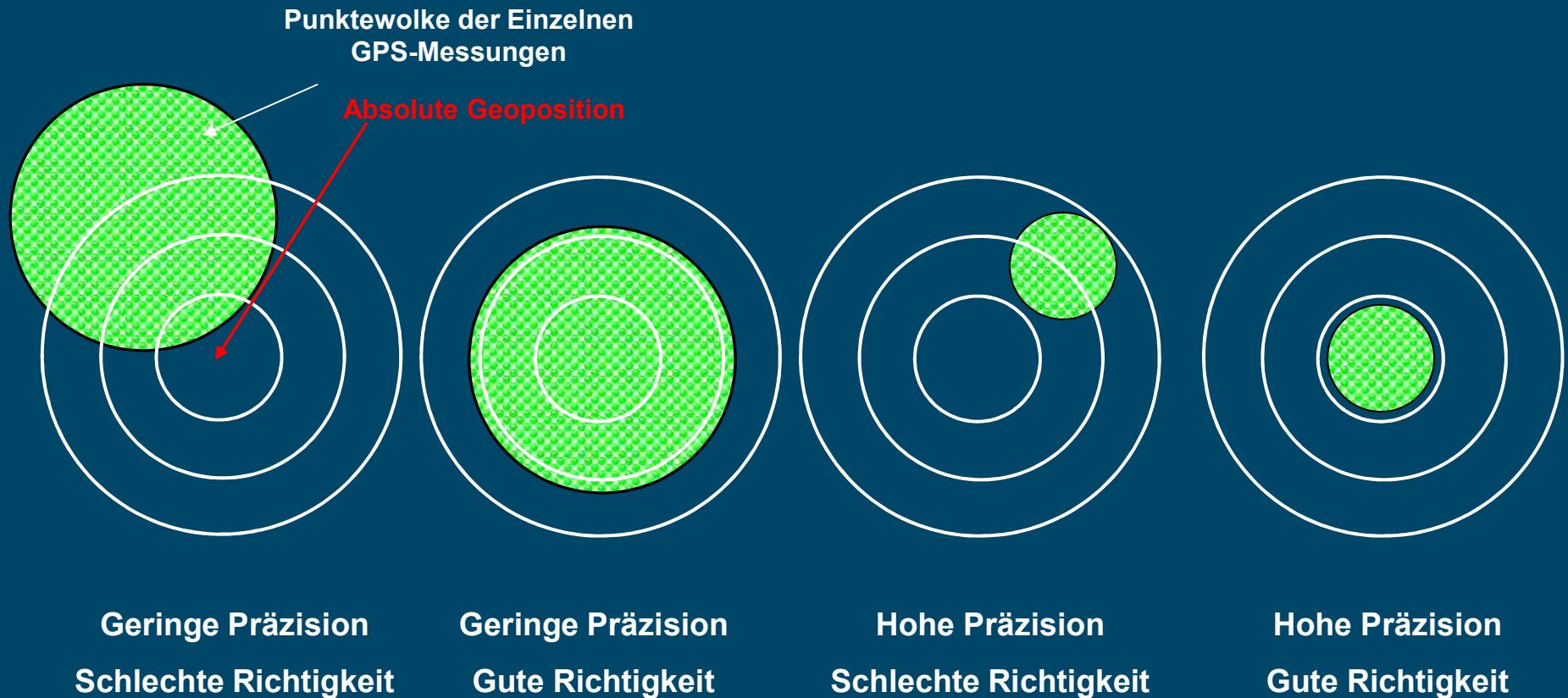
- Die Richtigkeit ist ein Maß für die Übereinstimmung zwischen dem aus einem großen Datensatz erhaltenen Mittelwert und dem anerkannten Referenzwert.
- Wenn also der Mittelwert aus vielen Messungen gut mit dem wahren Wert übereinstimmt, so ist die Richtigkeit hoch.
- Dies sagt nichts darüber aus, wie stark die einzelnen Werte streuen.

