



Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland



Raumbezug als kritische Infrastruktur

Dr.-Ing. Jens Riecken
Leiter des Arbeitskreises Raumbezug der
Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)

www.adv-online.de

AMTLICHES DEUTSCHES VERMESSUNGSWESEN



Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

AGENDA

- Einordnung des Themas
- Integrierter geodätischer Raumbezug
- Produktsicht und Qualitätsmanagement
- kritische Infrastruktur: **SAPOS**®
- Integration verschiedener Messtechniken
- Referenzen

: Mit dem vorliegenden Beitrag sollen die aktuellen Entwicklungen im geodätischen Raumbezug nicht nur aus technischer Sicht, sondern auch im Sinne einer kritischen Infrastruktur, vorgestellt und bewertet werden. Es wird gezeigt, wie sich der geodätische Raumbezug für neue Aufgabenfelder öffnet und dass er das verknüpfende Geo-Element in unserer digitalen Welt darstellt.



Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Kernkompetenzen der Geodäsie

Prolog



Die digitale Gesellschaft baut auf Daten auf, die vielfach einen direkten oder indirekten Bezug zu einem Standort haben und damit die Frage nach dem „Was passiert Wo?“ beantworten.

Bild:

<https://www.dvw.de/veroeffentlichungen/standpunkte/1045-digeotalisierung>

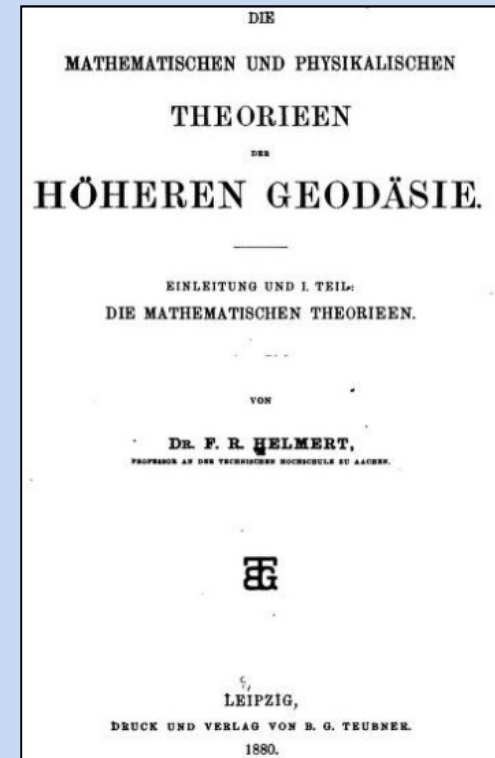
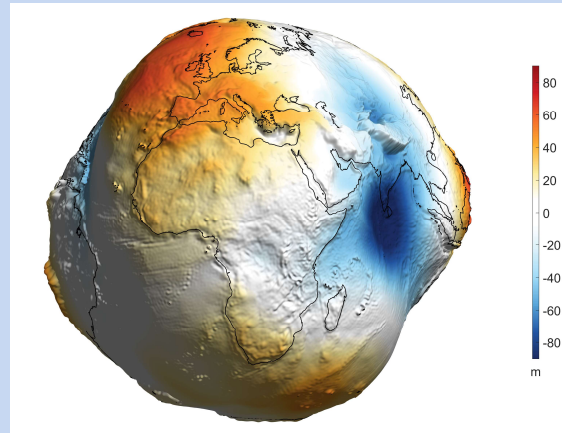
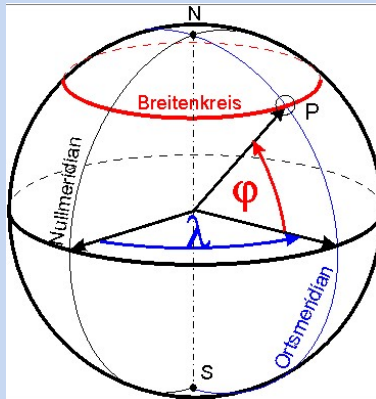


Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Friedrich Robert Helmert

1880

„Die Geodäsie ist die Wissenschaft von der Ausmessung und Abbildung der Erdoberfläche. Dies umfasst die Bestimmung der geometrischen Figur der Erde (Geoid, Gelände), ihres Schwerefeldes und der Orientierung der Erde im Weltraum (Erdrotation).“

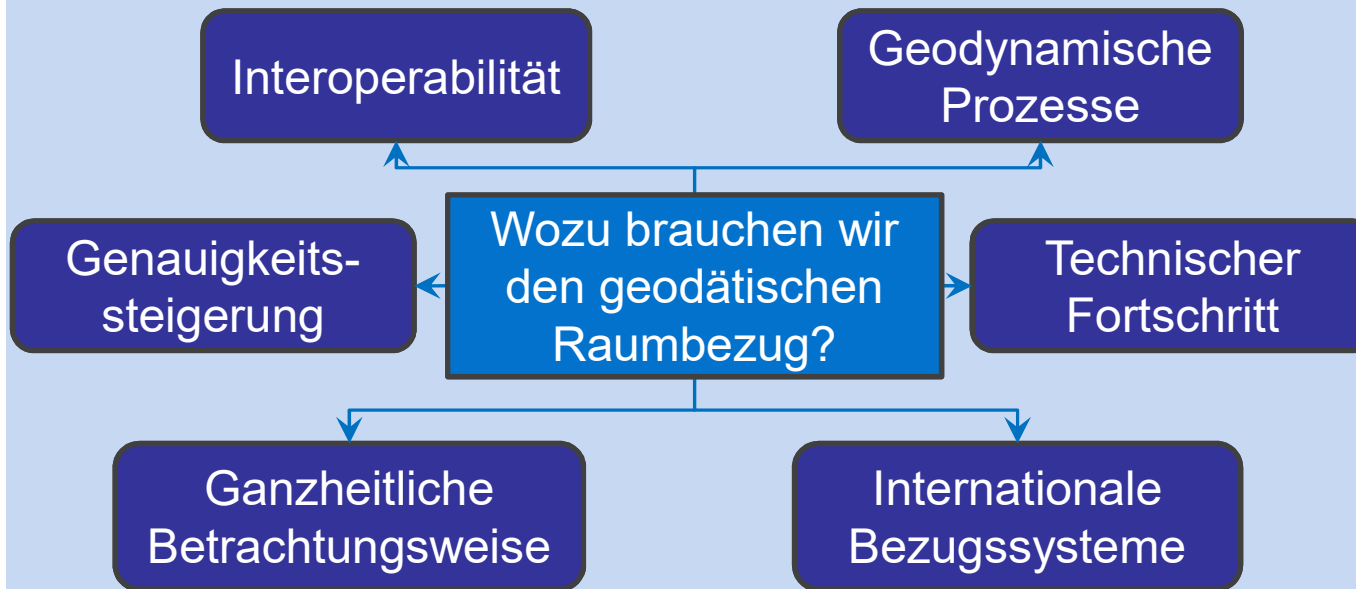




Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

„80 % aller Entscheidungen haben Geo-Bezug“

vor 2000



www.it-planungsrat.de › Geodaten › Geodaten_node
Geodaten - IT-Planungsrat
Geoinformationen sind von grundlegender Bedeutung für die wirtschaftliche und ... Staates, denn 80% aller Entscheidungen haben einen starken Raumbezug.

www.wigeogis.com › geomarketing
Geomarketing warum? - WIGeoGIS
80% aller Unternehmensdaten besitzen einen Raumbezug. Was sind die ... Geomarketing, denn 80% aller Unternehmensdaten haben einen Raumbezug. ... Zahlreiche unternehmerische Entscheidungen weisen räumliche Fragestellung auf.

gis.hochsauerlandkreis.de › cms › id=48:geoservice
GeoService - GeoDatenPortal des Hochsauerlandkreises
Die Bedeutung von Geoinformationen im öffentlichen und im privaten Bereich macht eine Zahl mehr als deutlich: 80 % aller Daten haben einen Raumbezug.

www.ldbv.bayern.de › file › pdf › GIS-Leitfaden PDF
Leitfaden für kommunale GIS-Einsteiger - Bayerische ...
Geodaten, arbeiten zu können, werden geo- graphische ... 80 Prozent aller kommunalen Entscheidungen haben Raumbezug, also Bezug zu Grund und Boden.

www.informatik.uni-augsburg.de › mobileGIS › themen › PDF
GIS - Universität Augsburg Informatik
Wenn man bedenkt, dass beinahe 80% aller Entscheidungen welche wir im öffentlichen oder privaten Umfeld treffen einen raumbezogenen Charakter ... sein werden. Keywords: Geo- Informationssystem, Raumbezug, Geodaten, ... nur auf den Wirtschafts- und Verwaltungssektor, sondern sie haben sich in den vergangenen ...

