SAPOS®
Satellitenpositionierungsdienst
der deutschen Landesvermessung

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

SAPOS®-Qualitätsbericht 2022 der Projektgruppe SAPOS®-Qualitätsmanagement

Inhalt

1 Vorbemerkung 2
2 AdV-Dokumente zum SAPOS®-Qualitätsmanagement 2
2.1 Produktdefinition SAPOS® 2
2.2 Bestandsaufnahme SAPOS® 2
3 SAPOS®-Statistiken 3
3.1 Multipath der SAPOS®-Referenzstationspunkte 3
3.2 Monitoring des Referenzstationsnetzes (RSN) 3
3.3 Verfügbarkeit der RINEX-Daten 3
3.4 Verfügbarkeit der Datenströme an der Zentralen Stelle SAPOS® 5
3.5 Qualität des SAPOS® HEPS (Lösungsstatus und TTFA) 5
3.6 Nutzung des SAPOS® HEPS 7
3.7 Genauigkeit des SAPOS® HEPS anhand der RTK-Monitorstationen 8

1 Vorbemerkung

Unter AdV-Online

http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Integrierter-geodaetischer-Raumbezug/SAPOS/

werden neben weiteren Dokumenten zum Satellitenpositionierungsdienst SA*POS*® die folgenden von der Projektgruppe SA*POS*®-Qualitätsmanagement erstellten Dokumente veröffentlicht:

- Produktdefinition SA*POS*®
- Bestandsaufnahme SA*POS*®
- SA*POS*®-Qualitätsbericht

Die in Abbildung 1 aufgeführten Bundesländer stellen SA*POS*®-Dienste kostenfrei bereit.

Kostenfreie Bereitstellung von SA*POS*®-Diensten
Stand: Januar 2022

kostenfrei
nicht kostenfrei

Bundesland	kostenfrei seit
BE	01.11.2015
TH	01.01.2017
NW	30.03.2018
HE	01.01.2019
SN	01.09.2019
NI + HB	01.10.2019
BB	01.01.2020
BW	01.03.2020
HH	01.01.2022

Abb. 1: kostenfreie Bereitstellung von SA*POS*®-Diensten in den Bundesländern

2 AdV-Dokumente zum SA*POS*®-Qualitätsmanagement

2.1 Produktdefinition SA*POS*®

Die Produktdefinition SA*POS*® liegt mit Stand 31. März 2022 (Version 8.1) vor.

2.2 Bestandsaufnahme SA*POS*®

Die Bestandsaufnahme SA*POS*® liegt zum Stichtag 1. Januar 2022 vor.

Alle SA*POS*®-Betreiberländer nehmen an einer detaillierten jährlichen Erhebung zum Betrieb und zur Ausgestaltung der SA*POS*®-Dienste teil. In regelmäßigen Abständen werden die SA*POS*®-Dienste auf Kompatibilität zur Produktdefinition SA*POS*® überprüft.

Damit wird die Aktualität und Qualität der SA*POS*®-Dienste gesichert und die flächendeckende Interoperabilität zu den Endgeräten garantiert. Die gewonnenen Erkenntnisse sind Grundlage für ein aktives SA*POS*®-Qualitätsmanagement.

3 SA*POS*®-Statistiken

Zur Qualitätssicherung führen die SA*POS*®-Betreiberländer regelmäßige Untersuchungen durch, die zentral gesammelt und ausgewertet werden.

3.1 Multipath der SA*POS*®-Referenzstationspunkte

Die Multipathverhältnisse (Mehrwegeverhältnisse) der Referenzstationspunkte werden nach gleichen Kriterien untersucht. Die Intensität der Mehrwegeeffekte kann numerisch erfasst und stationsweise verglichen werden.

Für das Jahr 2021 wurden an insgesamt 259 SA*POS*®-Referenzstationen im Bundesgebiet Multipath-Effekte untersucht. Das stabile Bild der Untersuchungen in den vergangenen Jahren wurde erneut bestätigt. Insgesamt ergaben sich nur geringe Veränderungen, was die generell gute Standortwahl der SA*POS*®-Referenzstationen belegt.

3.2 Monitoring des Referenzstationsnetzes (RSN)

Am 1. April 2020 ist der Produktionsbetrieb des RSN-Monitoring gemäß der Technischen Richtlinie RSN-Monitoring gestartet. Das SA*POS*®-Koordinatenmonitoring wurde damit abgelöst.

Das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) und das Bundesland Niedersachsen führen als Kombinationsrechenstellen die zwangsfreien Wochenlösungen der Länder und des BKG zu bundesweit einheitlichen Wochenlösungen zusammen und erstellen die bundesweiten Zeitreihenanalysen.

Das Bundesland Baden-Württemberg validiert und finalisiert als statistikführende Stelle für das RSN-Monitoring die Ergebnisse der beiden Kombinationsrechenstellen.

3.3 Verfügbarkeit der RINEX-Daten

Der SA*POS*®-Dienst GPPS zeichnet sich durch eine erhöhte Genauigkeit aus. Durch die reine Aufzeichnung der Beobachtungsdaten ist eine Kommunikationsverbindung, wie bei HEPS, nicht notwendig. Insbesondere für die Bereitstellung sowie langfristige Untersuchung des Bezugssystems werden RINEX-Daten in den Ländern dauerhaft vorgehalten.

