



Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

SAPOS®-Qualitätsbericht 2021 der Projektgruppe SAPOS®-Qualitätsmanagement

Inhalt

1	Vorbemerkung	2
2	AdV-Dokumente zum SAPOS®-Qualitätsmanagement.....	2
2.1	Produktdefinition SAPOS®.....	2
2.2	Bestandsaufnahme SAPOS®	3
3	SAPOS®-Statistiken	3
3.1	Multipath der SAPOS®-Referenzstationenpunkte	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®	4
3.5	Qualität des SAPOS® HEPS (Lösungsstatus und TTFA)	5
3.6	Nutzung des SAPOS® HEPS	8
3.7	Genauigkeit des SAPOS® HEPS anhand der RTK-Monitorstationen	9

1 Vorbemerkung

Unter AdV-Online

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

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

- Produktdefinition SAPOS®
- Bestandsaufnahme SAPOS®
- SAPOS®-Qualitätsbericht

Die in Abbildung 1 aufgeführten Bundesländer stellen SAPOS®-Dienste kostenfrei bzw. mit Sonderkonditionen bereit:

Kostenfreie Bereitstellung von SAPOS®-Diensten

Stand: April 2021

- kostenfrei
- nicht kostenfrei
- nicht kostenfrei, aber Sonderkonditionen für Nutzer aus der Landwirtschaft

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



Abb. 1: kostenfreie Bereitstellung von SAPOS®-Diensten in den Bundesländern

2 AdV-Dokumente zum SAPOS®-Qualitätsmanagement

2.1 Produktdefinition SAPOS®

Die Produktdefinition SAPOS® liegt mit Stand 19. August 2019 (Version 8) vor.

2.2 Bestandsaufnahme SAPOS®

Die Bestandsaufnahme SAPOS® liegt zum Stichtag 1. Januar 2021 vor.

Alle SAPOS®-Betreiberländer nehmen an einer detaillierten jährlichen Erhebung zum Betrieb und zur Ausgestaltung der SAPOS®-Dienste teil. In regelmäßigen Abständen werden die SAPOS®-Dienste auf Kompatibilität zur Produktdefinition SAPOS® überprüft. Damit wird die Aktualität und Qualität der SAPOS®-Dienste gesichert und die flächendeckende Interoperabilität zu den Endgeräten garantiert. Die gewonnenen Erkenntnisse sind Grundlage für ein aktives SAPOS®-Qualitätsmanagement.

3 SAPOS®-Statistiken

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

3.1 Multipath der SAPOS®-Referenzstationspunkte

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

Im Jahr 2020 wurden Multipathverhältnisse an insgesamt 253 Referenzstationen 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 SAPOS®-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 SAPOS®-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 SAPOS®-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 SAPOS® resultiert für die RINEX-Daten eine vereinbarte Verfügbarkeitsquote von 98,5 %. Gemäß der Produktdefinition SAPOS® wird als Ziel die dauerhafte Datenbereitstellung ganzjährig

und rund um die Uhr angestrebt. Im Jahr 2020 war eine bundesweit durchschnittliche Verfügbarkeit von 99,56 % zu verzeichnen. Damit wurde die Verfügbarkeitsquote erfüllt.

Im Vergleich zum Vorjahr ist 2020 die Anzahl der Stationen mit einer Verfügbarkeit von RINEX-Daten unter 98,5 % von 9 auf 12 gestiegen. Weitere 4 Stationen lagen bei einem Wert unter 99 %. Jedoch wiesen 87,4 % der Stationen eine Verfügbarkeit von mehr als 99,5 % auf. 79 Stationen (28 %) erreichten die maximale Verfügbarkeit von 100 %.

Seit 2009 ist eine Verfügbarkeit von mehr als 99 % auf Bundesebene zu verzeichnen (Tabelle 1). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die SAPOS®-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

Tab. 1: Gesamtverfügbarkeit der RINEX-Daten auf Bundesebene von 2009 bis 2020

3.4 Verfügbarkeit der Datenströme an der Zentralen Stelle SAPOS®

Die Verfügbarkeiten der SAPOS®-Dienste HEPS und GPPS an der Zentralen Stelle SAPOS® (ZSS) im Garantiezeitraum (Mo.–Fr., 6–18 Uhr, ohne Feiertage) haben sich im Jahr 2020 im Vergleich zum Vorjahr signifikant verbessert (Abbildung 2). Gleiches gilt für die Verfügbarkeiten an der ZSS im Angebotszeitraum (7 Tage / 24 Stunden).