Ungefähr 1.510.000 Ergebnisse
(0,53 Sekunden) – 14.10.2020



Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

DVW-Standpunkt: DiGEOtalisierung

2019



„Geodätinnen und Geodäten sichern mit ihren Kernkompetenzen das Gelingen der digitalen Transformation. Der Raumbezug ist DAS verknüpfende Element in einer digitalen Welt.“

<https://www.dvw.de/veroeffentlichungen/standpunkte/1045-digeotalisierung>

8



Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Raumbezug im globalen Kontext (UN)

2020



12.09.2020, 4:59 Uhr / Quelle: ZEIT ONLINE, AFP, as

Pressemitteilung des BMI, 16.09.2020:

„ ...

Deutschland unterstützt mit der Einrichtung des GGCE den Aufbau einer dauerhaft weltweit staatlich abgestimmten geodätischen Infrastruktur für Anwendungen zur Erdbeobachtung und Navigation. So könnten zum Beispiel Veränderungen des Meeresspiegels oder Erdkrustenbewegungen in Zukunft viel effizienter und genauer erfasst werden. Zuverlässige **Geoinformationen sind für viele Lebensbereiche und politische Entscheidungen unabdingbar. ...**“

10

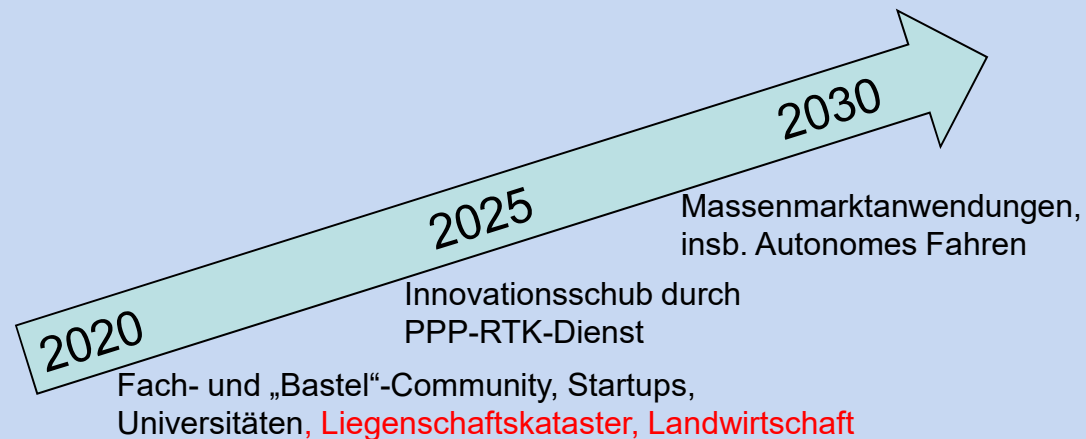


Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Der Weg zur kritischen Infrastruktur

„Rasen mähen in Bahnen, ohne Begrenzungsdraht, ohne Chaosprinzip! Dank dem GPS/RTK System navigiert der *Produktname* cm genau in Ihrem Garten. Erstellen Sie eine Karte mit der *Produktname* App, wählen Sie ein Mähmuster und schon geht es los. Grenzen Sie flexibel und einfach Hindernisse aus.“

04.08.2020





Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Paradigmenwechsel

NRW: Raumbezugserlass 2016

Historisierung des TP-Feldes

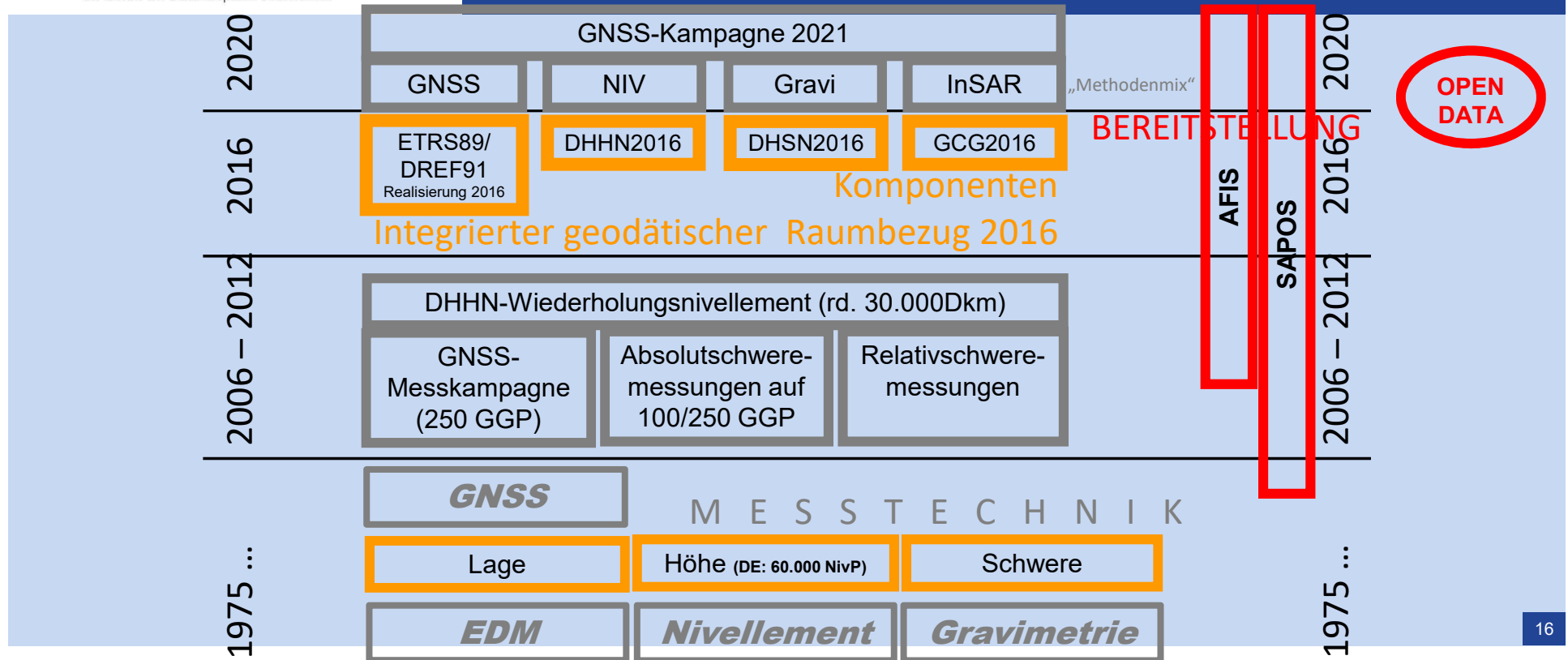
„Mit der ... Realisierung des geodätischen Raumbezuges werden die trigonometrische Punkte (TP) in allen Ordnungen aufgegeben ... (Historisierung).“ *NRW: 28.000 TP*





Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Integrierter geodätischer Raumbezug





Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Integrierter geodätischer Raumbezug