Aus den Vorgaben des Lenkungsausschusses Geobasis an die Zentrale Stelle SA*POS*® resultiert für die RINEX-Daten eine vereinbarte Verfügbarkeitsquote von 98,5 %. Gemäß der Produktdefinition SA*POS*® wird als Ziel die dauerhafte Datenbereitstellung ganzjährig und rund um die Uhr angestrebt.

Im Jahr 2021 war eine bundesweit durchschnittliche Verfügbarkeit von 98,58 % zu verzeichnen. Damit wurde die Verfügbarkeitsquote erfüllt.

Im Vergleich zum Vorjahr ist in 2021 die Anzahl der Stationen mit einer Verfügbarkeit von RINEX-Daten unter 98,5 % von 12 auf 22 gestiegen (Abb. 2). Weitere 5 Stationen lagen bei einem Wert unter 99 %. Jedoch wiesen 241 Stationen eine Verfügbarkeit von mehr als 99,5 % auf. 70 Stationen erreichten die maximale Verfügbarkeit von 100 %.

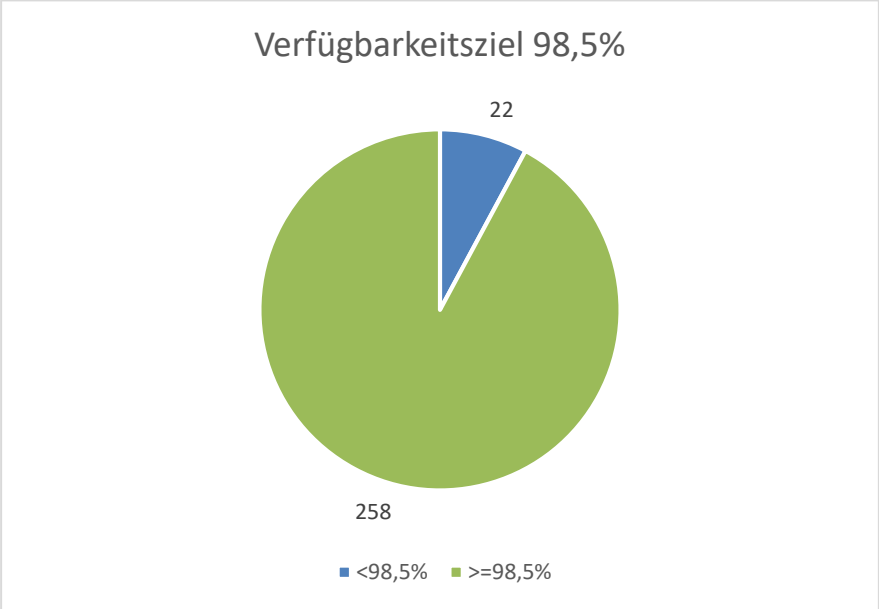

Abb. 2: Anzahl der Stationen, die das Verfügbarkeitsziel im Jahr 2021 erreichten

Seit 2009 ist eine Verfügbarkeit von mehr als 98,5 % auf Bundesebene zu verzeichnen (Tab. 1). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die SA*POS*®-Infrastruktur eine gute und sichere Grundlage bietet.

Jahr	bundesweite durchschnittliche Verfügbarkeit von RINEX-Daten [%]
2009	99,61
2010	99,61
2011	99,74
2012	99,78
2013	99,73
2014	99,82
2015	99,83
2016	99,84
2017	99,30
2018	99,52
2019	99,62
2020	99,56
2021	98,58[1]

Tab. 1: Gesamtverfügbarkeit der RINEX-Daten auf Bundesebene von 2009 bis 2021

[1] Rückgang der Verfügbarkeit aufgrund von Ausfällen in einzelnen SA*POS*®-Betreiberländern.

3.4 Verfügbarkeit der Datenströme an der Zentralen Stelle SA*POS*®

Die Zentrale Stelle SA*POS*® (ZSS) ist seit vielen Jahren der zentrale Ansprechpartner für länderübergreifend oder bundesweit tätige Kunden (SA*POS*® HEPS und SA*POS*® GPPS) sowie für Großkunden, die die Datenströme der SA*POS*®-Referenzstationen beziehen und zum Betrieb von Korrekturdatendiensten nutzen.

Eine Kenngröße der SA*POS*®-Statistiken sind die sogenannten Länderausfälle. Ein Länderausfall liegt vor, sofern alle Referenzdatenströme eines Bundeslandes nicht am Übergabeknoten der ZSS verfügbar sind. Im Jahr 2021 traten Events auf, die zu Länderausfällen führten. Insgesamt beeinflussten unterschiedliche Faktoren die Datenverfügbarkeit der ZSS.

