

SAPOS Qualitätsmanagement in Sachsen-Anhalt und bundesweit

Von Frank Auerswald, Magdeburg

Zusammenfassung

Der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (SAPOS) ist ein Produkt der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV). Auf der Basis des bundeseinheitlichen Festpunktfeldes stellt SAPOS den amtlichen geodätischen Raumbezug der Bundesrepublik Deutschland mit satellitengeodätischen Mitteln flächendeckend bereit.

Sachsen-Anhalt als einer von 16 Betreibern unternimmt vielfältige Anstrengungen, die SAPOS-Dienste mit hoher Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Genauigkeit bereitzustellen, mithin eine hohe Qualität sicherzustellen. Die dazu erforderlichen Maßnahmen, also das Qualitätsmanagement, sollen an dieser Stelle näher betrachtet werden.

Viel Spaß bei einem kleinen Blick in den Maschinenraum von SAPOS.

I Von Gestern zu Heute

Als im Jahr 1993 mit einem Erlass des Ministeriums des Innern zur Errichtung von GPS-Referenzstationen die Geschichte von SAPOS begann (der Name SAPOS kam erst 1995 auf und ist durch das Markenregister des Deutschen Patentamtes als Wort- und Bildmarke geschützt), war seine jetzige Bedeutung kaum absehbar. Mit dem Aufbau der Pilotstation in Halle begann sofort das Qualitätsmanagement hinsichtlich Dokumentation, Betriebsüberwachung und Ergebniskontrolle.

Damals wurden die mit 15 Sekunden Intervall erzeugten RINEX-Daten schon täglich auf Vollständigkeit, also 240 Epochen pro Stunde mit mindestens 4 Satelliten pro Epoche und 4 Signale (C1, L1, P2 und L2) je Satellit geprüft. Die regelmäßige Auswertung (Postprocessing) der RINEX-Daten im Rahmen des Stations-/Koordinatenmonitorings wurde erst später entwickelt.

Mit dem Aufkommen der Abgabe von Echtzeitkorrekturdaten, dem heutigen Hochpräzisen Echtzeitpositionierungsservice HEPS, entstanden neue Methoden des Monitorings. Den Anfang machte der Empfang des selbst ausgesendeten 2m-Funk Signals und der permanente Vergleich beider Signale. Im Jahr 2006 wurde in Sachsen-Anhalt der 2m-Funk und damit auch diese Art der Qualitätssicherung eingestellt, weil günstige Mobilfunk-Übertragung mit guter Flächendeckung verfügbar wurde.

Heute werden vielfältige Methoden der Betriebsüberwachung, der Qualitätssicherung und des Qualitätsnachweises betrieben. Grundlage dafür bilden vor allem bundesweit einheitliche Richtlinien und Empfehlungen der Projektgruppe Qualitätsmanagement SAPOS. Die PG QM hat folgende Dokumente erarbeitet:

- ◆ Produktdefinition SAPOS (aktuell Version 8, anlassbezogene Aktualisierung, extern verfügbar [AdV 2019a]),
- ◆ Bestandsaufnahme SAPOS (jährliche Erhebung, teilweise extern verfügbar),

Sachsen-Anhalt hat schon 27 Jahre Erfahrung mit SAPOS.

Die PG QM SAPOS wurde 2007 in Bonn gegründet und ist ein ständiges Gremium des Arbeitskreises Raumbezug (AK RB) der AdV.

- ◆ Beschlussammlung SAPOS (anlassbezogene Fortführung, nur intern),
- ◆ SAPOS-Statistiken und deren Erhebungsvorgaben (monatlich bis jährlich, nur intern),
- ◆ SAPOS-Qualitätsbericht (jährlich, teilweise extern verfügbar).

2 Zahlen, bitte! Die SAPOS-Nutzung

Das Qualitätsmanagement von SAPOS ist kein Selbstzweck. Vielmehr müssen alle Verfahren der Qualitätssicherung ein ausgewogenes Verhältnis aus Notwendigkeit und Aufwand auf der einen Seite und den zur Verfügung stehenden begrenzten materiellen und personellen Ressourcen auf der anderen Seite haben. Das heißt nichts Anderes, als dass wichtige Kennziffern, Betriebszustände und Verfahren häufiger und intensiver überwacht und nachgewiesen werden als weniger wichtige. Ein entscheidendes Kriterium für Wichtigkeit ist dabei Art und Umfang der Nutzung durch die SAPOS-Kunden.

Deshalb sollen an dieser Stelle ein paar Zahlen zur Nutzung der SAPOS-Dienste aufgeführt werden. Das „Zahlen, bitte!“ in der Überschrift bezog sich also auf Nutzungskennziffern und hatte keinen monetären Hintergrund.

2.1 Der Echtzeitdienst HEPS in Sachsen-Anhalt

HEPS ist das Kerngeschäft von SAPOS.

SAPOS-HEPS ist mit über 1.000 registrierten Kunden und fast 2.500 Accounts der nutzungsintensivste Dienst. Davon sind etwa 750 Kunden mit 2.000 Accounts über die Zentrale Stelle SAPOS in Hannover angemeldet worden. Ca. 200 Kunden nutzen HEPS in Sachsen-Anhalt meist regelmäßig. Knapp 140.000 HEPS-Einwahlen ergeben in 2019 ca. 33.000 abgerufene Stunden an Echtzeitdaten. Die Verteilung über die Monate zeigt Abbildung 1.