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

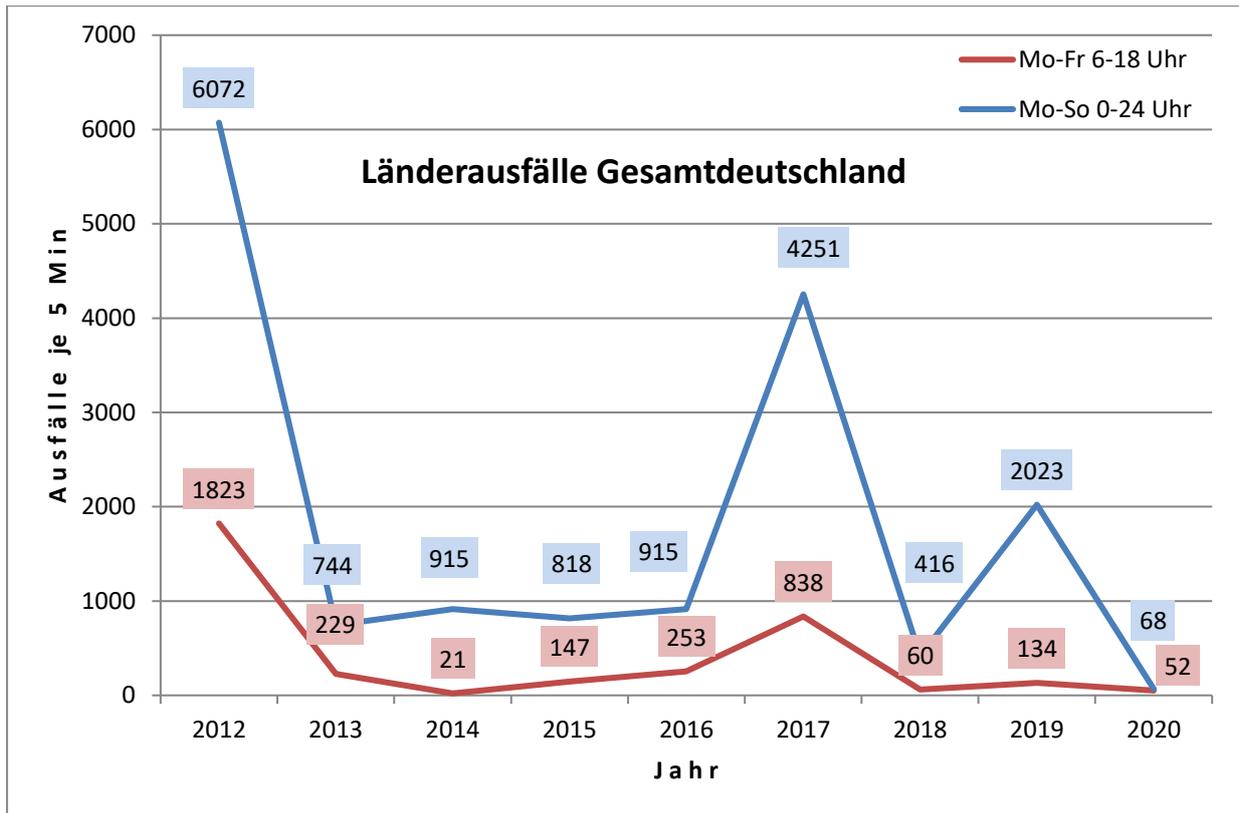


Abb. 2: Anzahl vollständiger Länderausfälle von je 5 Minuten Länge in der Bundesübersicht

3.5 Qualität des SAPOS® HEPS (Lösungsstatus und TTFA)

Für die Beurteilung der Qualität des SAPOS® 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

Die Abbildung 3 zeigt einen leichten Rückgang des Anteils von Lösungen mit Status 4. Die Fixingzeit ist im Mittel seit mehreren Jahren etwa gleichgeblieben (Abbildung 4). Für den Anteil von Lösungsstatus 4 ist eine stärkere Streuung als im Vorjahr zu erkennen (Abbildung 5), während dies für die TTFA nicht gilt (Abbildung 6).

Insgesamt ist ein geändertes Nutzungsverhalten hervorgerufen durch die kostenfreie Bereitstellung von SAPOS® HEPS bzw. von Sonderkonditionen für die Landwirtschaft in mehreren Bundesländern zu beobachten. Ging man vor einigen Jahren noch von der überwiegenden Anwendung des HEPS in geodätischen Empfängern und der Absicht, den Lösungsstatus 4 zu erreichen aus, so trifft dies heute weniger häufig zu. Vermehrt stellt man intensive Datennutzung fest, deren Ziel nicht das Erreichen von „Fixed“-Lösungen ist.

Die durchschnittliche TTFA bewegt sich weiterhin auf einem sehr guten Niveau und weist eine hohe Stabilität und Qualität des HEPS nach.