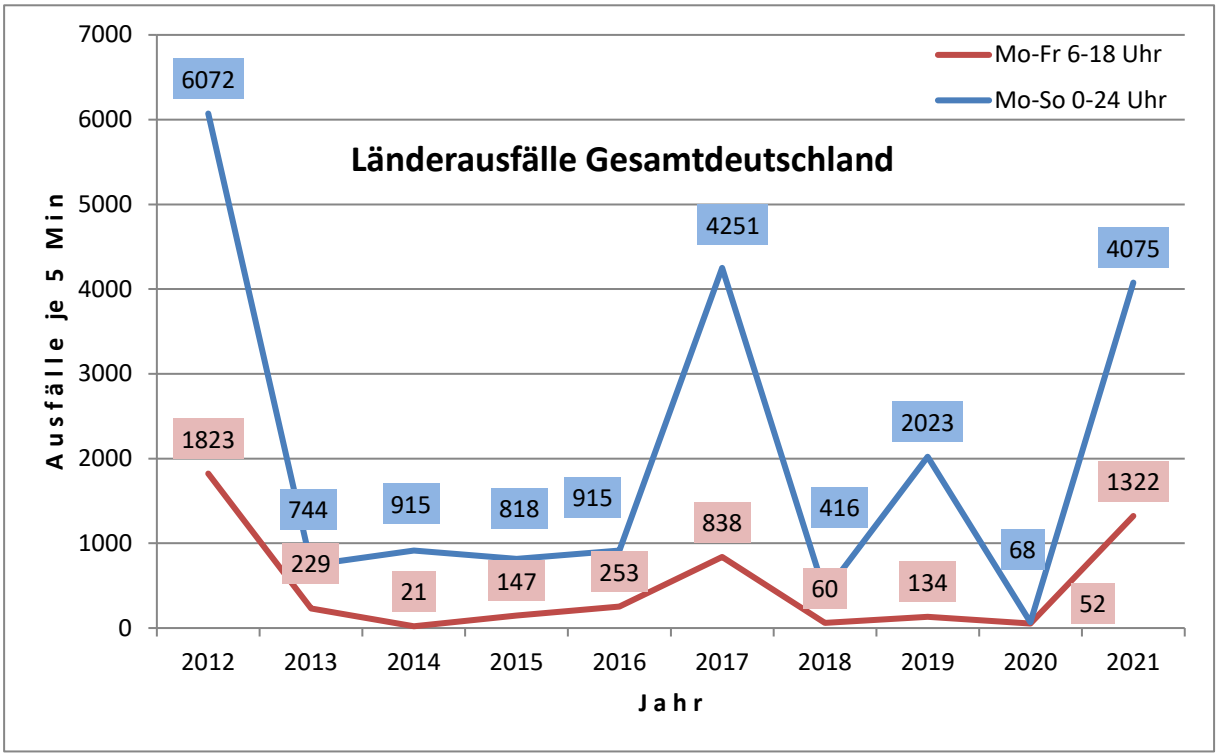

Abb. 3: Anzahl vollständiger Länderausfälle von je 5 Minuten Länge in der Bundesübersicht

Über das Ticket- und Event-System werden Systemwartungen und Ausfälle an die Nachbarländer und Großkunden kommuniziert. Bei geplanten Umbau- und Wartungsmaßnahmen werden die betroffenen Nutzenden 10 Werktage vor der Maßnahme informiert.

3.5 Qualität des SA*POS*® HEPS (Lösungsstatus und TTFA)

Für die Beurteilung der Qualität des SA*POS*® HEPS werden folgende Kenngrößen herangezogen:

- Lösungsstatus 4: Anzahl der Messungen, die den NMEA-Lösungsstatus 4 (RTK fixed gemäß Lösungsstatus Trimble) erreicht haben
- TTFA: durchschnittliche Zeit bis zur Lösung der Mehrdeutigkeit in Sekunden

Der Anteil der Datenabrufe, die Lösungsstatus 4 erreichten, ging auch in 2021 weiter leicht zurück (Abb. 4). Dies ist auf einen erweiterten Nutzerkreis zurückzuführen, dessen Ziel nicht mehr in jedem Fall ein Fixing ist.

Manche Nutzende verwenden die Daten z. B. für Hard- und Softwareentwicklung oder verteilen vor Ort die Korrekturdaten über einen eigenen Ntrip-Caster weiter. Landwirtschaftliche Maschinen sind teilweise über sehr lange Zeiträume eingewählt, auch außerhalb der eigentlichen „Messung“. Die kostenfreie Datenabgabe in vielen Bundesländern verstärkt die Erweiterung des Nutzerkreises.