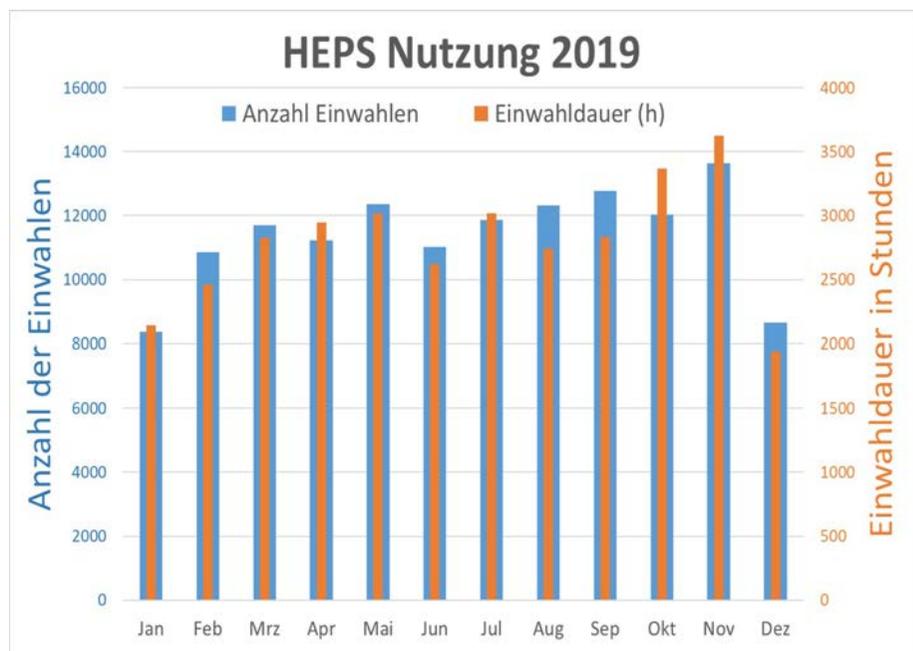


Abb. 1: HEPS-Nutzung 2019 in Sachsen-Anhalt

Datum	gewerblich	hoheitlich	ZSS	Gesamt
01.11.2019	266	236	1564	2066
02.11.2019	14	21	45	80
03.11.2019	7	16	81	104
04.11.2019	1603	2312	4803	8718
05.11.2019	1890	4025	6014	11929
06.11.2019	1907	3799	6946	12652
07.11.2019	2707	3482	6565	12754
08.11.2019	1199	2697	3140	7036
09.11.2019	68	135	63	266
10.11.2019				0
11.11.2019	1432	4143	4798	10373
12.11.2019	2396	3756	4620	10772
13.11.2019	1859	4404	4669	10932
14.11.2019	1649	3594	7897	13140
15.11.2019	1136	1877	3089	6102
16.11.2019	87	62	41	190
17.11.2019	49	12		61
18.11.2019	2291	2995	6758	12044
19.11.2019	2396	4821	7314	14531
20.11.2019	2828	3269	6474	12571
21.11.2019	2520	2798	9276	14584
22.11.2019	1428	1552	3090	6070
23.11.2019	110	12	202	324
24.11.2019			8	8
25.11.2019	2174	3922	5046	11142
26.11.2019	1861	3257	5638	10756
27.11.2019	1737	3709	5075	10521
28.11.2019	2126	3776	4027	9929
29.11.2019	1605	2606	3529	7740
30.11.2019	48	37	55	140
Gesamt (min)	39393	67325	110827	217545
Gesamt (h)	656,6	1122,1	1847,1	3626
Prozent	18,1%	30,9%	50,9%	100%
Anzahl Einwahlen	3277	4971	5388	13636
Anzahl Nutzer	72	65	93	230

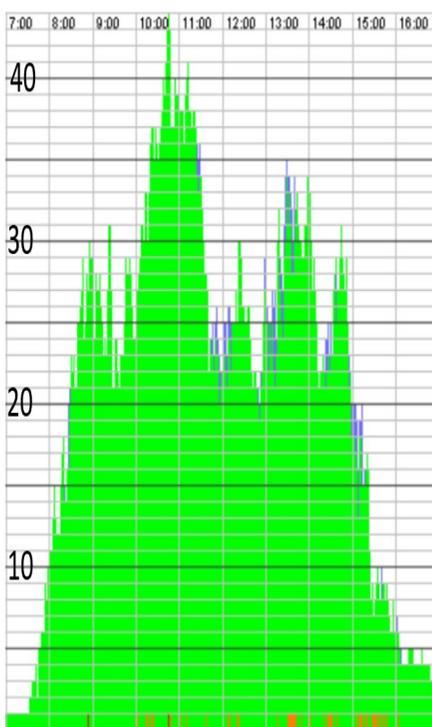


Abb. 2: (links): Beispiel der HEPS-Nutzung eines Monats, November 2019 (Tagesangaben in Minuten)

Abb. 3: (rechts): Beispiel der HEPS-Auslastung eines Tages, 20. November 2019 (Anzahl eingewählter Nutzer von 08:00 bis 18:00 MEZ, horizontale Achse zeigt UTC)

2.2 Die Postprocessingdienste in Sachsen-Anhalt

Für die Nutzung der Postprocessingdienste sind in Sachsen-Anhalt 440 GPPS-Accounts, davon 155 bundesweite Accounts der Zentralen Stelle SAPOS, freigeschaltet. 370 Nutzer haben sich für die SAPOS-Statusmail, welche über systemrelevante Änderungen und Störungen informiert, angemeldet. Die Nutzung der Postprocessingdienste fand 2019 an 159 Tagen statt, wobei auf die Wochentage Dienstag und Mittwoch allein über 50 % der Aufträge fallen. 96 % der Gesamtnutzung findet zwischen 6:00 und 16:00 Uhr statt und nur etwa 1 % am Wochenende.

2.2.1 Der Geodätische Postprocessing-Service GPPS

Im Jahr 2019 haben 23 Nutzer mittels GPPS bei 620 Aufträgen RINEX-Daten abgerufen. Davon entfielen 440 Aufträge auf den Abruf von originären Stationsdaten und 180 Aufträge für Virtuelles RINEX.

2.2.2 Der Postprocessingdienst GPPS-PrO

Der Berechnungsdienst GPPS-PrO (im vollen Wortlaut: Geodätischer Postprocessing-Service – Processing Online) berechnet Koordinaten der Nutzerposition im ETRS89 aus vom Nutzer aufgezeichneten RINEX-Daten und transformiert in UTM/DH-HN2016. GPPS-PrO wurde 2019 von 15 Kunden etwa 600 mal benutzt.

Die SAPOS-Statusmail ist ein wesentliches Element der Qualitätssicherung.

2.3 Konsequenzen für das Qualitätsmanagement

Die SAPOS-Betriebsüberwachung ist ein Kernbereich der Qualitätssicherung des SAPOS in Sachsen-Anhalt. Keine gute Qualität ohne hohe Verfügbarkeit der Dienste. Die Nutzungszahlen und Zeiten bestätigen unsere Praxis, an Wochentagen zu den üblichen Dienstzeiten auf den Menschen als zentrale Kompetenz des SAPOS-Betriebes zu setzen. Zusammen mit einer gehörigen Portion Redundanzen und einigen automatisierten digitalen Abläufen ist damit der operative SAPOS-Betrieb sichergestellt. Am Wochenende und außerhalb der üblichen Dienstzeiten muss sich die Technik selbst

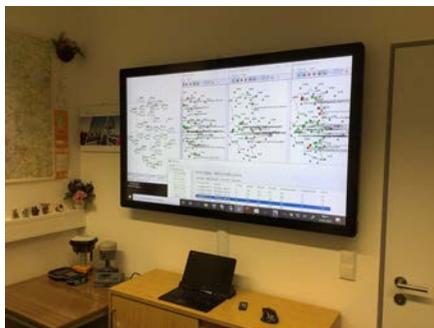


Abb. 4: SAPOS-Zentraldisplay im LVerGeo in Magdeburg

helfen oder bis zum nächsten Arbeitstag warten. Einen SAPOS-Bereitschaftsdienst gibt es nicht, was auch der SAPOS-Produktdefinition entspricht.

Abbildung 4 zeigt einen Teil der SAPOS-Betriebsüberwachung im LVerGeo in Magdeburg. Diese Überwachung und Steuerung kann aber auch von anderen Standorten durchgeführt werden, solange dort Zugang zum Internet verfügbar ist.

3 Die sieben SAPOS-Statistiken

Die bundesweiten SAPOS-Statistiken (siehe Tab. 1) bilden auch für Sachsen-Anhalt einen wichtigen Handlungsrahmen für das Qualitätsmanagement. Entsprechend der sogenannten Erhebungsvorgaben liefern mit wenigen Ausnahmen alle Bundesländer Qualitätsdaten zur Erstellung der Statistiken, welche durch jeweils ein Bundesland federführend erstellt werden. Sachsen-Anhalt beteiligt sich an allen Statistiken und hat eine Statistik maßgeblich geprägt.