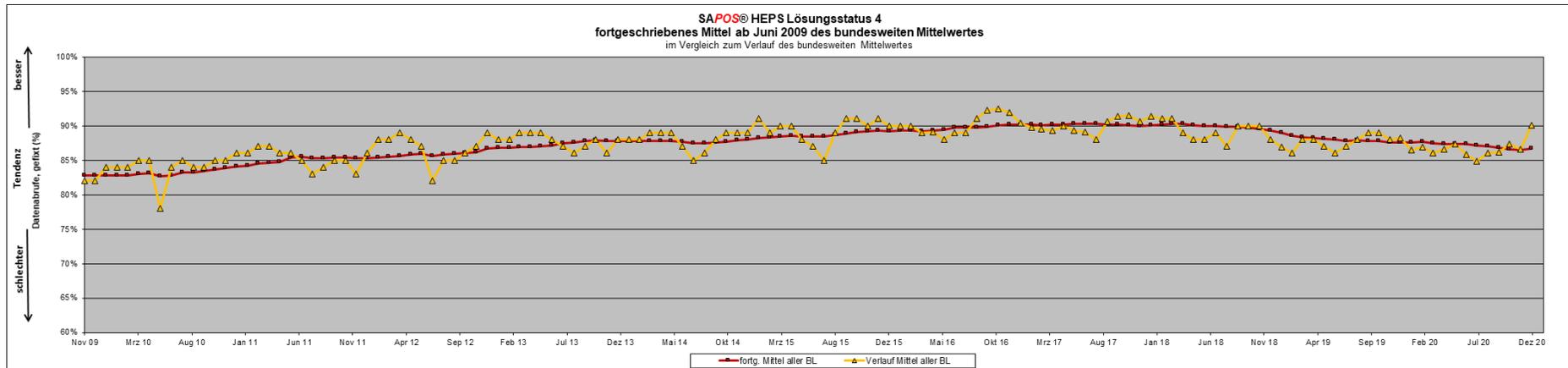


Abb. 3: HEPS Lösungsstatus 4 – Vergleich des fortgeschriebenen bundesweiten Mittelwertes mit den monatlichen Mittelwerten

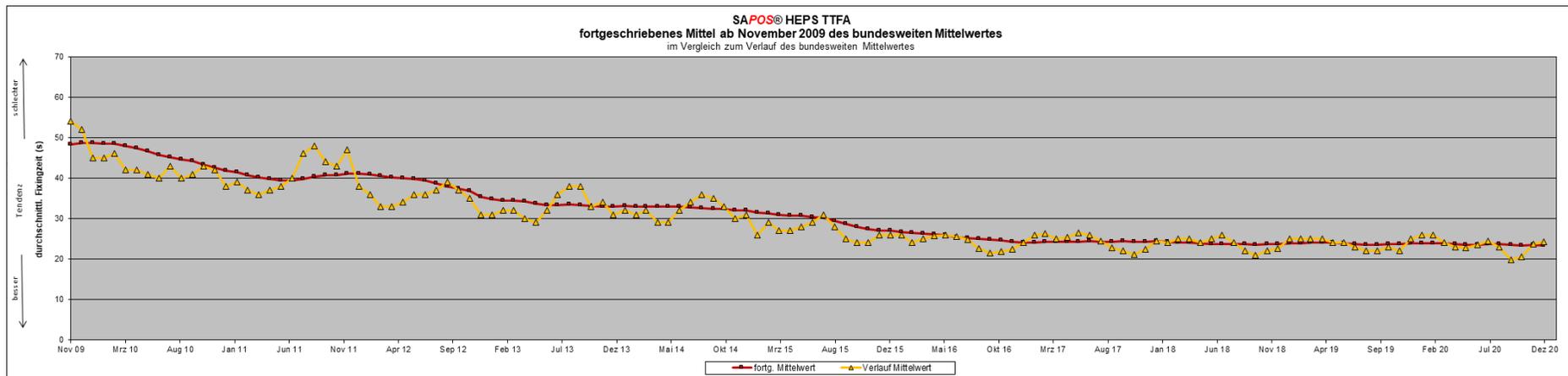


Abb. 4: HEPS TTFA – Vergleich des fortgeschriebenen bundesweiten Mittelwertes mit den monatlichen Mittelwerten