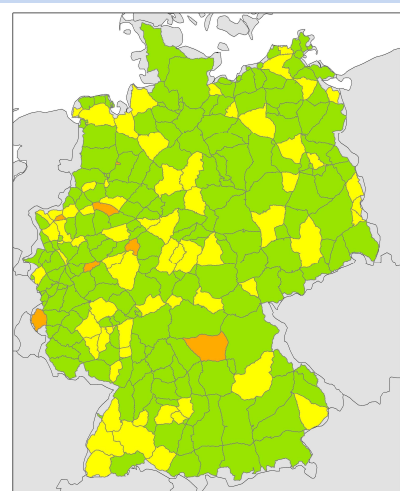




Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Integrierter geodätischer Raumbezug

DHHN2016



Schleifenschlussfehler
 im ersten Drittel im zweiten Drittel im dritten Drittel
des zulässigen Betrages

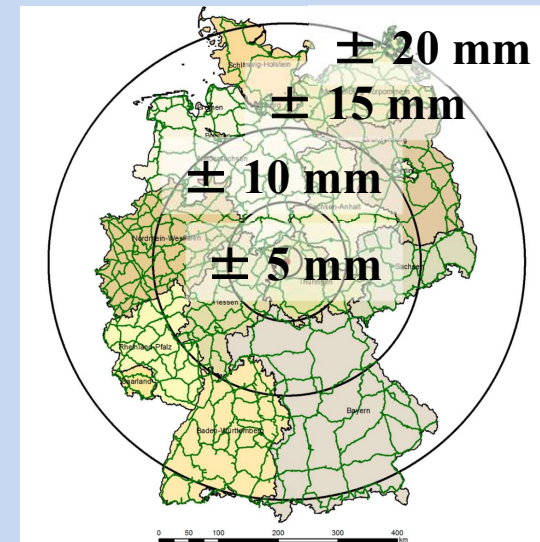
312 Schleifen, davon 224 (72%) im 1. Drittel
 78 (25%) im 2. Drittel
 10 (3%) im 3. Drittel

des zulässigen Widerspruchs

$$Z_U = \pm 2 \cdot \sqrt{U}$$

mittlerer Kilometerfehler: 0,32mm/km

Widerspruch der Umringschleife des gesamten
Netzes (5350km):



Quelle:
 Bundesamt für
 Kartographie und Geodäsie
 Rechenstelle des
 DHHN2016

| Netz | DHHN92 | DHHN2016 |
|--------------------|--------|----------|
| Umfang[km] | 4743 | 5350 |
| Widerspruch [mm] | 138,3 | 13,3 |
| Zul. Widerspr.[mm] | 137,7 | 146,3 |

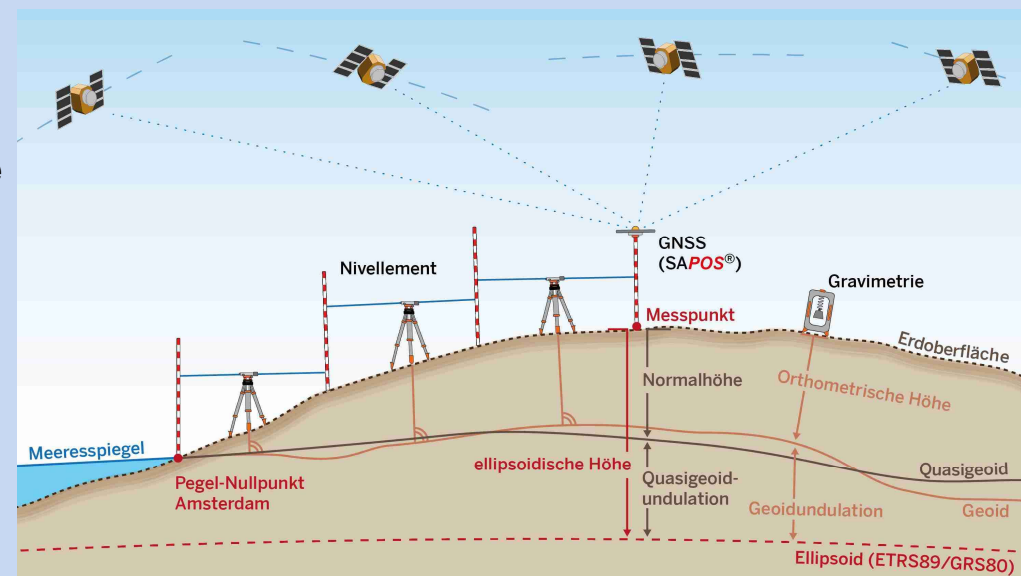


Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Integrierter geodätischer Raumbezug

Realisierung 2016

- **Lage:** Die Einführung der Koordinaten ETRS89/DREF91 (Realisierung 2016) in SAPOS hat **keine Auswirkungen im Liegenschaftskataster**
- **Höhe:** Beim Übergang von DHHN92 zum DHHN2016 treten Höhenwert**änderungen** im Bereich von **+/-35 mm** auf, in Gebieten mit Bergbautätigkeit auch deutlich größere Höhenwertänderungen.
- **„1cm“-Quasigeoid:** Das GCG2016 erhöht die Bedeutung der GNSS-Messtechnik. Die GNSS-Messtechnik ersetzt andere Messtechniken als wirtschaftlichste und genaueste.
- **Festpunkte** übernehmen als Geosensoren eine Monitoringfunktion (Zeitreihen).





Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Integrierter geodätischer Raumbezug

DHHN2016

DHHN92 → DHHN2016

AdV-Beschluss 129/5: **Wissenschaftliche Auswertung der Daten und Ergebnisse der Messkampagnen zum Raumbezug 2016**

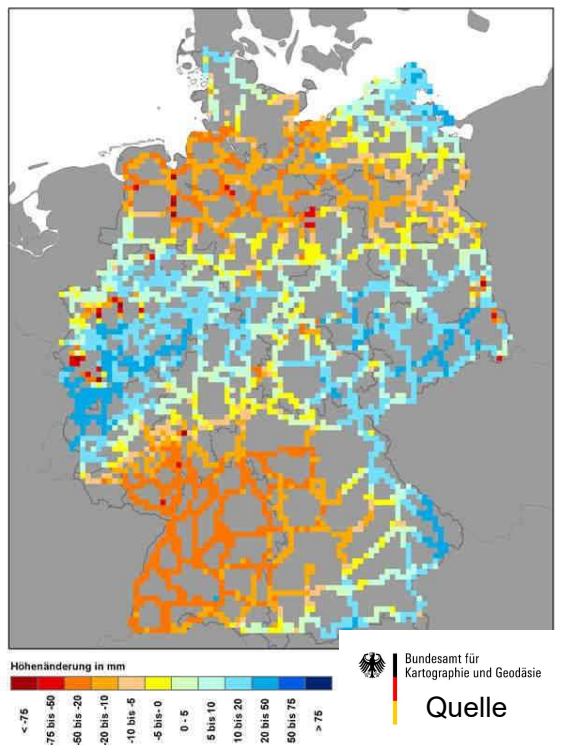
1. Das AdV-Plenum erkennt den Bedarf einer wissenschaftlichen Auswertung der Daten und Ergebnisse der Messkampagnen zum Raumbezug 2016 und der Ergebnisse des DHHN1992 an.

2. Das Plenum spricht sich dafür aus, die Daten für wissenschaftliche Auswertungen auf Basis einer Gegenseitigkeit entgeltleistungsfrei im Rahmen einer Nutzungsvereinbarung bereitzustellen.

3. ... Nutzungsvereinbarung ... adressiert, dass die Daten ausschließlich für wissenschaftliche Arbeiten verwendet werden ...

...