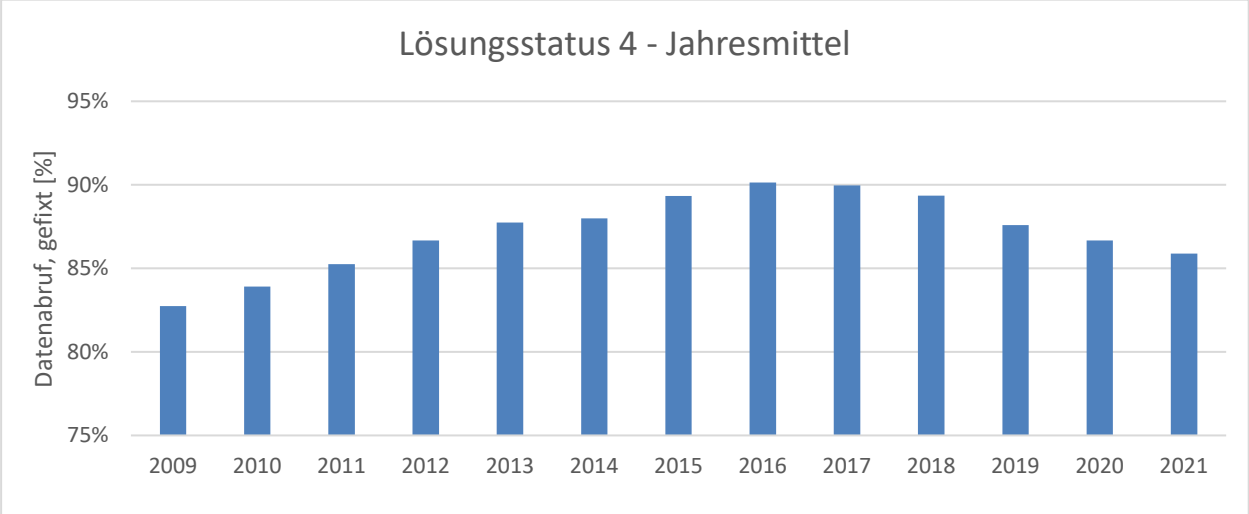

Abb. 4: SA*POS*® HEPS Lösungsstatus 4, Jahresmittel über alle Bundesländer

Die durchschnittliche Fixingzeit bewegt sich weiterhin auf einem sehr guten Niveau (Abb. 5). Seit einigen Jahren liegt der Mittelwert über alle Bundesländer stabil bei 23 bis 24 Sekunden.

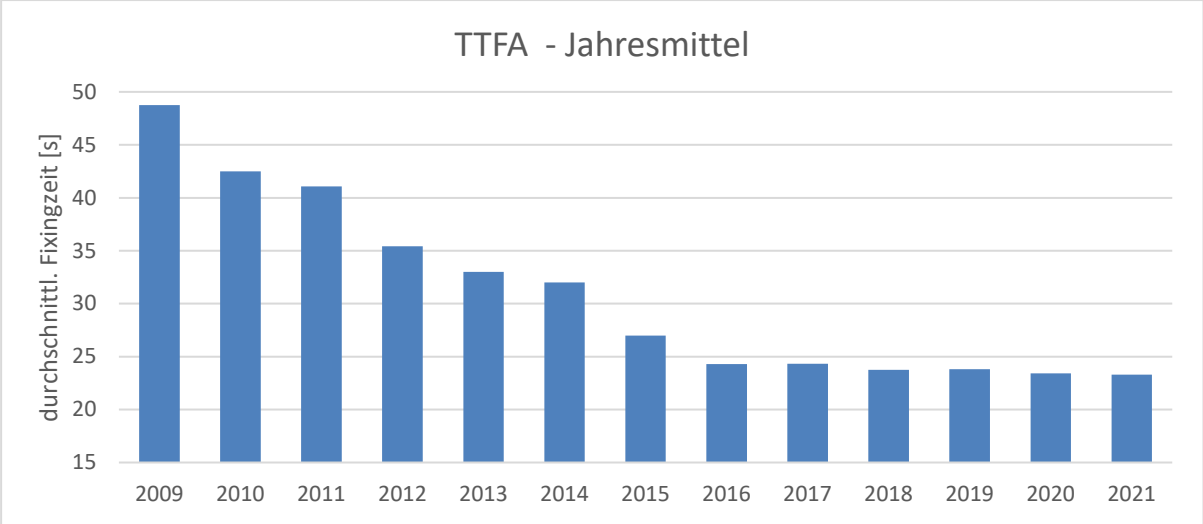

Abb. 5: SA*POS*® HEPS durchschnittliche Fixingzeit, Jahresmittel über alle Bundesländer

3.6 Nutzung des SA*POS*® HEPS

Im Jahr 2021 zeigte sich erneut eine deutliche Steigerung der SA*POS*® HEPS-Nutzung, insbesondere hervorgerufen durch die zunehmende kostenfreie Bereitstellung von SA*POS*® HEPS in den Bundesländern sowie die Erschließung neuer Nutzergruppen.

Im Vergleich zum Vorjahr stieg die Anzahl der HEPS-Zugriffe auf die Dienste der Bundesländer und der ZSS um 54,3 %.