Nr.	Bezeichnung der Statistik	Periode	Federführung
1	Multipath der SAPOS-Referenzstationen	Jährlich	Nordrhein-Westfalen
2	Koordinaten-Monitoring im Postprocessing	Vierteljährlich	Baden-Württemberg
3	Verfügbarkeit RINEX-Daten	Jährlich	Mecklenburg-Vorpommern
4	Verfügbarkeit der Datenströme an der ZSS	Monatlich	Niedersachsen
5	Qualität des SAPOS-HEPS	Monatlich	Brandenburg
6	Bis 2017 Nutzerresonanz des SAPOS-HEPS Ab 2018 Nutzung des SAPOS-HEPS	Jährlich Monatlich	Bis 2017 Bayern Ab 2018 Berlin
7	Genauigkeit des SAPOS-HEPS anhand der RTK-Monitorstationen	Monatlich	Sachsen-Anhalt

Tab. 1: Übersicht über die bundesweiten SAPOS-Statistiken

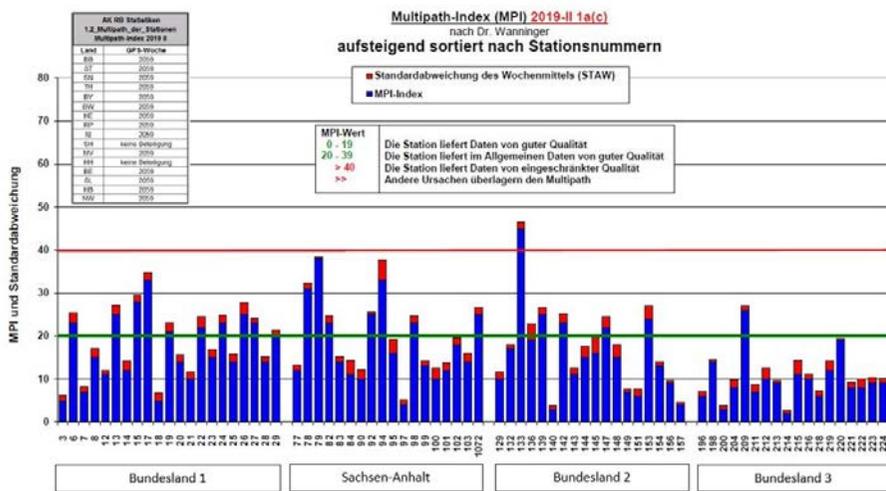
Achtsamkeit für Nutzerfeedback wäre die Mutter aller Statistiken.

Die Statistiken 1 bis 6 wurden bereits ab 2008 entwickelt und 2010 in den operativen Zustand versetzt. Statistik 7 wurde erst 2016 eingeführt. Nach einem Beschluss des AK RB vom 16.06.2010 haben die SAPOS-Statistiken grundsätzlich internen Charakter. Wegen der großen Bedeutung soll an dieser Stelle aber trotzdem auf deren Inhalte eingegangen und weitgehend anonymisierte Beispiele gezeigt werden.

3.1 Multipath der SAPOS-Referenzstationen

Die Zuständigkeit von SAPOS für den GNSS-Zustand sowie dessen Modellierung und Verbesserung beginnt an dem Punkt, wo die Satellitensignale das Empfangselement der GNSS-Antenne auf den 18 Dächern in Sachsen-Anhalt erreichen. Dass dieser Empfang weitgehend ungestört ist, muss beim Aufbau von Referenzstationen beachtet werden. Spätere Veränderungen der Umgebung müssen vorerst hingenommen werden, wobei natürlich nur Verschlechterungen wirklich stören. Selbst die dickste Choke Ring Antenne macht aus einem schlechten Standort keinen Guten. Das Auftreten, Erkennen und Reduzieren von Mehrwegeausbreitung der Satellitensignale ist nicht so trivial, wie es die zugehörige Fehlerskizze vermuten lässt. Insbesondere dann, wenn sich Effekte von Nah- und Weitfeldmultipath, Code- und Phasenmultipath sowie elektromagnetische Beeinflussung und Interferenzen überlagern, ist es oft eine besondere Herausforderung.

Aus diesem Grund werden in Sachsen-Anhalt regelmäßig und auch zu besonderen Anlässen die Multipathindizes aller Stationen berechnet und bewertet sowie einmal im Jahr für die zentrale bundesweite Statistik (siehe Abb. 5) bereitgestellt. Die interne Bewertung führte zum Beispiel dazu, dass die Antennenposition der SAPOS-Station Genthin verlegt wurde.



Projektgruppe SAPOS® - Qualitätsmanagement (PG QM2)

Erstellt von BezReg Köln-Geobasis NRW, 11.2019

Abb. 5: Auszug aus der bundesweiten Multipath-Statistik

3.2 Koordinaten-Monitoring (KoMo) im Postprocessing

Alle Antennen der Referenzstationen von Sachsen-Anhalt, und vermutlich auch bundesweit, bewegen sich. Insbesondere dann, wenn sie sich an oder auf Gebäuden befinden, werden sie lang- und/oder kurzperiodische Schwankungen aufweisen und/oder signifikante Geschwindigkeiten haben. Diese Bewegungen liegen üblicherweise in der Größenordnung von wenigen zehntel bis mehreren Millimetern. Aber auch plötzliche größere Positionsänderungen durch Beschädigung, Materialermüdung oder sonstige Versetzung mit natürlichen oder menschlichen Ursachen sind denkbar bzw. schon geschehen.

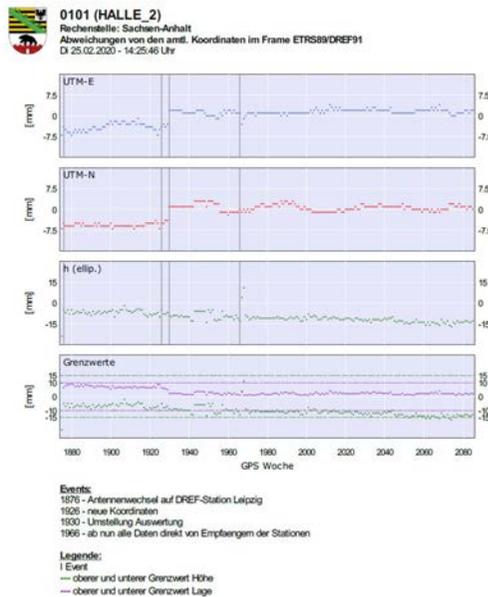


Abb. 6: Beispiel für Darstellung des Koordinatenmonitorings, LGL, Baden-Württemberg

Dafür gibt es in Sachsen-Anhalt einen mehrstufigen Prozess der Positionsüberwachung der Referenzstationen sowie dessen Nachweis und Dokumentation. Dabei gilt der Grundsatz, zeitnah große Abweichungen zu erkennen und später die Kleinen. Die letzte und damit genaueste Stufe dieses Monitoring Prozesses ist die länderübergreifende 24 Stunden Berechnung mit hochpräzisen Ephemeriden und deren 7-Tage-Zusammenfassung zur sogenannten Wochenlösung (Abb. 6). Diese Wochenlösung bildet dann den sachsen-anhaltischen Teil für die Zusammenfassung des bundesweiten Koordinatenmonitoring im Postprocessing.