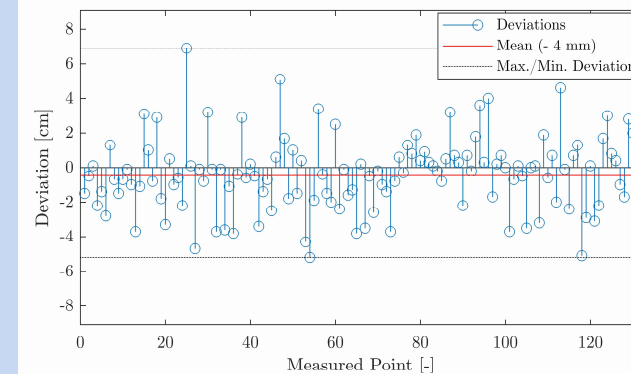
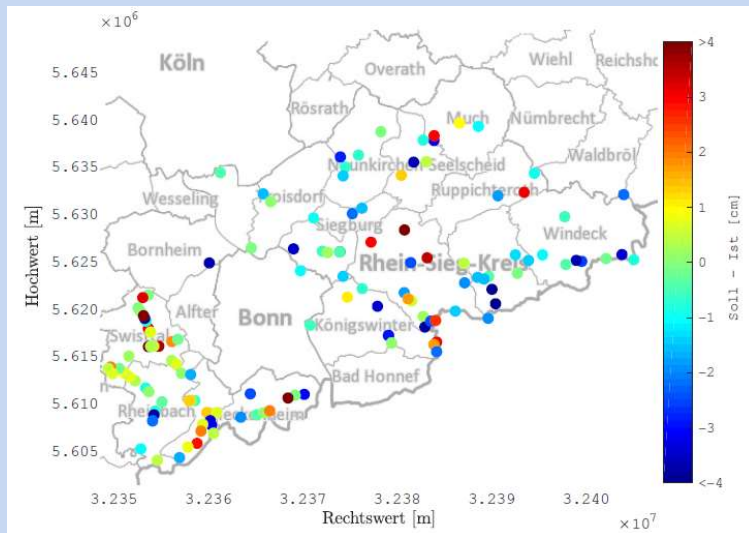
20





Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Winter, V.: „Eine Untersuchung zur praktischen Genauigkeit der Höhenbestimmung mittels SAPOS (GNSS) nach Einführung des GCG2016 als Komponente des integrierten geodätischen Raumbezug 2016“ (Bachelorarbeit Uni Bonn, 08.06.2017)



oben: IST-SOLL-Abweichungen auf 131 HFP:
Max. +6,9 cm, Min -5,2 cm
Mittel der Verbesserungen -0,4 cm
Standardabweichung Einzelmessung: 2,2 cm



Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Integrierter geodätischer Raumbezug

DHHN2016

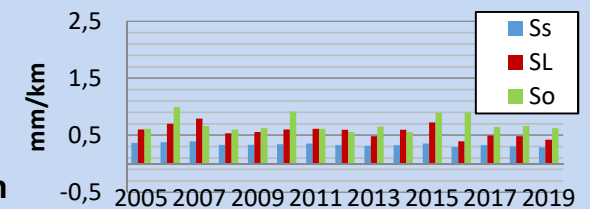
Als alte „Nivellementsweisheit“ gilt: $S_S < S_L < S_{SL} < S_0$

S_S = Standardabweichung aus Streckenwidersprüchen

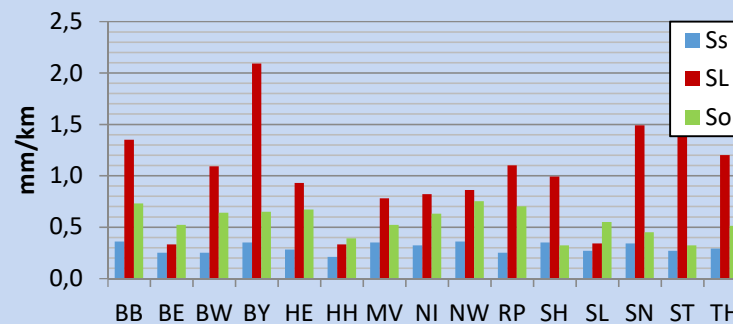
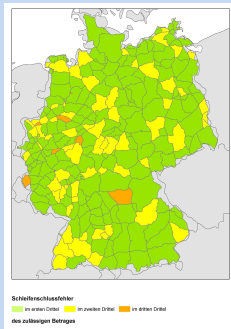
S_L = Standardabweichung aus Linienwidersprüchen

S_{SL} = Standardabweichung aus Schleifenwidersprüchen

S_0 = Standardabweichung aus dem Netz



Bsp: Leitnivellement NRW



Forschungsbedarf!

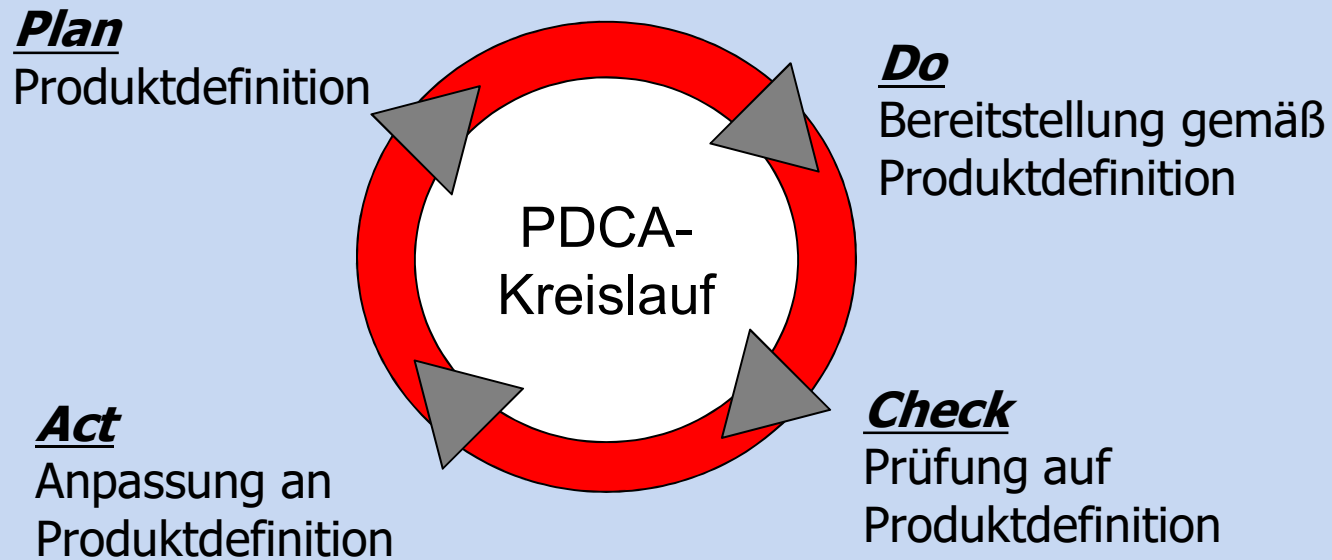
Datenbasis: Statistische Angaben und Vergleich verschiedener Fehlerarten (Tab. 5.6, AdV 2018: Dokumentation: „Die Erneuerung des Deutschen Haupthöhennetzes und der einheitliche integrierte geodätische Raumbezug 2016“ und Anlagen); **Landmann (2021)**



Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Integrierter geodätischer Raumbezug