# Genauigkeit bei GNSS-Messungen

## Genauigkeit

- Die Genauigkeit ist ein Maß für die Übereinstimmung zwischen dem (einzelnen) Messergebnis und dem wahren Wert der Messgröße.
- Eine hohe Genauigkeit kann man also nur erreichen, wenn sowohl die Präzision als auch die Richtigkeit gut sind.
- Da GNSS-Geräte den „wahren Wert“ der Position nicht „kennen“, können sie nur Angaben zur Präzision ihrer Messung machen. Auch wenn, wie bei Freizeitgeräten üblich, die entsprechende Displayangabe mit Genauigkeit bezeichnet wird!

# Genauigkeit bei GNSS-Messungen



Schematische Darstellung zu Präzision und Richtigkeit

## Teil 5

# Welche Möglichkeiten gibt es, die Messgenauigkeit im Wald zu verbessern?

- Gerätekasse
- Korrektursignal
- Exzentrisches Messen
- Arbeitsorganisation

# Verbesserungsmöglichkeiten beim Waldeinsatz

## Gerätekasse

- Verwenden Sie möglichst hochwertige GNSS-Empfänger.
- GNSS-Geräte aus dem Freizeitbereich eignen sich durchaus zum Finden der Traktecken. Vermeiden Sie aber möglichst, diese zum Einmessen der Koordinaten zu verwenden.
- Inzwischen haben sich Mehrfrequenzempfänger aus dem Vermessungsbereich bewährt, die mit Real Time Kinematik (RTK) arbeiten und mehrere GNS-Systemen auswerten. Bitte beachten Sie dabei, dass die Auswertungssoftware unterschiedlicher Hersteller und die verbauten Empfängerboards höchst unterschiedlich mit den Arbeitsbedingungen im Wald zurecht kommen (->Testen!).

# Verbesserungsmöglichkeiten beim Waldeinsatz

## Korrektursignal

- Verwenden Sie möglichst immer ein für Ihren Empfänger sinnvolles Korrektursignal. Gerade bei Mehrfrequenzempfängern ist deren volles Leistungspotenzial sonst nicht abrufbar.
- Mit der Verwendung von Korrektursignalen können Messfehler aufgrund von atmosphärischen Störungen nahezu komplett vermieden werden.
- Wertet Ihr Gerät mehrere GNS-Systemen aus, sollte das verwendete Korrektursignal möglichst auch für alle einbezogenen Systeme Korrekturdaten bereitstellen.
- Für Korrektursignale die über das Mobilfunknetz bezogen werden, haben sich Mehrnetz-SIM-Karten bewährt.

# Verbesserungsmöglichkeiten beim Waldeinsatz

## Exzentrisches Einmessen

- Gelingt es dem GNSS-Empfänger aufgrund der Bestockungssituation an der Traktecke nicht, zuverlässig seine Position zu bestimmen, sollten Sie eine exzentrische Messung versuchen.
- Suchen Sie dafür einen in der Nähe gelegenen Standort für das GNSS-Gerät mit besseren Empfangsbedingungen auf (z. B. Rückegasse, Blöße oder Waldweg).
- Bestimmen Sie dort den Gerätestandort und messen Sie mittels Bussolenzug zur Traktecke.
- Damit lässt sich sowohl die Traktecke bei der Navigation aufsuchen, als auch deren Koordinaten bestimmen. Beide Varianten sind in der Aufnahmesoftware abgebildet\*.

# Verbesserungsmöglichkeiten beim Waldeinsatz

## Arbeitsorganisation

- Vermeiden Sie wenn möglich Messungen bei starkem Wind und/oder Regen, um Effekte wie Parallelversatz und Signalausfilterung zu minimieren.
- Wenn Sie mit Ihrem KFZ in der Nähe des Traktes angekommen sind und Ihre Ausrüstung vorbereiten, sollten Sie zuallererst Ihr GNSS-Gerät anschalten und so positionieren, dass es gute Empfangsbedingungen hat. Dadurch kann es notwendige Systeminformationen aktualisieren. Dieser Vorgang kann auch bei optimalen Empfangsbedingungen bis zu 15 min andauern. Bei Signalunterbrechungen auch deutlich länger.