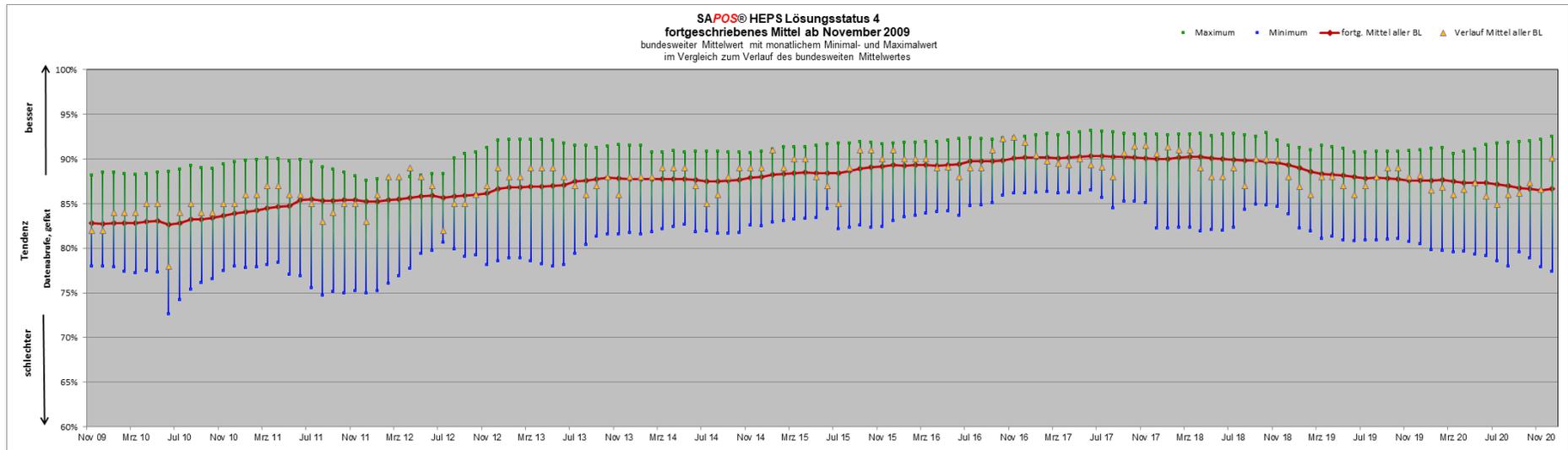


Abb. 5: HEPS Lösungsstatus 4 – bundesweiter Mittelwert und Streuungsbreite der Monatswerte der Bundesländer

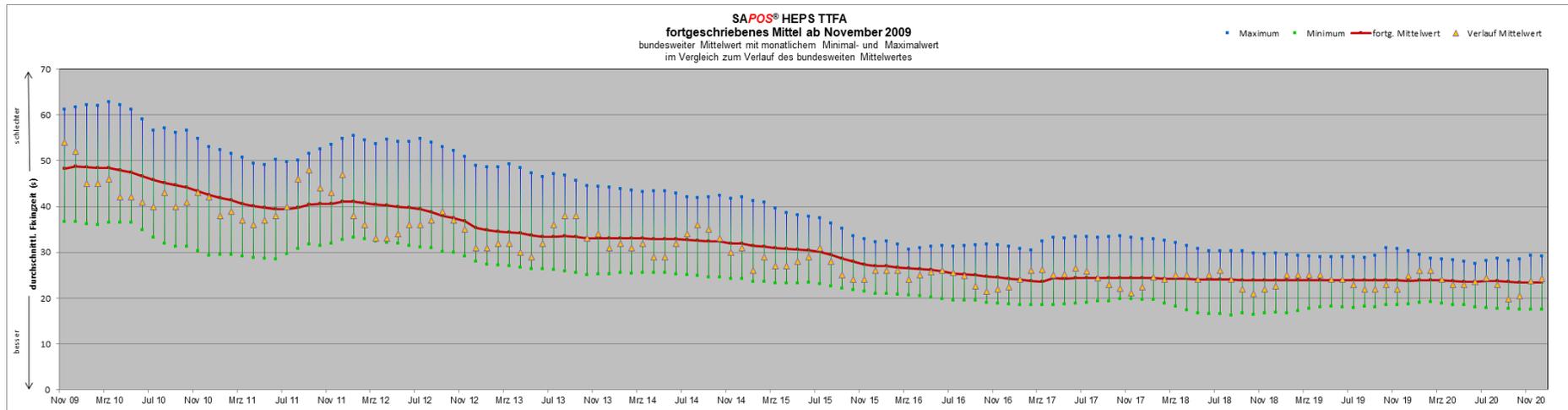


Abb. 6: HEPS TTFA – bundesweiter Mittelwert und Streuungsbreite der Monatswerte der Bundesländer

3.6 Nutzung des SAPOS® HEPS

Im Jahr 2020 zeigte sich im Vergleich zum Vorjahr eine deutliche Steigerung der SAPOS® HEPS-Nutzung, insbesondere hervorgerufen durch die kostenfreie Bereitstellung von SAPOS® HEPS in mehreren Bundesländern sowie die Erschließung neuer Nutzergruppen (z. B. Landwirte oder Unternehmen im Bereich autonomer Services).