Produktsicht und Qualitätsmanagement

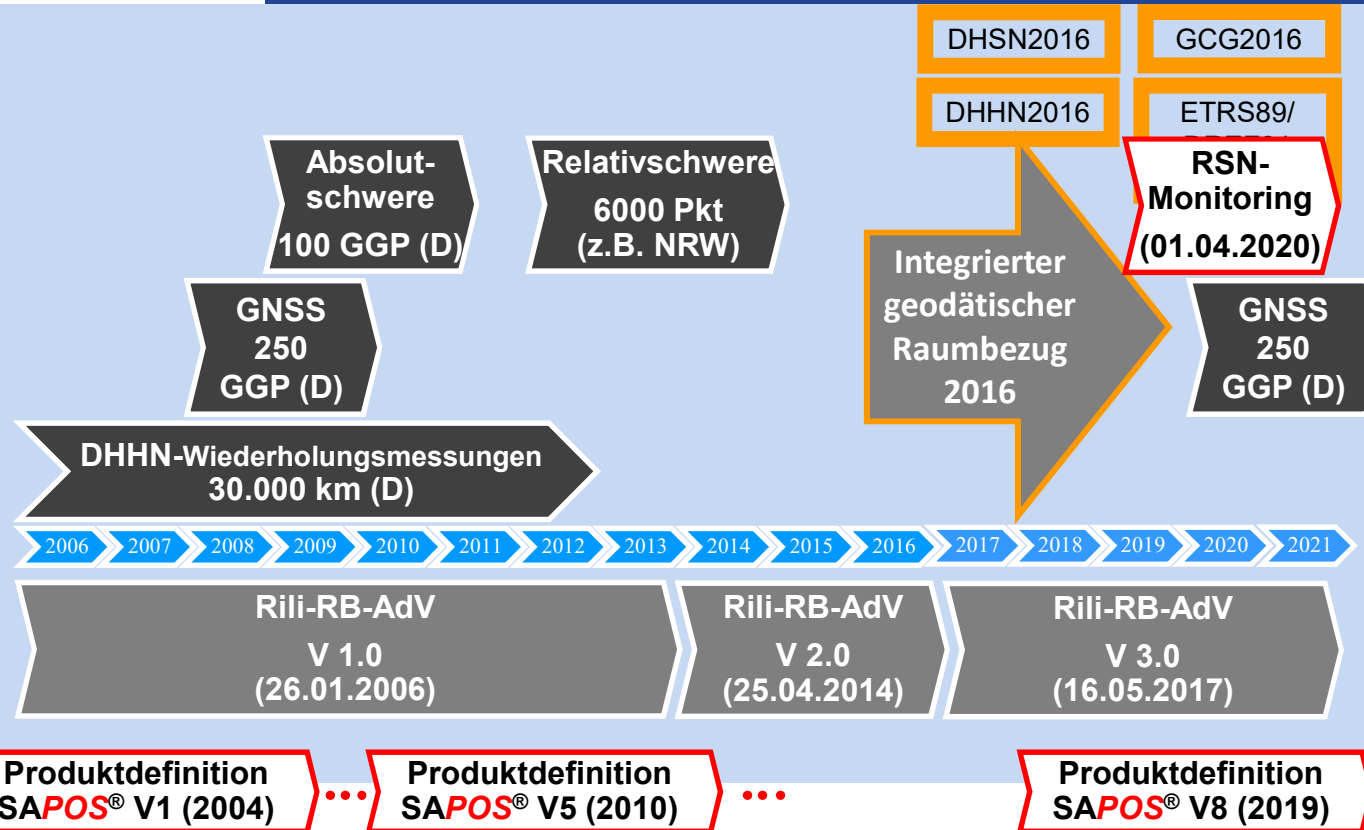




Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Integrierter geodätischer Raumbezug

Produktsicht und Qualitätsmanagement






Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland


NRW: Integrierter Raumbezug 2016


**RSN-
Monitoring
(01.04.2020)**



**GNSS
250
GGP (D)**



Geodätische Grundnetzpunkte (52)
mit folgenden funktionalen Eigenschaften (nach
Nr. 2.1 der RI. einh. integr. geod. Raumbezug):


 Lagefestpunkt/RSP (27) des
Satellitenpositionierungsdienstes

 Lagefestpunkt (25) der
GNSS-Kampagne 2008

 Höhenfestpunkt des DHHN 2016

  Schwerfestpunkt
(absolut, zentr./exzentr.)

  Schwerfestpunkt
(relativ, zentr./exzentr.)

 Verdachtsgebiete aktueller
vertikaler Bodenbewegungen





Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

GNSS-Kampagne 2021 & RSN-Monitoring

**RSN-
Monitoring
(01.04.2020)**

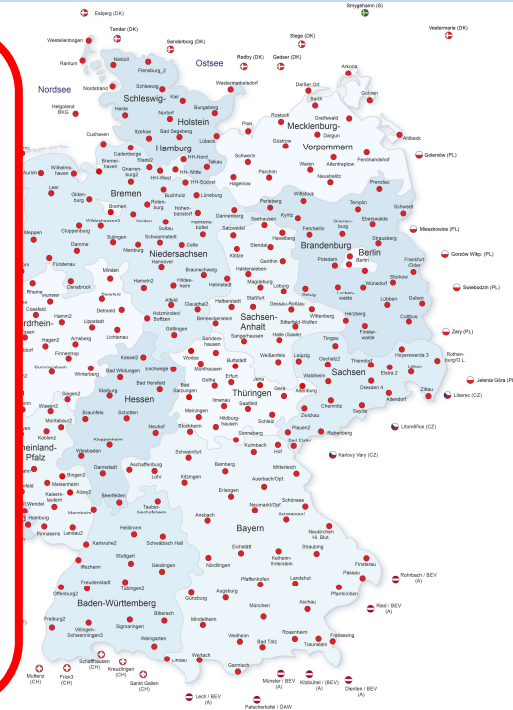
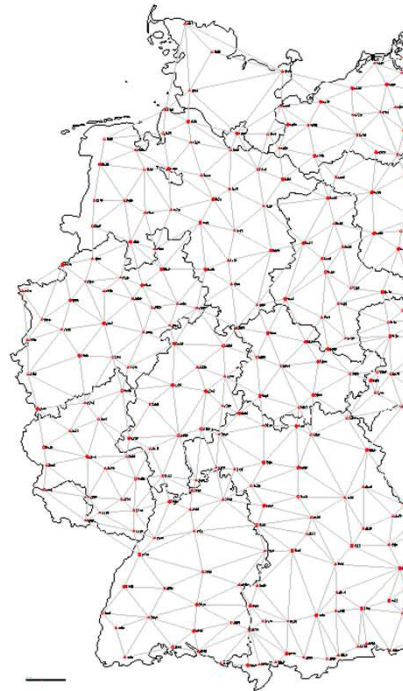
**GNSS
250
GGP (D)**

→
**Integration
der Netze
+
kontinuierliches
Monitoring**

**+ SAPOS
Bodenstationen**

→
**These: GGP wird
in der Funktion
als Träger des
Raumbezugs
obsolet**

→
**These: künftig
„keine“
terrestrischen
Kampagnen**



Stand: April 2020



Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Kritische Infrastruktur: SAPOS®

Dienste, Interoperabilität und Standards

Real time

EPS

0,3-0,8 m

Bereitstellung
über Internet

Format RTCM

HEPS

1-2 cm

Bereitstellung über
Internet und GSM

Format RTCM

Gebühren / open
data

Post Processing

GPPS

< 1 cm

Bereitstellung über
Webserver

Format RINEX

Gebühren / open
data

EPS: Echtzeit-Positionierungs-Service
HEPS: **Hochpräziser Echtzeit-Positionierungs-Service**
GPPS: Geodätischer Postprocessing Positionierungs-Service



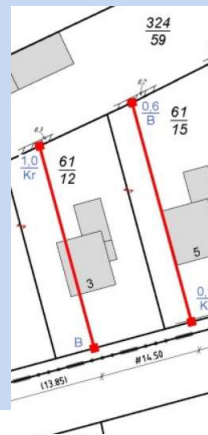
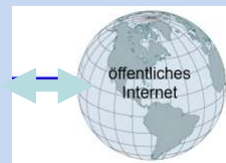
Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Kritische Infrastruktur: SAPOS® Dienste, Interoperabilität und Standards

Seit 2003 Grundlage für
Liegenschaftsvermessungen
Positionspapier AdV / BDVI, 2005