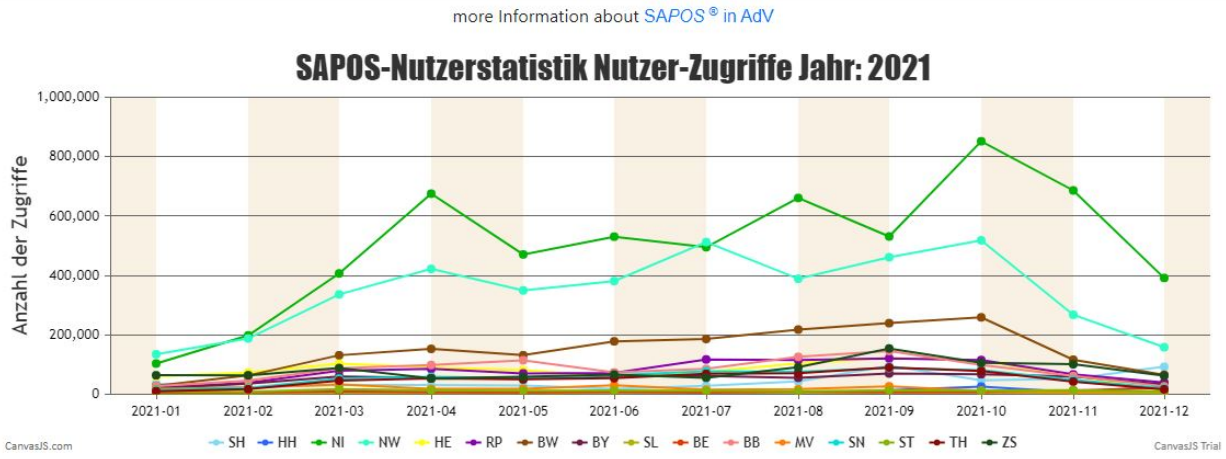

Abb. 6: Anzahl der SA*POS*® HEPS-Zugriffe auf die Dienste der Bundesländer und der ZSS in 2021

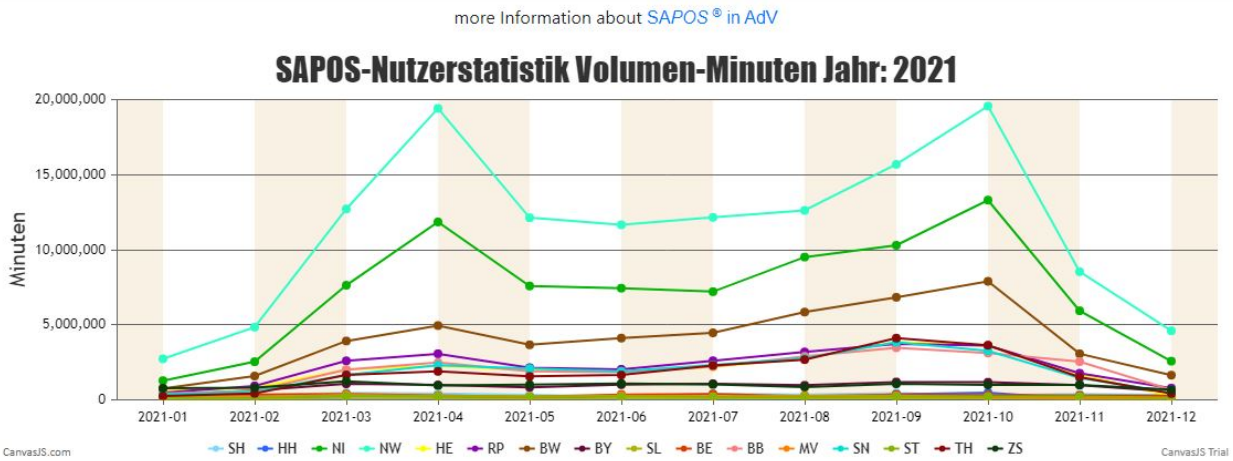

Abb. 7: Volumen (Minuten) der SA*POS*® HEPS-Zugriffe auf die Dienste der Bundesländer und der ZSS in 2021