Ab April 2020 trat ein neues bundeseinheitliches KoMo in Kraft, das sogenannte Referenzstationsnetz-Monitoring (RSN-Monitoring). Dabei werden die zwangsfreien Wochenlösungen des RSN-Monitorings nach einheitlichen Regeln in den Ländern berechnet. Diese Ergebnisse werden mit denen des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie (Rechenstelle DREF-Online) zu bundesweit einheitlichen Wochenlösungen in den Kombinationszentren im Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) und im Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN) zusammengeführt. Die beiden Kombinationslösungen werden in der weiter statistikführenden Stelle, dem Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL), validiert und finalisiert.

3.3 Verfügbarkeit RINEX-Daten

RINEX-Daten direkt von den Stationsempfängern sind nach den Empfängerrohdaten die originärste Zusammenfassung von Satellitenbeobachtungen als Datei. Das Receiver INdependent EXchange Format (deutsch: Empfängerunabhängiges Austauschformat) ist DAS herstellerunabhängige Format für ein gemeinsames Postprocessing unterschiedlicher Empfängertypen. Alle 18 Stationen von Sachsen-Anhalt zeichnen rund

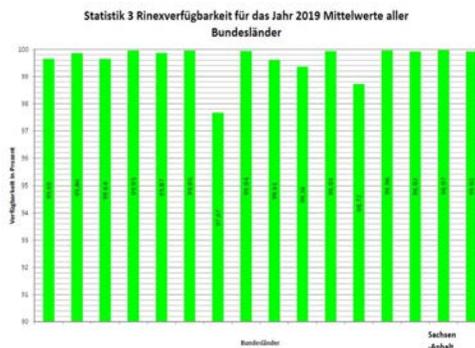


Abb. 7: Beispiel für Darstellung der RINEX-Verfügbarkeit, erstellt durch LAiV Mecklenburg-Vorpommern

um die Uhr jede Sekunde die Beobachtungen zu allen sichtbaren GNSS-Satelliten auf. Wenn eine Station exakt 31.536.000 Epochen im Jahr aufgezeichnet hat, dann hat sie 100 % RINEX-Verfügbarkeit. Dieser theoretische Wert ist allerdings nicht erreichbar, weil selbst der Reboot eines Empfängers etwa 60 Epochen Verlust bedeutet. Und daneben gibt es noch Defekte, Stromausfälle und Softwareabstürze.

Für die Berechnung der RINEX-Verfügbarkeit werden alle vorhandenen Epochen in einem Zeitraum mit den theoretisch möglichen ins Verhältnis gesetzt. Für ein Jahr sind das die oben erwähnten über 30 Millionen Epochen. Diese Prozentzahl für alle Stationen bilden den Beitrag von Sachsen-Anhalt zur bundesweiten Statistik (Abb. 7). Vom Beginn der Statistik im Jahr 2008 lag die gesamtdeutsche Jahresverfügbarkeit (Tab. 2) immer über 99 Prozent. Aus den sachsen-anhaltischen Einzelstationsverfügbarkeiten von 99,89 % bis 99,99 % ergibt sich für Sachsen-Anhalt im Jahr 2019 eine Gesamtverfügbarkeit von 99,97 %.

Jahr	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
%	99,61	99,61	99,74	99,78	99,73	99,82	99,83	99,84	99,30	99,52	99,62

Tab. 2: Bundesweite RINEX-Gesamtverfügbarkeit seit 2009

Wenn man jedoch die Bezugsmöglichkeit von Virtuellem RINEX mit in Betracht zieht, ergibt sich für den Nutzer dann doch wieder eine nahezu 100%ige Verfügbarkeit, weil RINEX-VRS (Virtuelle Referenz Station) in Sachsen-Anhalt nicht aus originärem Stations-RINEX generiert wird, sondern aus dem GNSS-Zustandsraum, auch bekannt als State Space Representation (SSR).

Bei Virtuellem RINEX werden die Signale für die jeweilige Nutzerposition berechnet.

3.4 Verfügbarkeit der Datenströme an der ZSS

Die Echtzeitdaten (Datenströme) aller 18 SAPOS-Stationen von Sachsen-Anhalt werden permanent an die ZSS übertragen. Das dafür bundeseinheitlich festgelegte Format ist RTCM3 in der Ausprägung MSM5 (Multi Signal Message Version 5). Mit diesem Format können die Daten aller GNSS herstellerunabhängig übertragen werden. Sachsen-Anhalt beschränkt sich nach SAPOS-Spezifikation auf die 4 GNSS GPS, GLONASS, Galileo und BeiDou.

Die MSM-Daten gibt die ZSS an andere Bundesländer für deren länderübergreifende Vernetzungen und an diverse Großkunden weiter. Auch für zukünftige SAPOS-Produktentwicklungen und Tests können diese Daten benutzt werden.

Die Bereitstellung der Daten erfolgt in Sachsen-Anhalt hochredundant auf 4 Zentralen Servern. Das sind 2 Server im Netz des Bundes (NdB, bundesweites Behördennetz) und 2 Ntrip-Caster. Damit ist Sachsen-Anhalt nahezu 100 prozentig vor einem Landesausfall (also alle 18 Stationen fehlen bei der ZSS) geschützt. Nicht redundant ausgelegt sind die Datenleitungen von den Stationen zu den zentralen Servern, weil die hohe Stationsdichte in Sachsen-Anhalt den kurzzeitigen Ausfall einzelner Stationen kompensiert. Ausfälle dieser Stationsleitungen verursachen unmittelbar Echtzeit-Datenverluste. An dieser Stelle setzt die SAPOS-Statistik 4 an und weist die Verfügbarkeit der Datenströme sowohl stationsweise als auch als Landesmittel nach (Abb. 8). Dabei gibt es für jeden Monat 2

Sachsen-Anhalt ist optimal vor einem Länderausfall geschützt. Davon profitiert auch der HEPS.

Bundesland	Sachsen-Anhalt																	
Station	0072	0077	0078	0079	0082	0083	0084	0090	0092	0094	0095	0097	0098	0099	0100	0101	0102	0103
	99,3	99,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
01.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
02.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
03.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
04.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
05.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
06.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
07.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
08.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
09.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
10.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	97,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
11.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	86,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
12.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
13.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
14.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
15.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
16.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
17.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
18.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
19.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
20.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
21.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
22.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
23.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
24.12.2019	89,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
25.12.2019	99,9	100,0	100,0	99,7	99,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
26.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
27.12.2019	89,4	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
28.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
29.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
30.12.2019	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
31.12.2019	99,9	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Abb. 8: Beispiel für Verfügbarkeit der Datenströme (Sachsen-Anhalt, Dezember 2019), erstellt durch LGLN Niedersachsen.

Nachweiszeiträume. Einmal für Montag bis Freitag jeweils 6 – 18 Uhr und einmal rund um die Uhr. Für den ersten Zeitraum muss gemäß SAPOS-Produktdefinition für jede Station eine Verfügbarkeit von mindestens 98,5 % erreicht werden.

Derzeit sind alle 18 SAPOS-Stationen in das Landesdatennetz ITN-LSA eingebunden. Geschwindigkeit und Verfügbarkeit sind für den SAPOS-Betrieb noch ausreichend. Aktuell beginnt gerade die Migration aller Stationen und der zentralen Elemente zum neuen Landesdatennetz ITN-XT mit mehr Verfügbarkeit, Sicherheit und Zukunftssicherheit

Verfügbarkeit der Datenströme an der ZSS ist die einzige Statistik, welche keine Datenlieferung an das Statistikführende Land erfordert. Erfassung, Auswertung und Darstellung obliegen dem Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen.