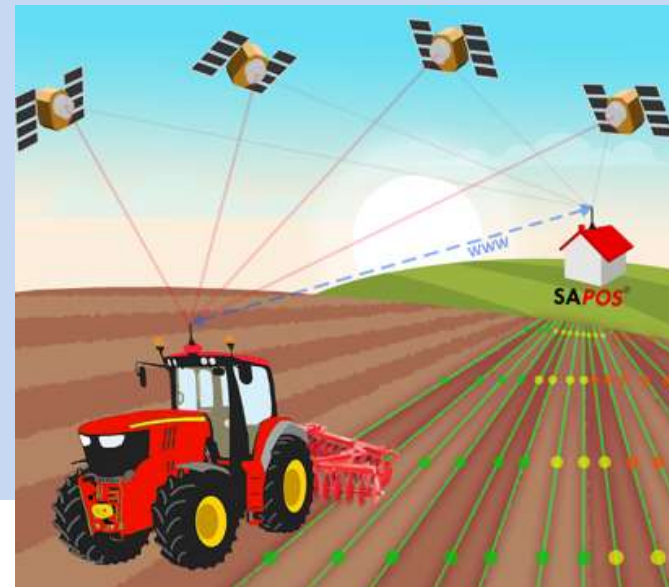


Dr.-Ing. Jens Necken



Agrarministerkonferenz
31.03.2017, Hannover

Top 15 Zukunftsfähige Landwirtschaft –
Innovation und Digitalisierung stärken



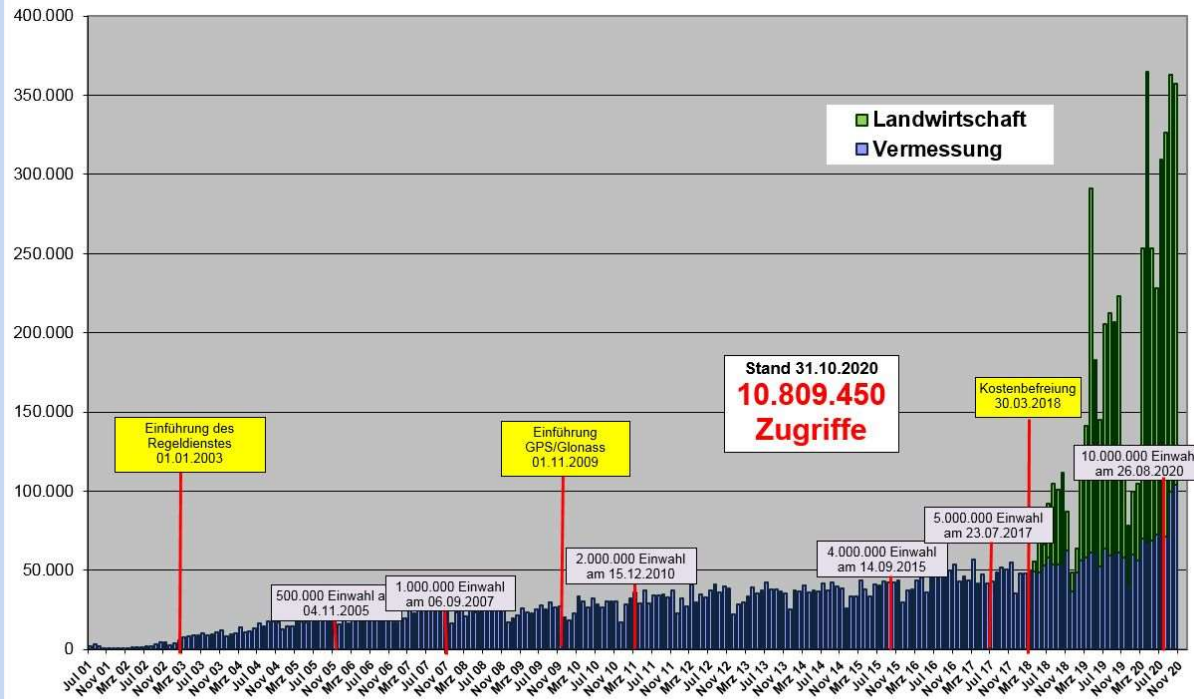
- Bedarf: SAPOS® unter open data als Baustein für „Smart Farming“



Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Kritische Infrastruktur: SAPOS®

Dienste, Interoperabilität und Standards



Nutzung HEPS - Beispiel NRW aktuell

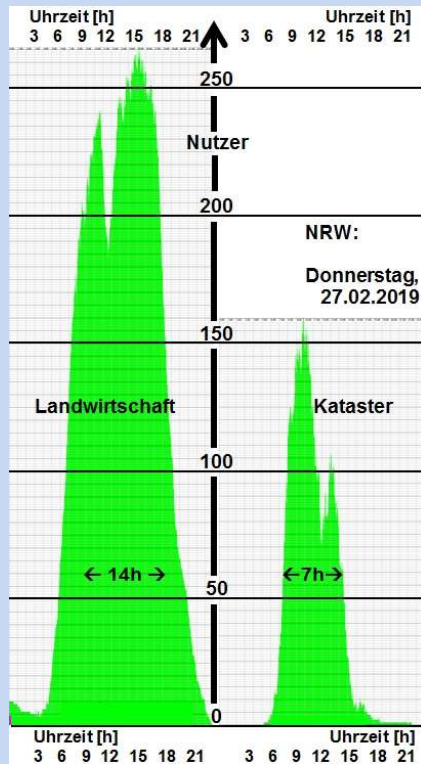
2/3 der Nutzung durch
die Landwirtschaft

nur noch 1/3 für
Katastervermessung

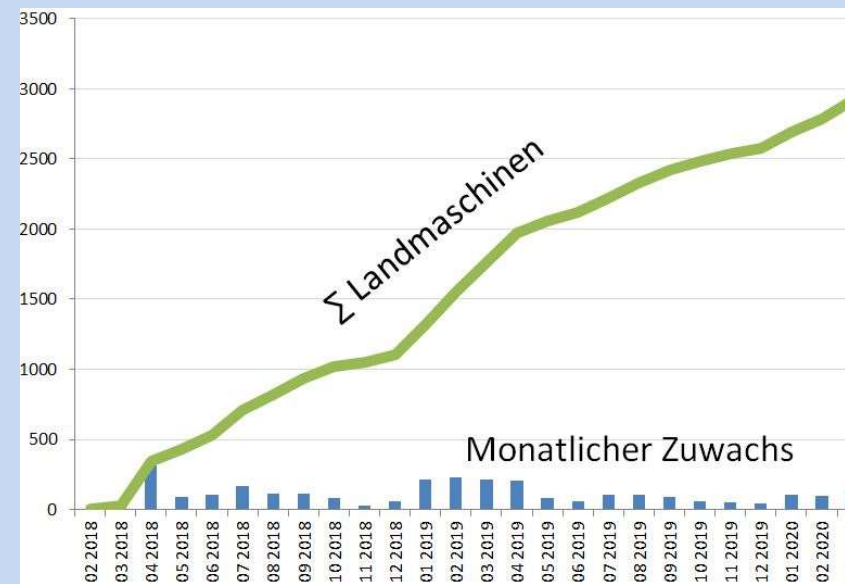


Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Kritische Infrastruktur: SAPOS® Dienste, Interoperabilität und Standards