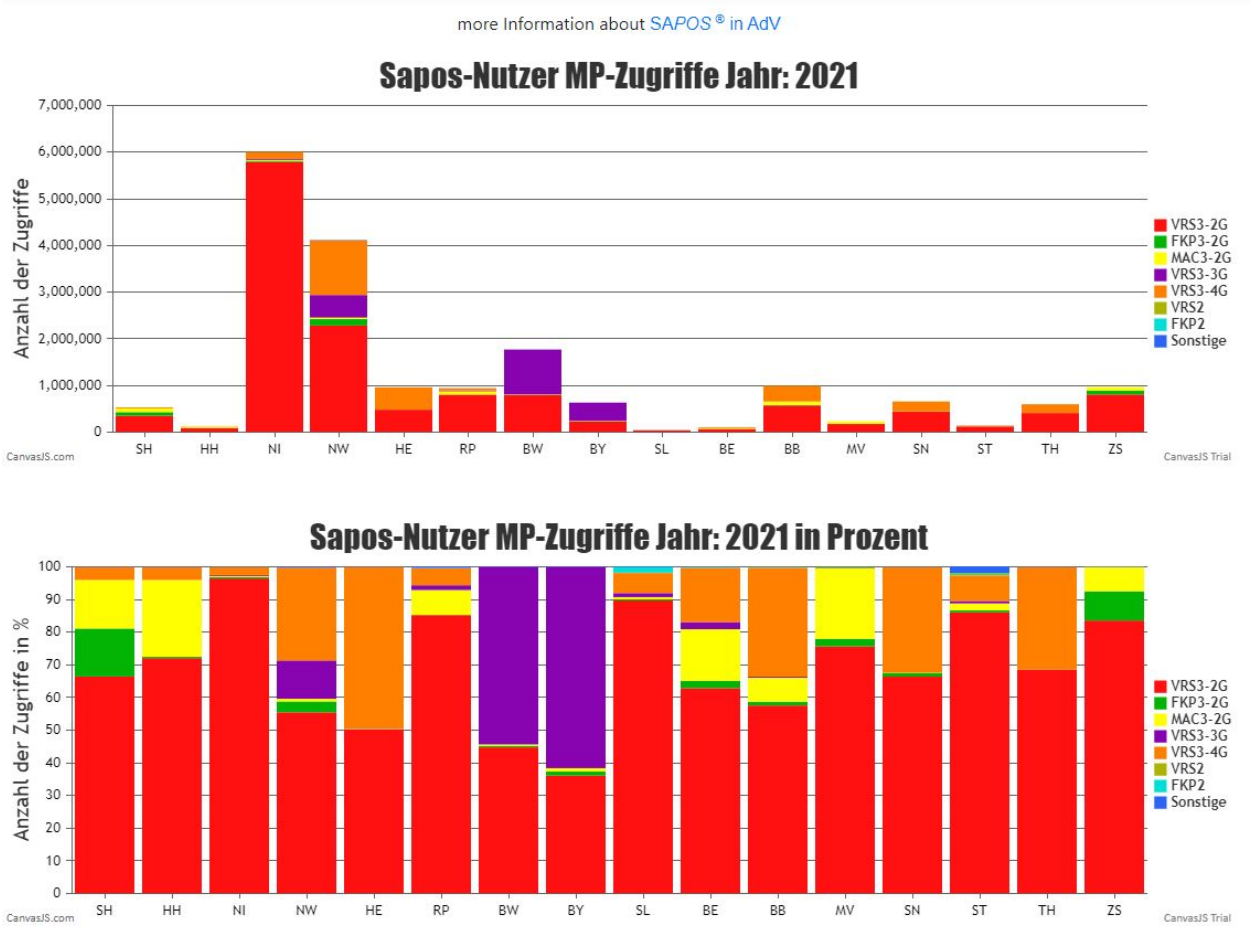

Abb. 8: Anzahl der SA*POS*® HEPS-Zugriffe unterschieden nach Mountpoints in 2021

3.7 Genauigkeit des SA*POS*® HEPS anhand der RTK-Monitorstationen

Das RTK-Monitoring als Zustandsüberwachung des HEPS befähigt die SA*POS*®-Betreiberländer, auf der Basis permanent arbeitender Monitorstationen auf Veränderungen zu reagieren und die Nutzenden zuverlässig über die Funktionalität und Leistungsfähigkeit dieses Dienstes zu informieren. Die Navigationssatellitensysteme Galileo und Beidou halten dabei zunehmend Einzug in das HEPS-Monitoring.

Die Zusammenfassung der Tagesgenauigkeiten im Jahr 2021 für Lage und Höhe zeigen die Tabellen 2 und 3 (14 Bundesländer).

Lagegenauigkeit (cm)	Tag des Monats																													Monatsmittel	Jahres-mittel	
Monat	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.			
2021-01	0,75	0,68	0,67	0,65	0,62	0,66	0,65	0,62	0,63	0,68	0,70	0,77	0,75	0,68	0,67	0,66	0,70	0,74	0,86	0,82	0,82	0,76	0,69	0,64	0,64	0,69	0,71	0,78	0,88	0,72	0,68	0,71	0,80	
2021-02	0,70	0,83	0,97	0,82	0,79	0,70	0,76	0,73	0,64	0,62	0,63	0,62	0,68	0,71	0,72	0,72	0,70	0,74	0,69	0,71	0,66	0,73	0,68	0,70	0,71	0,77	0,69	0,70				0,72		
2021-03	0,74	0,66	0,67	0,70	0,67	0,65	0,68	0,66	0,63	0,64	0,86	0,75	0,77	0,78	0,73	0,69	0,63	0,63	0,66	0,65	0,68	0,68	0,66	0,67	0,72	0,77	0,81	0,67	0,75	0,73	0,74	0,70		
2021-04	0,86	0,79	0,72	0,66	0,74	0,78	0,69	0,68	0,69	0,64	0,69	0,73	0,76	0,73	0,72	0,74	0,71	0,73	0,74	0,80	0,79	0,74	0,68	0,69	0,74	0,75	0,74	0,71	0,81	0,70		0,73		
2021-05	0,68	0,73	0,73	0,92	0,90	0,76	0,78	0,71	0,88	0,86	0,78	0,71	0,80	0,86	0,87	0,93	0,90	0,84	0,86	0,84	0,93	0,81	0,79	0,86	0,97	0,84	0,74	0,83	0,77	0,75	0,77	0,82	0,80	
2021-06	0,79	0,89	0,94	0,96	0,93	0,97	0,91	0,97	1,07	1,16	0,97	1,11	0,88	0,78	0,90	0,98	1,06	1,17	1,21	1,11	1,06	0,87	0,87	0,88	0,95	0,99	0,87	0,99	1,15	1,04		0,98		
2021-07	0,85	0,93	1,01	1,10	0,96	0,96	0,92	1,01	0,99	0,90	0,98	0,97	1,04	0,97	1,05	1,10	1,01	0,89	0,90	0,76	0,78	0,86	0,89	1,03	1,18	1,10	1,03	0,95	1,12	1,04	0,94	0,97		
2021-08	0,93	0,95	0,89	0,86	0,95	0,99	0,92	1,00	0,90	0,98	0,87	0,91	1,13	1,06	1,10	1,08	0,84	0,76	0,79	0,87	0,86	1,00	0,88	0,75	0,86	0,97	0,83	0,88	0,85	0,82	0,88	0,91		
2021-09	0,79	0,72	0,72	0,75	0,84	0,86	0,77	0,75	0,81	0,95	0,90	0,81	0,77	0,79	0,85	0,81	0,74	0,71	0,68	0,70	0,73	0,70	0,87	0,79	0,81	0,88	0,80	0,75	0,95	0,77		0,79		
2021-10	0,79	0,80	0,76	0,79	0,90	0,89	0,73	0,75	0,69	0,71	0,83	0,84	0,84	0,73	0,83	0,69	0,64	0,66	0,87	1,02	0,98	0,78	0,70	0,70	0,75	0,75	0,72	0,70	0,72	0,77	0,83	0,78		
2021-11	0,82	0,83	0,84	0,75	0,79	0,73	0,91	0,70	0,65	0,73	0,73	0,70	0,75	0,72	0,65	0,70	0,72	0,78	0,75	0,65	0,71	0,66	0,70	0,68	0,70	0,71	0,70	0,71	0,76	0,78		0,73	min	max
2021-12	0,78	0,69	0,70	0,72	0,76	0,68	0,64	0,65	0,65	0,66	0,64	0,67	0,67	0,73	0,72	0,70	0,76	0,73	0,78	0,65	0,69	0,78	0,78	0,82	0,70	0,68	0,73	0,82	0,81	0,84	0,80	0,72	0,62	1,21