# Verbesserungsmöglichkeiten beim Waldeinsatz

## Arbeitsorganisation

- Bevor der eigentliche Messvorgang gestartet wird, muss das Gerät mit Satellitenempfang längere Zeit bewegungslos direkt über der Eckenmarkierung positioniert werden. Dies ist besonders wichtig, wenn die Positionsbestimmung im Anschluss an eine Bewegung des Empfängers erfolgt.
- Messen Sie Positionen wenn möglich nur mit Korrektursignal ein. Verwenden Sie Mehrfrequenzempfänger im RTK-Modus, sollten Sie möglichst versuchen, den Lösungsstatus Float, besser noch Fix zu erlangen.

# Verbesserungsmöglichkeiten beim Waldeinsatz

## Arbeitsorganisation

- Nach Abschluss des Messvorgangs und vor dem Abspeichern der Koordinaten sollten Sie die Angaben zum DOP-Wert und zum maximal erzielten Lösungsstatus prüfen. Gegebenenfalls ist der Messvorgang zu wiederholen. Der zeitliche Abstand zwischen den Wiederholungsmessungen sollte mindestens 10 Minuten betragen.
- Der DOP-Wert (PDOP/HDOP) sollte möglichst kleiner 8 sein (vgl. Tabelle 4.1 in der Aufnahmeanweisung).
- Vermeiden Sie Abschirmung der Antenne durch Mitarbeiter oder eigene Körperteile.

# Verbesserungsmöglichkeiten beim Waldeinsatz

## Arbeitsorganisation

- Sollten für die Traktecke Vorgänger-GNSS-Koordinaten vorliegen, sollten Sie diese als Navigationsziel angeben\*. I.d.R. bringen Sie diese näher zum Ziel als die Soll-Koordinaten.
- Berücksichtigen Sie bei der Navigation zur Traktecke die eingeschränkten Leistungsmöglichkeiten der früher verwendeten GNSS-Geräte im Wald. Sie sollten davon ausgehen, dass sich der Perma-Marker im Bereich von 5 bis 10 m Radius um die eingemessene Vorgänger-Koordinate befindet. Daher ist es meist nicht zielführend zu versuchen, mit dem GNSS-Gerät direkt den Perma-Marker zu lokalisieren.

# Verbesserungsmöglichkeiten beim Waldeinsatz

## Arbeitsorganisation

- Meist gelangen Sie schneller zum Ziel, wenn Sie mittels GNSS-Navigation in den Bereich der WZP4-Bäume (Baumplot) navigieren und mit einer Kreuzpeilung unter Verwendung der Polarkoordinaten der WZP-Bäume\* die Position des Perma-Markers eingrenzen.
- Dessen genaue Lage lokalisieren Sie dann mit einem Metall- oder Magnetsuchgerät.
- Vergewissern Sie sich unbedingt, dass Ihnen das Suchgerät auch wirklich den Perma-Marker angezeigt hat und nicht sonstiges Metall im Boden ein Störsignal induziert hat, indem Sie das obere Ende des Markers leicht freilegen.

# Quellenverzeichnis

- <http://www.kowoma.de/gps/>, zuletzt abgerufen im März 2012
- PenState University, College of Earth and Mineral Sciences, Jan Van Sickie, <https://www.eeducation.psu.edu/geog862/>, zuletzt abgerufen am 24.09.2017
- <http://www.aboutcivil.org/sources-of-errors-in-gps.html>, zuletzt abgerufen am 22.09.2017
- <http://www.gps.gov/systems/gps/>, zuletzt abgerufen am 01.02.2021
- <https://www.magicmaps.de/gnss-wissen/wie-funktioniert-gps/?L=0>, zuletzt abgerufen am 01.02.2021
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Globales\\_Navigationssatellitensystem](https://de.wikipedia.org/wiki/Globales_Navigationssatellitensystem), zuletzt abgerufen am 01.02.2021