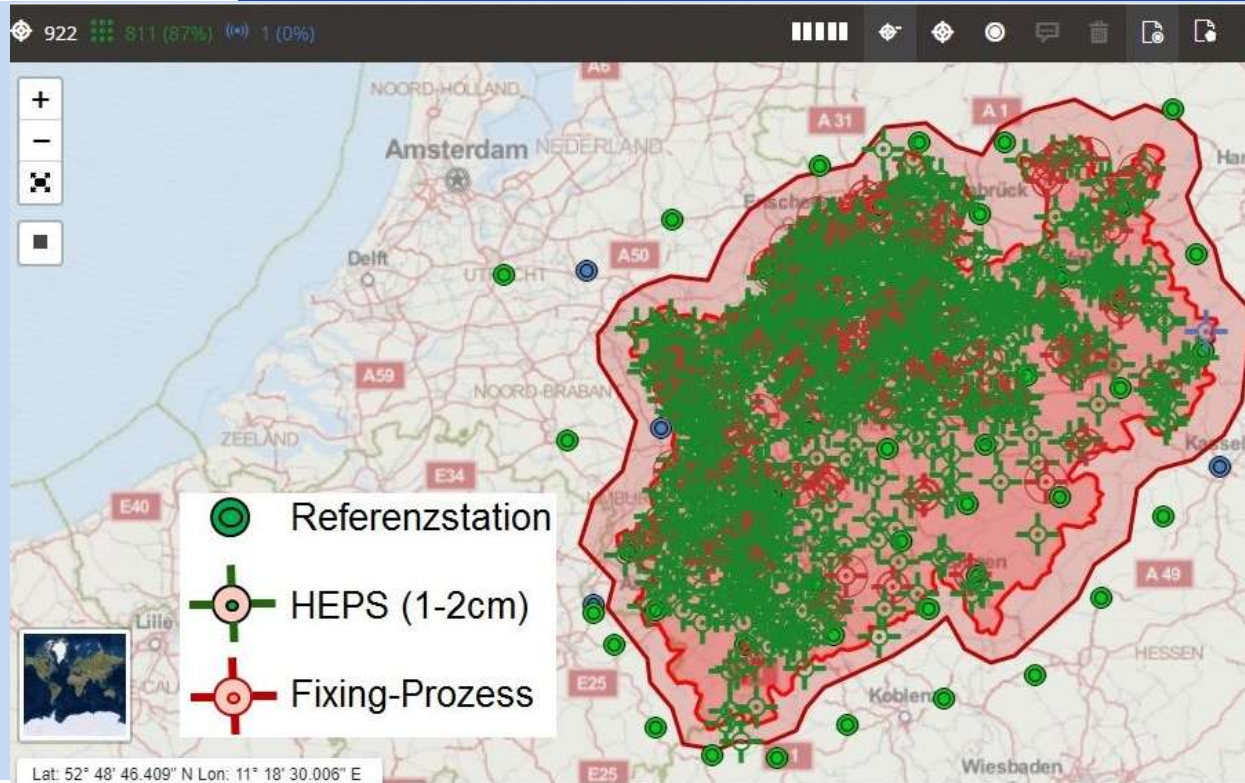
Nutzung HEPS - Beispiel NRW aktuell





Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

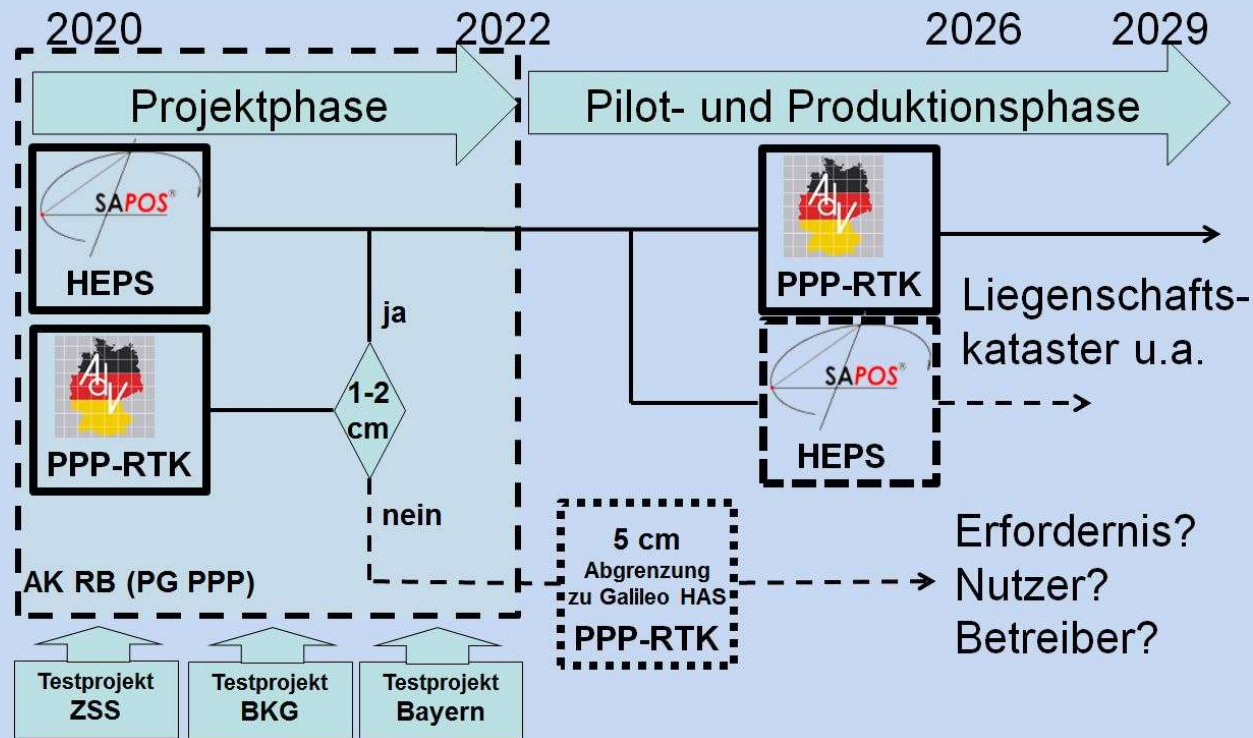
Kritische Infrastruktur: SAPOS® Dienste, Interoperabilität und Standards





Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Ein neuer Satellitenpositionierungsdienst für Deutschland „PPP-RTK“





Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Ein neuer Satellitenpositionierungsdienst für Deutschland „PPP-RTK“

Prognose nach 2022

SAPOS und GREF – Referenzstationen



PPP-RTK-Dienst

redundant

Staatliche Infrastruktur

Bund-Länder-Kooperation

Broadcast-
Kommunikation

Internet (Ntrip),
DAB+ , etc.

redundant + open data

Nutzer

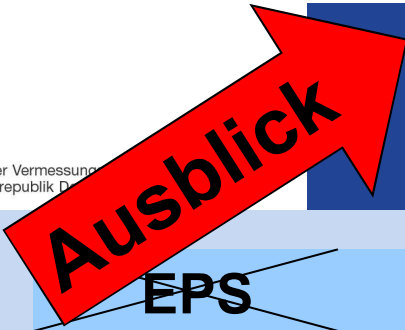
Zukunftstechnologie im „Massenmarkt“ der
präzisen Navigationsanwendungen
(Autonomes Fahren, Precision Farming,
Fahrassistenzsysteme in der
Binnenschifffahrt,...)