Tab. 2: Tageswerte der Lagegenauigkeit im Jahr 2021 für SA*POS*® HEPS

Höhengenauigkeit (cm)	Tag des Monats																													Monatsmittel	Jahres-mittel	
Monat	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.			
2021-01	1,18	1,05	0,98	0,99	0,98	1,04	0,97	0,94	0,97	1,05	1,11	1,21	1,14	1,10	1,04	1,04	1,15	1,16	1,31	1,38	1,32	1,19	1,11	1,00	1,01	1,06	1,08	1,26	1,40	1,17	1,14	1,11	1,30	
2021-02	1,08	1,27	1,49	1,24	1,21	1,07	1,14	1,05	0,91	0,91	0,90	0,93	0,99	1,07	1,17	1,17	1,09	1,18	1,15	1,14	1,05	1,16	1,07	1,15	1,20	1,23	1,06	1,11				1,11		
2021-03	1,11	1,11	1,12	1,11	1,01	1,02	1,05	1,02	0,96	1,06	1,40	1,20	1,21	1,16	1,13	1,03	0,99	0,99	1,03	1,07	1,05	1,06	0,98	1,05	1,13	1,18	1,27	1,01	1,18	1,32	1,28	1,11		
2021-04	1,51	1,33	1,12	1,06	1,22	1,19	1,06	1,06	1,14	1,07	1,12	1,14	1,15	1,11	1,15	1,20	1,11	1,14	1,22	1,33	1,36	1,17	1,11	1,13	1,15	1,15	1,19	1,23	1,34	1,13		1,18		
2021-05	1,13	1,16	1,19	1,52	1,44	1,21	1,26	1,12	1,45	1,39	1,30	1,14	1,33	1,43	1,45	1,54	1,38	1,37	1,41	1,34	1,52	1,27	1,26	1,42	1,51	1,31	1,27	1,35	1,28	1,32	1,34	1,34		
2021-06	1,39	1,64	1,60	1,68	1,54	1,58	1,59	1,62	1,74	2,01	1,64	1,81	1,42	1,34	1,67	1,70	1,79	1,93	2,00	2,03	1,81	1,43	1,43	1,47	1,68	1,62	1,37	1,72	1,90	1,73		1,66		
2021-07	1,40	1,63	1,66	1,82	1,65	1,75	1,55	1,76	1,57	1,51	1,59	1,61	1,70	1,60	1,69	1,77	1,87	1,60	1,49	1,30	1,27	1,50	1,54	1,73	1,88	1,84	1,62	1,64	1,78	1,72	1,51	1,63		
2021-08	1,48	1,59	1,48	1,45	1,51	1,61	1,55	1,65	1,59	1,68	1,45	1,49	1,99	1,91	1,94	1,88	1,32	1,26	1,38	1,45	1,45	1,66	1,53	1,21	1,51	1,59	1,24	1,39	1,31	1,28	1,38	1,52		
2021-09	1,29	1,17	1,23	1,36	1,67	1,57	1,36	1,29	1,35	1,53	1,50	1,35	1,29	1,32	1,41	1,38	1,20	1,18	1,12	1,13	1,19	1,16	1,50	1,31	1,43	1,50	1,37	1,30	1,60	1,24		1,34		
2021-10	1,34	1,35	1,27	1,32	1,54	1,36	1,11	1,19	1,09	1,11	1,42	1,36	1,30	1,08	1,32	1,03	1,00	1,08	1,53	1,67	1,64	1,21	1,11	1,07	1,28	1,25	1,19	1,15	1,21	1,28	1,36	1,27		
2021-11	1,38	1,34	1,33	1,14	1,21	1,17	1,42	1,06	1,08	1,20	1,33	1,21	1,22	1,07	0,99	1,04	1,10	1,16	1,15	1,02	1,11	1,02	1,07	1,03	1,08	1,12	1,12	1,10	1,18	1,18		1,15	min	max
2021-12	1,25	1,09	1,09	1,08	1,17	1,09	0,98	1,08	0,99	1,08	0,98	1,12	1,06	1,14	1,19	1,18	1,21	1,15	1,14	0,99	1,04	1,15	1,30	1,21	1,08	1,04	1,13	1,24	1,26	1,30	1,22	1,13	0,90	2,03