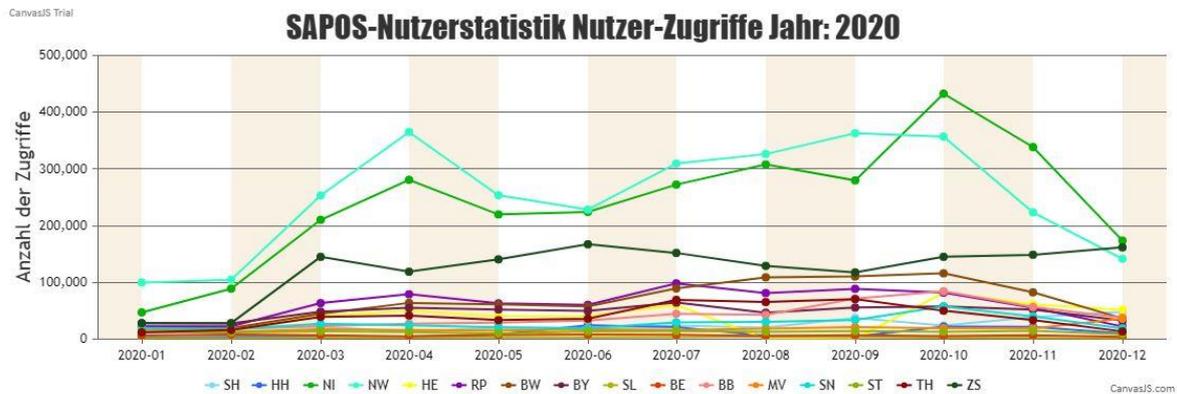


Abb. 7: Nutzungsverhalten der SAPOS®-Nutzer aller HEPS-Zugriffe auf die SAPOS®-Dienste der Bundesländer und der ZSS



Abb. 8: Nutzungsverhalten der SAPOS®-Nutzer aller HEPS-Zugriffe auf die SAPOS®-Dienste der Bundesländer und der ZSS

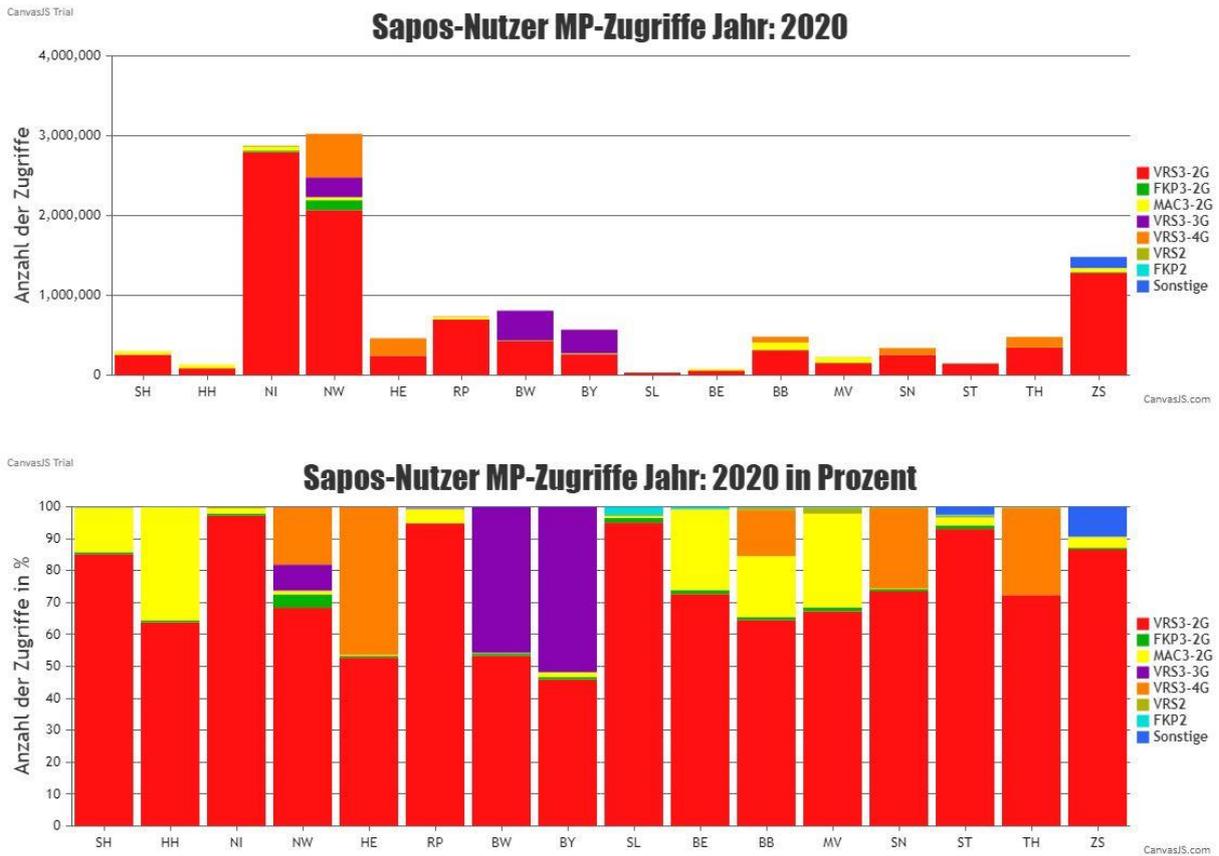


Abb. 9: Nutzungsverhalten der SAPOS®-Nutzer für die unterschiedlichen HEPS-Dienste