3.5 Qualität des SAPOS-HEPS

Seit die ersten Echtzeitvernetzungen Ende der Neunziger Jahre ihren Betrieb aufnahmen, konnten diverse Zustände zur Qualitätsbeurteilung herangezogen werden. Allen Zuständen war gemein, dass es sich um Werte und Aussagen handelte, welche eine Beurteilung der Auswirkung auf externe Nutzer (Rover) in der täglichen Praxis kaum zuließ. Das hat sich heute etwas verbessert, aber für zuverlässige, unabhängige oder vergleichbare Performancebeurteilungen sind sie nach wie vor wenig geeignet.

NMEA ist die Kurzform von „NMEA 0183 Interface Standard“, wobei NMEA für „National Marine Electronics Association“ steht.

Ab etwa 2005 ist man auf die Idee gekommen, den „Quality Indicator“ im **NMEA** String des Nutzers, auch bekannt als Fixstatus, zu erfassen und auszuwerten. Von der Erreichung der cm-Genauigkeit des Nutzers kann man dabei allgemein ausgehen, wenn die Mehrdeutigkeiten der Trägerphasen auf ganzzahlige Werte festgesetzt werden konnten und dadurch der Qualitätsindikator 4 (Real-Time Kinematic, fixed integers) an die Zentrale übertragen wird. Weiter ist man damit in der Lage, die Zeitdauer von der Einwahl bis zum Erreichen des Fix, die sogenannte Time to Fix Ambiguity (TTFA) annähernd zu bestimmen. Die Genauigkeit dieser Zeitmessung ist allerdings abhängig vom Wiederholrhythmus der NMEA-Übertragung. Sendet der Rover alle 10 Sekunden eine NMEA-Zeichenkette ist die gemessene TTFA zum Beispiel bis zu 9 Sekunden zu hoch. Und einige Nutzer mit GNSS-Sonderlösungen und speziellen **Ntrip**-Clients übertragen ihren Fixstatus nicht korrekt.

Ntrip steht für „Networked Transport of RTCM via Internet Protocol“ und regelt die Übertragung von GNSS-Echtzeitdaten über das Internet.

Seit 2010 werden die TTFA und der Fixstatus 4 in Sachsen-Anhalt bzw. bundesweit erfasst und ausgewertet. Als Beispiel zeigt Abb. 9 die Monatsstatistik vom Februar 2020. Anfangs bewegte sich die durchschnittliche Fixingzeit um 40 Sekunden und etwa über 80 % der Einwahlen erreichten cm-Genauigkeit. Ab 2016 bewegt sich die durchschnittliche TTFA auf einem sehr guten Niveau um die 20 Sekunden und weist eine hohe Stabilität und Qualität des SAPOS HEPS nach. Ab 2018 zeigt auch Lösungsstatus 4 eine hohe Konstanz und beträgt etwa 90 %. Das bedeutet, dass nur bei einer von 10 Einwahlen kein Fix und damit keine cm-Genauigkeit erreicht wird. In den Sommermonaten steigt derzeit die durchschnittliche TTFA etwas an und der prozentuale Anteil des Fixstatus 4 nimmt um einzelne Prozente ab.

Tendenziell scheint damit das Potenzial für SAPOS als Bindeglied zwischen Satellitensegment und Dienstanutzer ausgeschöpft zu sein. Die Zahlen zeigen nicht vordergründig die Technologie, die Güte der Messgeräte und der Software auf, sondern eher die Vielfalt in der Nutzung des Dienstes durch die unterschiedlichsten Branchen mit ih-

ren Ansprüchen und Erfordernissen. Es wird bei dieser Statistik also auch die Vielfalt des Vermessungsalltags wiedergespiegelt.



Bundesweite SAPOS® - Statistik HEPS Dienstqualität und TTFA

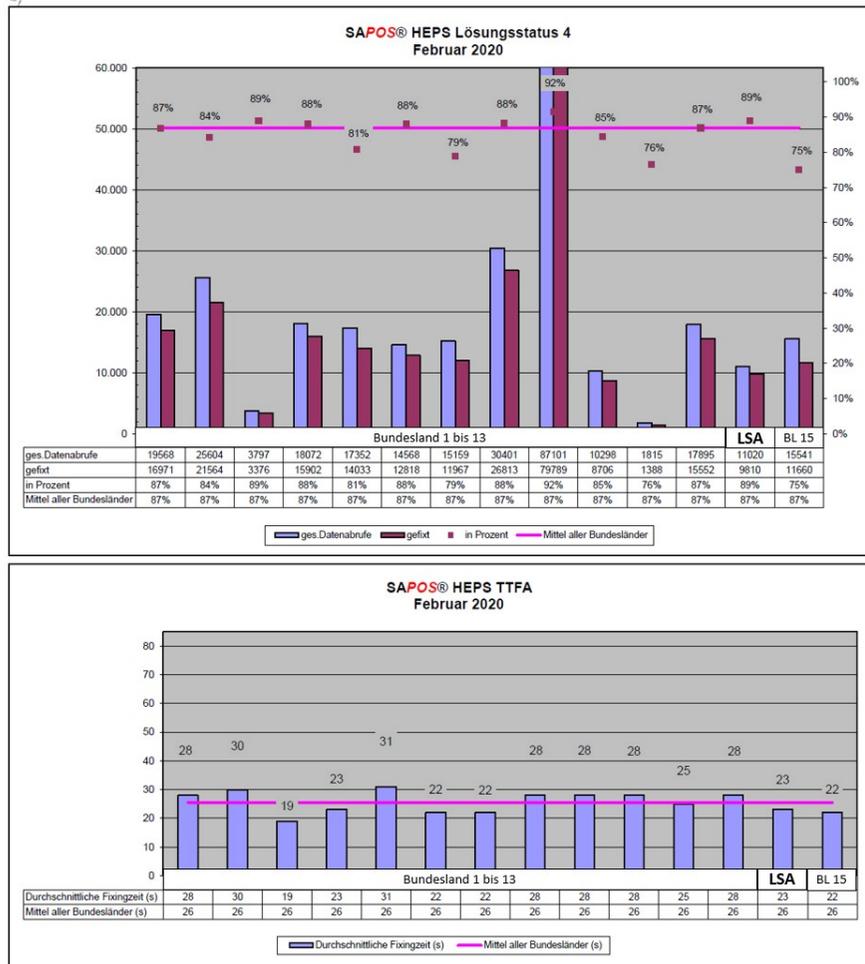


Abb. 9: Beispiel Statistik Qualität des SAPOS-HEPS, erstellt durch LGB Brandenburg

Projektgruppe SAPOS®-Qualitätsmanagement (PG QM2)

erstellt von SAPOS® Brandenburg 11.03.2020

3.6 Nutzerresonanz/Nutzung des SAPOS-HEPS

Bis 2017 sollte das Kundenverhalten bzgl. SAPOS HEPS bundesweit verglichen werden. Dazu wurden anonymisierte Informationen über Zeitumfang und Häufigkeit der Nutzung sowie Entwicklung der Kundenanzahl statistisch aufbereitet. Die Statistik diente sowohl dem Benchmarking der Mitgliedsverwaltungen als auch zur Orientierungshilfe für die Öffentlichkeitsarbeit und den technischen Betrieb. Auf Bestreben der bis dahin federführenden Mitgliedsverwaltung wurde diese Statistik 6 ab 2018 grundlegend konzeptionell geändert.