PPP-RTK-
fähiger
Rover

und/oder SSR-to-OSR-
Konverter / Rover



Arbeitsgemeinschaft der Vermessungs-
der Länder der Bundesrepublik D



Ein neuer Satellitenpositionierungsdienst für Deutschland „PPP-RTK“

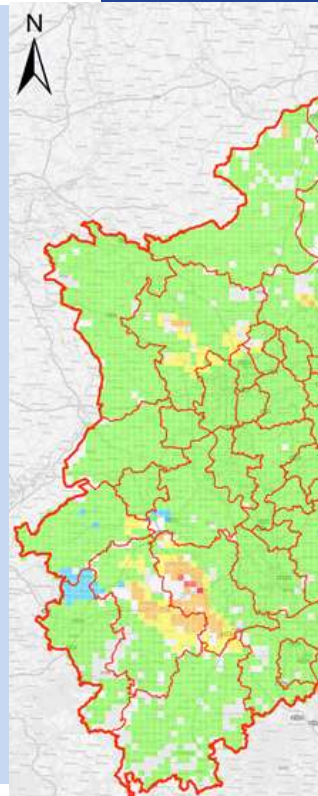
| EPS | Real time | | Post Processing |
|--|---|--|--|
| Galileo High Accuracy Service HAS 0,2 m Broadcast ab 2020 | HEPS 1-2 cm Bereitstellung über Internet Format RTCM <i>open data</i> | PPP-RTK 1-2 cm Bereitstellung über Internet / DAB+ Format ??? <i>open data</i> | GPPS < 1 cm Bereitstellung über Webserver Format RINEX Gebühren / open data |

HEPS: Hochpräziser Echtzeit-Positionierungs-Service
PPP-RTK: cm-Genauigkeit, kurze Konvergenzzeiten, Broadcast
GPPS: Geodätischer Postprocessing Positionierungs-Service



Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Messtechnik für eine kritische Infrastruktur Radarinterferometrie → Bodenbewegungskataster



Untersuchungen
zeitlicher Änderungen

Geodätische Forschung

Interdisziplinäre
Geo-Forschung

Integration in andere
Forschungs- und
Entwicklungsthemen

Integration von Messverfahren

Geo-Monitoring

Dr.-Ing. Jens Riecken

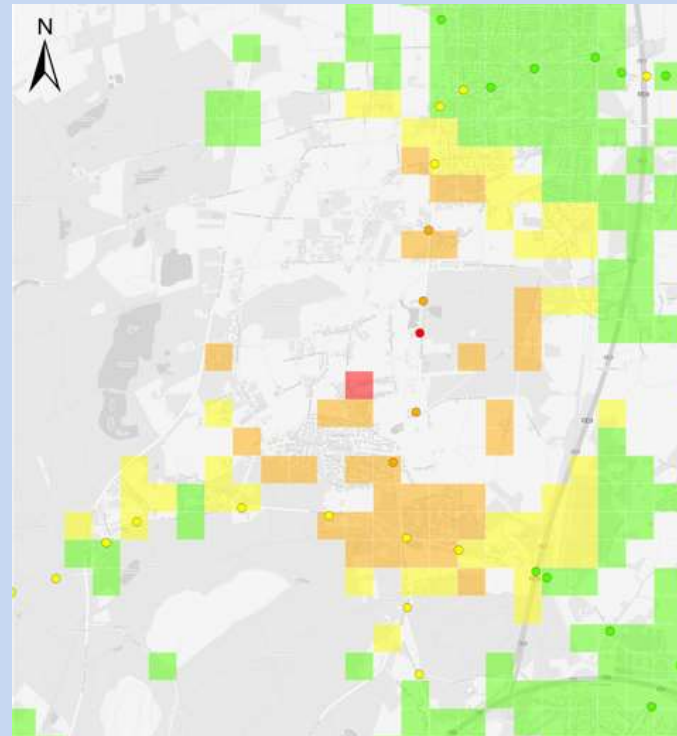


Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

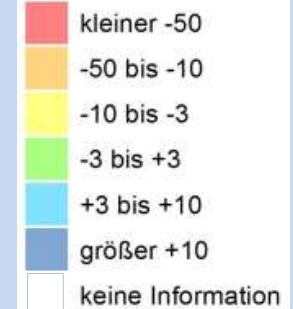
Messtechnik für eine kritische Infrastruktur Radarinterferometrie → Bodenbewegungskataster

Radarinterferometrie (InSAR) vrs. Nivellement

- ✓ **bekannte Bodenbewegungsgebiete
deutlich erkennbar**
- ✓ **sehr gute Übereinstimmung
mit Leitnivellement**
- ✓ **räumliche und zeitliche Verdichtung
der Höheninformationen**
- ✓ **hohes wirtschaftliches Potenzial**



[mm/a]



■ InSAR
○ Nivellement



Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Messtechnik für eine kritische Infrastruktur Radarinterferometrie → Bodenbewegungskataster

| Bodenbewegungs- gebiete (BBG) | Kacheln [100%] | Leitnivelement | | Radarinterferometrie | |
|-------------------------------------|-------------------|----------------|-------------|----------------------|--------------|
| | | Absolut | Relativ [%] | Absolut | Relativ [%] |
| Ibbenbüren | 632 | 80 | 12,7% | 401 | 63,4% |
| Linker Niederrhein | 5.194 | 389 | 7,5% | 3.170 | 61,0% |
| Rheinisches Revier | 26.927 | 2.473 | 9,2% | 11.207 | 41,6% |
| Ruhrgebiet | 7.771 | 314 | 4,0% | 5.096 | 65,6% |
| BBG gesamt | 40.343 | 3.259 | 8,1% | 19.623 | 48,6% |
| NRW gesamt | 549.539 | 6.874 | 1,3% | 233.517 | 42,5% |

← Faktor 6

← Faktor 32

- **räumliche** und **zeitliche** Verdichtung der Höheninformationen
(Vergleich der Beobachtungsdichte auf Basis der Kacheln)

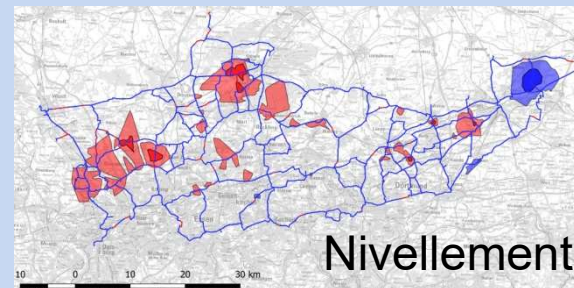


Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Messtechnik für eine kritische Infrastruktur Radarinterferometrie → Anwendungen

Beispiele:

1. Landesvermessung (interne Prozesse)
2. **Bodenbewegungskataster NRW:
Integrales Monitoring „Nachbergbau“
+ staatliche Transparenz (Open Data)**
3. Infrastrukturüberwachung





Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Messtechnik für eine kritische Infrastruktur Integration verschiedener Messtechniken

Lidar

GNSS

NIV

Gravi

InSAR

„Methodenmix“

Landesvermessung NRW: integriertes Erhebungskonzept

- **Räumliche und zeitliche Abstimmung der Erhebungsmethoden ab 2020**
- **Kombination verschiedener Beobachtungsmethoden mittels integrativem Ansatz**
- **Sukzessive „Ausdünnung“ des Leitnivellements auf 5 Jahre bei gleichzeitiger räumlicher und zeitlicher Verdichtung durch das radarinterferometrische Monitoring**
- **Wirtschaftliche Vorteile als Folge der Ausdünnung des Leitnivellements**



Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Referenzen

AdV (2017): „Richtlinie für den einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland“, Version 3.0, <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Integrierter-geodaetischer-Raumbezug/>

AdV (2018): Dokumentation: „Die Erneuerung des Deutschen Haupthöhennetzes und der einheitliche integrierte geodätische Raumbezug 2016“ und Anlagen, <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Integrierter-geodaetischer-Raumbezug/>

DVW (2019): Standpunkt „DiGEOtalisierung“, <https://www.dvw.de/veroeffentlichungen/standpunkte/1045-digeotalisierung>

Krickel, B., Kurtenbach, E., Riecken, J.: „Neuer Raumbezug 2016 für NRW“, NÖV NRW, 02/2016

Landmann: „Das deutsche Haupthöhennetz 2016 - Eine Bewertung aus Sicht des Nivelleurs“, avn 2021, eingereicht

Riecken, J.; Kurtenbach, E.: „Der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung – SAPOS“, zfv 5/2017

Riecken, J; Krickel, B.; Gefeller, V.; Reifenrath, P.: „Nutzung der Radarinterferometrie im geodätischen Raumbezug“, zfv 6/2019

Riecken, J; Becker, P.: „Ein neuer Satellitenpositionierungsdienst für Deutschland“, zfv 4/2020