3.7 Genauigkeit des SAPOS® HEPS anhand der RTK-Monitorstationen

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

Die Zusammenfassung der Tagesgenauigkeiten im Jahr 2020 für Lage und Höhe zeigen die Tabellen 2 und 3 (14 Bundesländer).

Lagegenauigkeit (cm)	Tag des Monats																															Monatsmittel	Jahresmittel	
	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.			
2020-01	0,70	0,69	0,79	0,72	0,68	0,72	0,77	0,85	0,77	0,80	0,72	0,83	0,73	0,76	0,84	0,76	0,73	0,70	0,75	0,80	0,75	0,78	0,66	0,69	0,71	0,66	0,70	0,79	0,82	0,78	0,85	0,75	0,82	
2020-02	0,87	0,82	0,79	0,80	0,74	0,67	0,66	0,70	0,81	0,94	0,89	0,83	0,76	0,72	0,74	0,88	0,82	0,75	0,73	0,70	0,71	0,81	0,78	0,75	0,86	0,76	0,71	0,73	0,77			0,78		
2020-03	0,75	0,68	0,69	0,68	0,65	0,67	0,67	0,69	0,72	0,71	0,82	0,90	0,79	0,67	0,69	0,67	0,69	0,67	0,71	0,72	0,66	0,64	0,64	0,66	0,66	0,67	0,69	0,69	0,70	0,66	0,68	0,73		
2020-04	0,66	0,70	0,69	0,63	0,64	0,66	0,73	0,73	0,73	0,71	0,75	0,84	0,86	0,69	0,73	0,77	0,80	0,81	0,73	0,66	0,68	0,66	0,63	0,79	0,75	0,71	0,78	0,75	0,82	0,82				0,73
2020-05	0,86	0,82	0,75	0,76	0,80	0,74	0,76	0,81	0,78	0,81	0,73	0,72	0,75	0,67	0,65	0,68	0,71	0,79	0,81	0,75	0,73	0,90	0,98	0,86	0,81	0,78	0,83	0,86	0,88	0,84	0,81	0,79		
2020-06	0,78	0,80	1,04	0,85	0,84	0,92	0,92	0,82	0,76	0,77	0,81	0,94	1,27	1,10	1,11	0,96	1,00	0,92	0,98	0,91	0,91	1,02	0,94	0,95	1,01	1,07	1,13	1,11	1,08	0,91		0,95		
2020-07	1,23	1,16	0,84	0,90	1,06	1,08	0,80	0,77	0,94	1,10	0,94	0,81	0,78	0,95	0,94	0,87	0,86	0,88	0,93	1,01	0,93	0,88	0,84	0,87	0,93	1,27	1,00	1,11	0,88	0,89	0,88	0,95		
2020-08	1,04	1,10	0,91	0,95	0,89	0,87	0,89	1,05	1,21	1,10	1,19	1,07	1,03	1,07	1,06	1,11	1,26	1,14	0,94	0,96	1,11	1,17	0,95	0,87	0,89	1,01	0,90	1,16	0,94	0,93	0,96	1,02		
2020-09	1,00	0,86	0,89	0,99	1,01	0,86	0,78	0,86	0,93	0,86	0,82	0,87	0,80	0,81	0,84	0,97	0,81	0,73	0,74	0,83	0,83	0,87	0,91	0,97	0,85	0,81	0,78	0,75	0,76	0,79		0,85		
2020-10	0,85	0,78	0,79	0,81	0,75	0,85	0,76	0,81	0,85	0,78	0,72	0,72	0,72	0,69	0,67	0,71	0,67	0,71	0,68	0,76	0,79	0,79	0,77	0,76	0,88	0,79	0,74	0,87	0,77	0,74	0,72	0,76		
2020-11	0,85	0,97	0,86	0,76	0,74	0,80	0,67	0,69	0,70	0,67	0,66	0,76	0,73	0,81	0,80	0,79	0,76	0,85	0,87	0,74	0,76	0,86	0,76	0,67	0,68	0,69	0,67	0,67	0,69	0,77		0,76		
2020-12	0,76	0,71	0,75	0,75	0,73	0,74	0,74	0,74	0,66	0,64	0,71	0,70	0,72	0,74	0,72	0,67	0,70	0,68	0,82	0,77	0,80	0,93	0,87	0,98	0,83	0,73	0,81	0,73	0,70	0,67	0,68	0,75		