Heute werden auch Informationen über die Nutzung und Auslastung des HEPS in den einzelnen Ländern und bei der ZSS hinsichtlich Umfang der Nutzung (Zeitumfang/

Nutzungsvolumen), Häufigkeit der Nutzung (Anzahl der Einwahlen/Zugriffe) und Umfang und Häufigkeit der Nutzung der einzelnen Mountpoints (Datenart, Vernetzungsrepräsentation, Anzahl der GNSS) erfasst. Dabei interessiert besonders:

- ◆ Wie stark werden die einzelnen Datenarten in den verschiedenen Bundesländern genutzt?
- ◆ Gibt es saisonale Unterschiede in der Auslastung der Mountpoints?
- ◆ Welche Auswirkungen haben Änderungen in den landesspezifischen Entgeltstrukturen (Kostenfreiheit / Open-Data / landwirtschaftliche Lösungen)?
- ◆ Wie ist die Relation der Nutzung zwischen Kunden der Zentralen Stelle SAPOS und Länderkunden?
- ◆ Wie ist das Nutzungsverhalten der ZSS-Kunden (Zugriffe, Volumen) am bundesweiten zentralen Ntrip-Caster?

RTK steht für Real Time Kinematic und ist das Synonym für zentimetergenaue GNSS-Echtzeitmessung.

3.7 Genauigkeit des SAPOS-HEPS anhand der RTK-Monitorstationen

Das ist die Statistik mit dem längsten Namen, aber längst hat sich das Kürzel **STATISTIK 7** etabliert. Wegen der großen Bedeutung und den umfassenden Ausführungen zu dieser Statistik wird diesem Bestandteil der Qualitätssicherung ein EIGENES, das nachfolgende Kapitel gewidmet.

4 HEPS-Monitoring in Sachsen-Anhalt und bundesweit

Bereits im Jahr 2007 präsentierte Martin Freitag von der bayerischen Landesvermessung sein Konzept von einem RTK-Monitoring und seine zugehörige Software RTKMon. Seinerzeit schien es allen anderen SAPOS-Providern noch ziemlich aufwendig, einen festen SAPOS-Rover mit der Infrastruktur einer SAPOS-Referenzstation nur für Testmessungen einzurichten und vorzuhalten. Heute haben alle Bundesländer mindestens eine Monitoringstation, auch wenn es teilweise ausgemusterte Referenzstationen sind, welche den hohen Ansprüchen an die Stationsqualität von SAPOS nicht mehr genügen.

4.1 Grundlagen des HEPS/RTK-Monitorings

Beim HEPS-Monitoring erzeugt ein RTK-Empfänger auf einer festen Monitoringstation (im Weiteren: MS), deren Position hochgenau bekannt ist, permanent RTK-Lösungen unter Verwendung von Korrekturdaten aus dem SAPOS-Dienst HEPS. Zwischen den einzelnen Lösungen (Sessionergebnis) erfolgt eine Neuinitialisierung zur neuen Festsetzung der Mehrdeutigkeiten. Die Sessionergebnisse werden dauerhaft als Positionen oder als Abweichungen zur Sollposition gespeichert. Zusätzlich werden Metainformationen wie Uhrzeit, TTFA, Satellitenanzahl und DOP-Werte gespeichert.

Es sind 2 grundsätzlich verschiedene Arten von MS zu unterscheiden: Die reine Monitoringstation und die kombinierte Referenz-/Monitoringstation. Viele reine Monitoringstationen über die Landesfläche zu verteilen ist sehr aufwändig, weil praktisch die komplette Infrastruktur einer Referenzstation (im Weiteren: RS) vorzuhalten ist und die Station für den Nutzer noch sinnvoller wäre, wenn sie auch eine RS ist. Die zweite Variante ist besonders effizient, weil eine Station mit einem Receiver (oder 2 Receiver an einer Antenne) beide Funktionalitäten erfüllen kann und die Aussagekraft für das Monitoring dieselbe ist. Allerdings müssen zwingend separate Korrekturdaten für

RTKMon wurde erstmalig auf dem 7. SAPOS-Admintreffen 2007 in Magdeburg vorgestellt.

DOP – Dilution of Precision – Beeinflussung durch Satellitengeometrie

Kombinierte Referenz-/Monitoringstationen sind hocheffizient.

das Monitoring generiert werden, welche keinen direkten Bezug zu den Korrekturen im Beobachtungsraum der Monitoringstation haben.

Das Monitoring einer einzelnen MS ist aber nicht zwangsweise repräsentativ für ein größeres Gebiet. Die einzelne Monitoringposition (Sessionergebnis) bleibt bei Messungen im Beobachtungsraum OSR (Observation State Representation) bei aller Vernetzung und Modellierung eine bilaterale Aushandlung zwischen dem Rover und der jeweiligen Master-/Mutter- oder Hauptreferenzstation. Deswegen können über eine gesamte Landesfläche auch sehr unterschiedliche Monitoringergebnisse erzielt werden. Das heißt im Wesentlichen, dass für eine repräsentative Genauigkeitsaussage auch möglichst viele über die Landesfläche verteilte MS arbeiten müssten.

Neben den üblichen genauigkeitsbeeinflussenden Faktoren von GNSS-Echtzeitmessungen (Stationsumgebung sowie ionosphärische und troposphärische Verhältnisse) sind die Monitoringergebnisse weiter abhängig von:

- ◆ den Entfernungen der MS zur nächstgelegenen/benutzten RS (RTK-Basislinie)
- ◆ den Höhenunterschieden im Netz und zur Monitoringposition
- ◆ Soft- oder Hardwarelösung und deren spezielle Konfigurationen
- ◆ Messungsdauer nach der Initialisierung
- ◆ den benutzten Vernetzungsrepräsentationen (VRS, FKP, MAC und folgende)
- ◆ Handling bei Ausfällen und Störungen bzw. offensichtlichen Fehlfunktionen der MS
- ◆ Genauigkeit, Herkunft und Nachführung der Soll-Koordinate der MS
- ◆ Kurzperiodische und/oder jahreszeitliche Schwankungen der MS und der RS

**FKP – Flächenkorrekturparameter
MAC - Master
Auxiliary Concept**

4.2 HEPS-Monitoring in Sachsen-Anhalt

Einige Jahre beschränkte sich Sachsen-Anhalt auf das Verfolgen der Entwicklungen auf diesem Gebiet. Ab 2014 kamen Referenzstationsempfänger mit integrierter RTK-Engine auf und Sachsen-Anhalt begann sofort damit, die zweite Variante des HEPS-Monitorings (kombinierte RS/MS) umzusetzen. Neben der Funktionalität der Echtzeit-Überwachung des SAPOS-HEPS stand von Anfang an das Bestreben, die definierte HEPS-Genauigkeit von 1–2 cm in der Lage und 2–3 cm in der Höhe nachzuweisen.

Konfiguration, Betrieb und Überwachung dieses umfangreichen HEPS-Monitorings sind aufwendig aber lohnend.