Tab. 3: Tageswerte der Höhengenauigkeit im Jahr 2021 für SA*POS*® HEPS

Die mittlere Lagegenauigkeit des Jahres 2021 beträgt 8,0 mm mit einer Tagesbandbreite von 6 bis 12 mm und einer Stundenbandbreite von 5 bis 18 mm für die bundesweiten Mittel. Bei der Höhe sind es 13,0 mm für das Jahresmittel 2021 mit 9 bis 20 mm Tagesbandbreite und 7 bis 30 mm Stundenbandbreite. Damit bewegen sich die Genauigkeitskennziffern auf dem Niveau der vergangenen Jahre.

Die Analyse zeigt, dass die Lage- und Höhengenauigkeit gemäß Produktdefinition SA*POS*® im Jahr 2021 zu 100 % eingehalten wurde.

Wie schon in den vergangenen Jahren wurden folgende zeitliche Abhängigkeiten bei der Nutzung von SA*POS*® HEPS nachgewiesen:

- Im Winter sind die Genauigkeiten besser als im Sommer (jährlich periodische Schwankungen).
- Vormittags sind die Genauigkeiten besser als nachmittags, insbesondere in der Mitte des Jahres (tageszeitliche Schwankungen).

Die Tage mit den höchsten Genauigkeiten lagen 2021 im Februar. Die schlechtesten Tage waren 2021 im Juni zu verzeichnen, aber auch der Juli und August hatten überproportional viele Tage mit höheren Ungenauigkeiten.

Die Wiederholbarkeit des jahreszeitlichen Ganges der SA*POS*® HEPS-Genauigkeit zeigt die Abbildung 9.

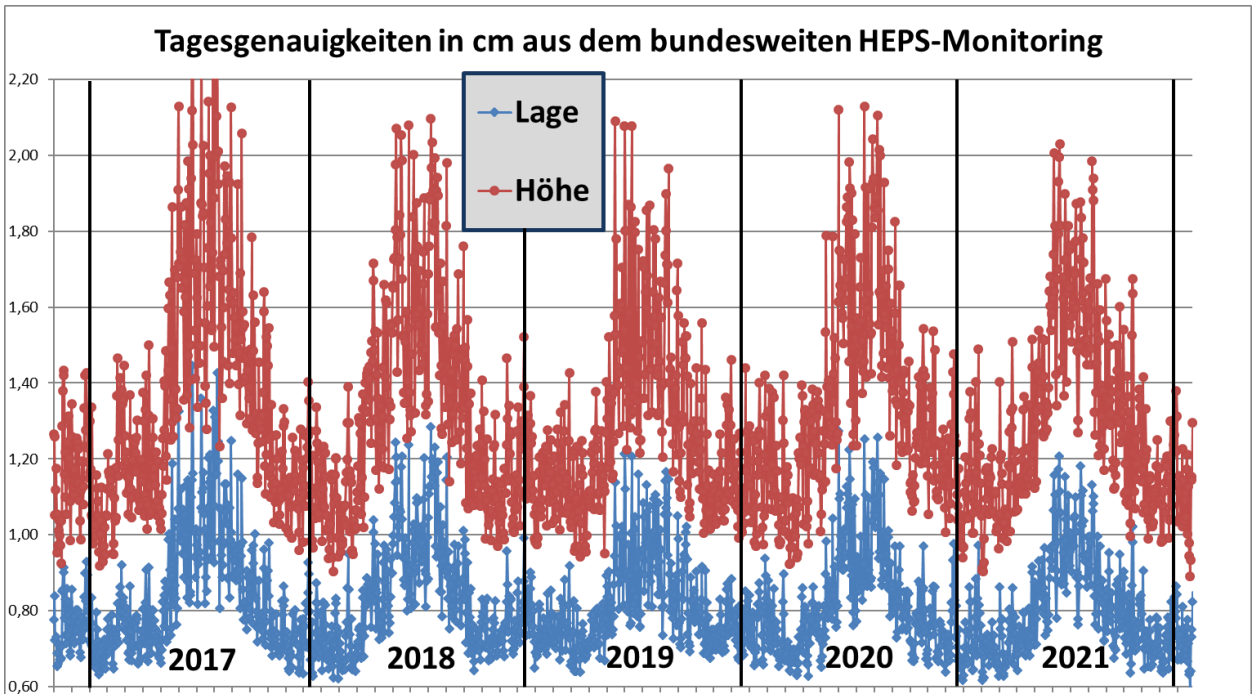

Abb. 8: 1918 Tageswerte SA*POS*® HEPS für Lage und Höhe