Tab. 2: Tageswerte der Lagegenauigkeit im Jahr 2020 für SAPOS® HEPS

Höhengenaugigkeit (cm)	Tag des Monats																															Monatsmittel	Jahresmittel					
	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.		min	max				
2020-01	1,02	1,01	1,12	1,09	1,06	1,03	1,17	1,44	1,17	1,17	1,07	1,28	1,13	1,15	1,29	1,13	1,07	1,03	1,06	1,19	1,26	1,25	0,98	1,07	1,11	0,97	1,00	1,22	1,16	1,20	1,28			1,14				
2020-02	1,40	1,26	1,16	1,17	1,07	1,02	0,98	1,05	1,21	1,42	1,31	1,17	1,16	1,07	1,15	1,33	1,39	1,16	1,15	1,10	1,07	1,38	1,18	1,11	1,36	1,11	1,06	1,06	1,23					1,18				
2020-03	1,17	1,07	1,10	1,03	0,99	0,98	0,98	1,07	1,10	1,07	1,30	1,42	1,24	1,01	1,04	1,04	1,14	1,18	1,08	1,16	1,00	0,92	0,92	0,97	0,99	0,99	0,97	1,10	1,05	1,01	1,00					1,07		
2020-04	1,00	1,06	1,09	0,94	0,95	1,07	1,22	1,20	1,26	1,20	1,19	1,39	1,37	1,03	1,24	1,30	1,33	1,33	1,22	1,02	1,04	1,09	0,98	1,32	1,18	1,18	1,30	1,26	1,33	1,38					1,18			
2020-05	1,34	1,27	1,16	1,25	1,24	1,16	1,31	1,38	1,35	1,34	1,22	1,15	1,16	1,01	1,05	1,12	1,13	1,27	1,33	1,24	1,14	1,54	1,79	1,39	1,27	1,31	1,41	1,41	1,39	1,26	1,27					1,28		
2020-06	1,24	1,28	1,79	1,42	1,35	1,52	1,46	1,30	1,17	1,25	1,27	1,61	2,42	1,75	1,75	1,66	1,63	1,58	1,67	1,57	1,50	1,73	1,65	1,62	1,68	1,83	1,86	1,89	1,84	1,46					1,58			
2020-07	1,98	1,91	1,35	1,55	1,90	1,83	1,27	1,24	1,50	1,79	1,52	1,30	1,24	1,57	1,55	1,50	1,45	1,46	1,65	1,73	1,56	1,51	1,37	1,43	1,46	2,13	1,62	1,91	1,42	1,53	1,60					1,58		
2020-08	1,91	1,91	1,64	1,56	1,53	1,43	1,53	1,81	2,04	1,93	1,94	1,86	1,87	1,84	1,89	1,86	2,13	1,86	1,55	1,64	2,02	2,00	1,63	1,42	1,45	1,70	1,48	1,93	1,58	1,56	1,55					1,74		
2020-09	1,66	1,44	1,44	1,75	1,70	1,41	1,26	1,48	1,61	1,53	1,38	1,54	1,40	1,43	1,58	1,83	1,35	1,18	1,34	1,43	1,40	1,50	1,66	1,66	1,40	1,31	1,23	1,22	1,38	1,42					1,46			
2020-10	1,43	1,29	1,31	1,31	1,22	1,35	1,22	1,33	1,46	1,34	1,14	1,11	1,14	1,10	1,06	1,16	1,09	1,13	1,09	1,20	1,24	1,25	1,27	1,27	1,42	1,26	1,23	1,39	1,24	1,19	1,19					1,24		
2020-11	1,43	1,54	1,43	1,22	1,19	1,42	1,22	1,24	1,24	1,16	1,05	1,29	1,22	1,39	1,33	1,36	1,22	1,37	1,54	1,14	1,18	1,49	1,25	1,11	1,10	1,11	1,10	1,09	1,15	1,24					1,26	min	max	
2020-12	1,23	1,19	1,23	1,24	1,28	1,17	1,13	1,13	1,07	1,01	1,22	1,14	1,20	1,25	1,13	1,04	1,14	1,08	1,29	1,22	1,22	1,43	1,37	1,48	1,26	1,13	1,24	1,13	1,11	1,07	1,04					1,19	0,92	2,13

Tab. 3: Tageswerte der Höhengenaugigkeit im Jahr 2020 für SAPOS® HEPS

Die mittlere Lagegenauigkeit des Jahres 2020 betrug 8,2 mm mit einer Tagesbandbreite von 6 bis 13 mm und einer Stundenbandbreite von 5 bis 21 mm für die bundesweiten Mittel. Bei der Höhe waren es 13,3 mm für das Jahresmittel 2020 mit 9 bis 21 mm Tagesbandbreite und 7 bis 34 mm Stundenbandbreite. Damit bewegen sich die Genauigkeitskennziffern auf dem Niveau der vergangenen Jahre.