Dazu führen seit 2015 alle SAPOS-Stationen von Sachsen-Anhalt permanent rund um die Uhr RTK-Messungen mit einem zeitlichen Abstand von 1–2 Minuten durch. Für die Betriebsüberwachung des HEPS werden alle Einzelmessungen sofort mit der Soll-Position verglichen und an die Zentrale gemeldet und dargestellt (Abb. 10). Für die statistische Beurteilung der Genauigkeit werden jeweils alle Messergebnisse einer Stunde zusammengefasst. Die Stunde ist damit die kleinste Zeiteinheit als Grundlage für Tages-, Monats- oder Jahresgenauigkeiten. Mithin führen etwa 20.000 einzelne RTK-Messungen zur Ermittlung der HEPS-Tagesgenauigkeiten (Lage und Höhe) von Sachsen-Anhalt. Abbildung 11 zeigt 730 HEPS-Tagesgenauigkeiten, jeweils für Lage und Höhe mit deutlichen tagesabhängigen Unterschieden.

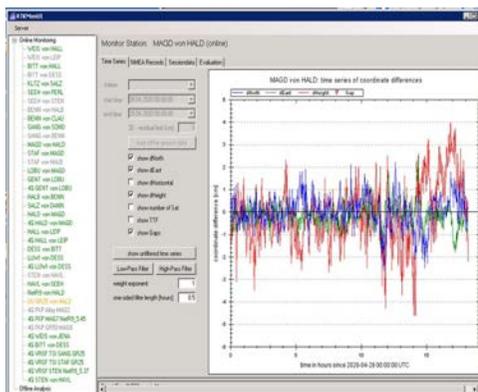


Abb. 10: User Interface von RTKMon in der SAPOS-Zentrale

Lage in cm		Tag des Monats																														Monats		
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	Mittel	
Jan 19	0,85	0,81	0,90	0,88	0,84	0,77	0,67	0,76	0,82	0,67	0,68	0,74	0,72	0,69	0,80	0,82	0,84	0,80	0,75	0,66	0,68	0,72	0,72	0,82	0,81	0,88	0,77	0,88	0,89	0,78	0,85	0,78		
Feb 19	0,78	0,71	0,69	0,66	0,72	0,65	0,70	0,72	0,75	0,66	0,76	0,79	0,67	0,63	0,70	0,71	0,75	0,92	0,84	0,73	0,67	0,62	0,66	0,71	0,73	0,67	0,75	0,67	0,75	0,67	0,71	0,71	0,71	0,71
März 19	0,94	0,84	0,68	0,68	0,68	0,69	0,73	0,80	0,79	0,82	0,91	0,79	0,70	0,67	0,67	0,71	0,80	0,83	0,67	0,66	0,68	0,70	0,81	0,63	0,67	0,71	0,63	0,68	0,74	0,70	0,68	0,69	0,69	
Apr 19	0,65	0,63	0,74	0,85	0,87	0,62	0,65	0,79	0,82	0,80	0,90	0,88	0,92	0,91	0,84	0,83	0,79	0,84	0,71	0,80	0,85	0,96	1,02	0,79	0,98	0,87	0,71	0,83	0,77	0,95	0,83	0,83	0,83	
Mai 19	0,83	0,71	0,85	0,94	0,80	0,71	0,78	0,83	0,90	1,18	0,78	0,82	0,84	0,88	0,88	1,05	0,76	0,72	0,81	0,72	0,83	0,89	0,92	0,96	1,00	1,00	1,14	1,20	1,14	1,20	1,31	1,29	0,93	
Jun 19	1,30	1,06	1,04	1,02	0,95	0,91	1,07	1,25	1,48	0,98	0,92	0,91	0,81	0,84	0,95	0,95	1,00	0,78	0,87	0,86	1,28	0,93	0,85	0,86	0,81	0,95	0,97	1,05	1,12	1,25	1,25	1,25	0,98	
Juli 19	0,70	0,83	0,86	0,97	1,00	0,90	0,99	0,78	1,03	0,96	1,09	1,18	0,95	0,86	0,94	1,05	1,22	0,82	0,75	0,94	0,78	1,06	1,04	0,79	0,92	1,09	1,27	1,33	1,17	1,22	1,26	1,26	0,98	
Aug 19	1,16	1,38	1,03	1,33	0,98	0,85	1,14	1,15	1,38	1,02	0,91	0,79	0,99	0,94	0,86	0,78	0,97	1,02	0,99	0,90	0,96	0,79	1,22	1,26	0,89	0,82	0,98	0,74	0,85	0,87	0,82	0,99	0,99	
Sep 19	0,91	0,82	0,99	1,02	0,93	1,01	0,94	0,77	0,83	0,95	0,99	1,13	0,90	0,93	0,83	0,76	0,78	0,81	0,89	0,98	1,11	0,90	0,94	1,00	0,74	0,87	0,87	0,96	0,69	0,77	0,90	0,90	0,90	
Oktober 19	0,81	0,77	0,92	0,76	0,72	0,83	0,78	0,67	0,72	0,74	0,68	0,80	0,74	0,70	0,74	0,80	0,75	0,85	0,68	0,70	0,81	0,88	0,77	0,81	0,83	0,86	0,79	0,68	0,70	0,90	0,75	0,77	0,77	
Nov 19	0,69	0,74	0,67	0,68	0,71	0,67	0,70	0,81	0,77	0,71	0,77	0,79	0,82	0,72	0,74	0,67	0,67	0,71	0,72	0,73	0,73	0,75	0,80	0,77	0,74	0,73	0,66	0,67	0,78	0,82	0,82	0,82	0,73	
Dez 19	0,76	0,79	0,93	0,92	0,75	0,74	0,87	0,81	0,82	0,84	0,71	0,70	0,71	0,71	0,69	0,73	0,74	0,72	0,73	0,73	0,82	0,78	0,72	0,74	0,76	0,84	0,83	0,78	0,87	0,81	0,88	0,78	0,78	
Jan 20	1,03	0,81	0,70	0,71	0,78	0,73	0,88	0,78	0,70	0,70	0,81	0,80	0,82	0,77	0,71	0,76	0,75	0,67	0,62	0,65	0,73	0,68	0,65	0,70	0,71	0,80	0,81	0,71	0,70	0,70	0,70	0,74	0,74	
Feb 20	0,74	0,75	0,78	0,73	0,73	0,78	0,81	0,71	0,91	0,83	0,78	0,75	0,74	0,78	0,89	0,83	0,78	0,70	0,76	0,78	0,93	0,77	0,74	0,77	0,74	0,79	0,73	0,76				0,78	0,78	
März 20	0,77	0,71	0,82	0,93	0,85	0,78	0,92	0,82	0,87	0,86	0,73	0,76	0,78	0,78	0,85	0,78	0,95	0,98	0,80	0,70	0,68	0,78	0,74	0,83	0,85	0,73	0,68	0,68	0,67	0,73	0,87	0,80	0,80	
Apr 20	0,71	0,73	0,74	0,70	0,65	0,73	0,74	0,82	0,77	0,79	0,72	0,70	0,71	0,67	0,68	0,70	0,73	0,70	0,71	0,72	0,74	0,75	0,70	0,74	0,75	0,70	0,85	0,75	0,82	0,77	0,79	0,74	0,74	
Mai 20	0,80	0,83	0,84	0,84	0,81	1,08	0,95	0,83	0,89	0,83	0,81	1,28	1,10	0,74	0,77	0,82	0,94	1,03	1,08	1,11	1,05	0,83	1,03	0,94	1,12	1,10	1,02	1,10	0,88	0,86	0,94	0,97	0,97	
Jun 20	1,01	0,94	1,07	0,91	1,29	1,12	0,95	1,07	0,92	0,88	1,35	1,27	1,26	1,00	1,19	0,95	0,89	0,93	0,81	0,84	0,89	0,94	0,85	0,94	1,15	0,93	0,78	0,78	1,05	1,06	1,06	1,06	0,98	
Juli 20	1,35	0,84	0,83	0,84	0,81	1,08	0,95	0,83	0,89	0,83	0,81	1,28	1,10	0,74	0,77	0,82	0,94	1,03	1,08	1,11	1,05	0,83	1,03	0,94	1,12	1,10	1,02	1,10	0,88	0,86	0,94	0,97	0,97	
Aug 20	0,91	1,08	1,28	0,78	0,97	1,11	1,12	1,05	0,99	1,21	1,04	0,96	0,95	0,91	1,14	0,91	1,02	1,10	0,97	0,86	0,75	0,68	0,76	0,84	1,02	1,13	1,07	1,28	1,15	1,08	1,00	1,01	1,01	
Sep 20	1,20	0,90	0,81	0,89	0,99	0,85	0,93	0,78	0,78	0,84	0,85	0,90	1,03	0,77	1,00	1,13	1,04	0,92	0,77	0,70	0,72	0,68	0,70	0,96	1,00	1,02	0,87	0,96	0,94	1,02	0,97	0,90	0,90	
Oktober 20	1,01	0,94	0,75	0,68	0,68	0,64	0,69	0,99	0,83	0,82	0,85	0,98	0,92	0,78	0,73	0,86	0,86	0,99	0,78	0,74	0,81	0,74	0,70	0,76	0,86	0,93	1,04	0,71	0,64	0,68	0,68	0,81		
Nov 20	0,68	0,93	0,68	0,81	0,79	0,69	0,73	0,68	0,70	0,68	0,73	0,79	0,78	0,82	0,74	0,77	0,74	0,73	0,78	0,74	0,71	0,71	0,75	0,74	0,71	0,74	0,78	0,89	0,81	0,75	0,72	0,75	0,75	
Dez 20	0,69	0,73	0,74	0,74	0,72	0,88	0,76	0,87	0,89	0,73	0,80	0,75	0,74	0,77	0,90	0,83	0,78	0,77	0,73	0,78	0,75	0,80	0,70	0,80	0,70	0,70	0,64	0,63	0,75	0,94	0,74	0,76	0,76	