Die Analyse zeigt, dass die Lagegenauigkeit gemäß Produktdefinition SAPOS® durchweg eingehalten wurde. In der Höhengenaugigkeit waren bei 6 Stunden Abweichungen von der Vorgabe zu verzeichnen. Bundesweit gesehen wurden in 99,93 % der SAPOS®-Betriebsstunden die HEPS-Genauigkeitskennziffern erfüllt. Das bedeutet eine geringfügige Verbesserung aller Genauigkeitskennziffern gegenüber 2019.

Wie schon in den vergangenen Jahren wurden folgende zeitliche Abhängigkeiten bei der Nutzung von SAPOS® 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 2020 im März und April. Die schlechtesten Tage lagen 2020 überwiegend im August, aber auch Juni und Juli hatten überproportional viele Tage mit höheren Ungenauigkeiten.

Die Wiederholbarkeit des jahreszeitlichen Ganges der HEPS-Genauigkeit zeigt die Abbildung 10.

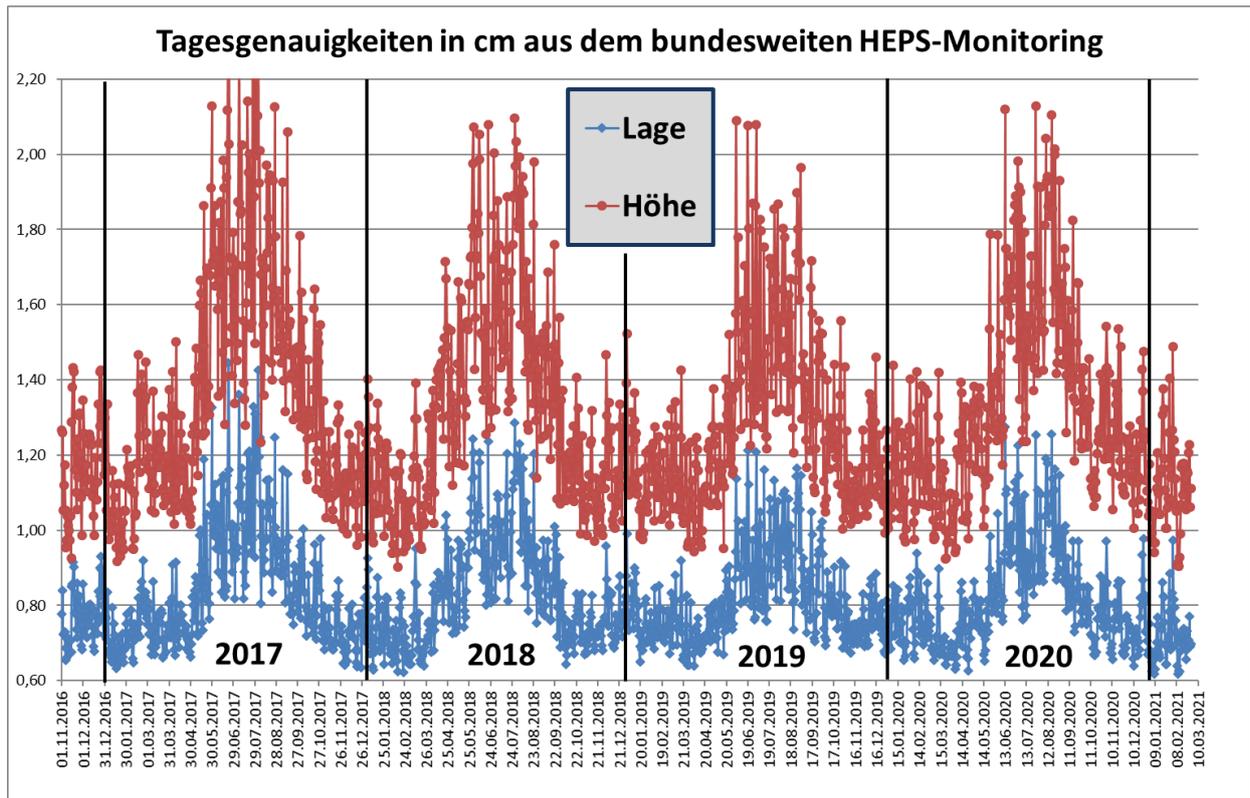


Abb. 10: 1581 Tageswerte SAPOS® HEPS für Lage und Höhe