Höhe in cm		Tag des Monats																														Monats	
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	Mittel
Jan 19	1,39	1,28	1,44	1,32	1,40	1,27	1,09	1,46	1,25	1,06	1,00	1,12	1,10	1,07	1,21	1,31	1,33	1,28	1,16	1,08	0,97	1,11	1,18	1,40	1,23	1,01	1,23	1,31	1,36	1,19	1,27	1,22	1,22
Feb 19	1,17	1,09	1,04	1,03	1,09	0,99	1,06	1,08	1,13	1,06	1,23	1,25	1,00	0,98	1,23	1,18	1,17	1,48	1,23	1,14	1,00	0,93	0,99	1,07	1,06	0,99	1,16	1,04				1,10	1,10
März 19	0,91	0,91	1,16	1,04	1,01	1,11	1,24	1,27	1,31	1,23	1,36	1,24	1,04	1,04	1,05	1,09	0,90	0,91	0,91	1,11	1,10	1,14	0,97	0,95	1,03	1,15	0,98	0,92	1,14	1,01	0,96	1,07	1,07
Apr 19	1,05	1,07	1,14	1,49	1,37	1,00	1,04	1,60	1,51	1,30	1,57	1,44	1,55	1,50	1,50	1,48	1,26	1,49	1,21	1,46	1,46	1,59	1,67	1,43	1,73	1,44	1,12	1,56	1,24	1,51	1,40	1,40	
Mai 19	1,33	1,12	1,54	2,03	1,42	1,10	1,24	1,32	1,40	2,06	1,20	1,44	1,61	1,55	1,38	1,92	1,31	1,38	1,56	1,25	1,39	1,50	1,59	1,84	1,85	1,79	1,98	1,86	2,12	2,49	2,23	1,60	1,60
Jun 19	2,31	1,66	1,74	1,69	1,77	1,91	1,94	2,67	2,19	1,71	1,92	1,59	1,40	1,40	1,64	1,61	2,09	1,34	1,67	1,54	2,15	1,42	1,52	1,38	1,40	1,65	1,67	1,62	2,12	1,36	1,74	1,74	
Juli 19	1,15	1,41	1,52	1,66	1,72	1,93	1,87	1,32	1,79	1,61	1,72	2,04	1,68	1,50	2,00	1,85	2,31	1,50	1,47	1,46	1,32	1,79	1,74	1,25	1,51	2,10	2,22	2,32	2,10	2,22	2,17	1,74	
Aug 19	1,87	2,38	1,85	2,19	1,62	1,45	2,10	2,04	2,00	1,75	1,51	1,31	1,78	1,53	1,43	1,43	1,66	1,98	1,70	1,42	1,60	1,71	2,09	2,39	1,56	1,28	1,68	1,21	1,45	1,58	1,54	1,68	
Sep 19	1,62	1,44	1,72	1,65	1,97	1,81	1,69	1,34	1,38	1,66	1,77	2,14	1,46	1,49	1,34	1,16	1,39	1,60	1,58	1,71	2,08	1,46	1,49	1,64	1,18	1,51	1,73	1,71	1,16	1,30	1,57	1,57	
Oktober 19	1,33	1,25	1,59	1,30	1,07	1,36	1,36	1,26	1,26	1,22	1,17	1,48	1,45	1,19	1,37	1,37	1,52	1,64	1,28	1,10	1,52	1,61	1,20	1,32	1,43	1,27	1,19	1,04	1,00	1,42	1,24	1,32	1,32
Nov 19	1,13	1,23	1,08	1,03	1,08	1,03	1,07	1,28	1,20	1,12	1,27	1,33	1,41	1,10	1,26	1,11	1,01	1,15	1,08	1,12	1,03	1,14	1,34	1,18	1,22	1,06	0,97	1,01	1,37	1,38	1,46	1,16	
Dez 19	1,20	1,22	1,53	1,52	1,21	1,23	1,42	1,27	1,29	1,27	1,06	1,09	1,06	1,15	1,03	1,10	1,11	1,11	1,21	1,14	1,16	1,25	1,18	1,13	1,18	1,42	1,67	1,31	1,40	1,31	1,40	1,25	
Jan 20	1,71	1,22	1,13	1,08	1,18	1,19	1,41	1,19	1,08	1,04	1,26	1,24	1,27	1,23	1,09	1,17	1,28	1,06	1,05	0,96	1,20	1,13	0,96	1,14	1,09	1,20	1,23	1,04	1,11	1,09	1,07	1,16	
Feb 20	1,17																																

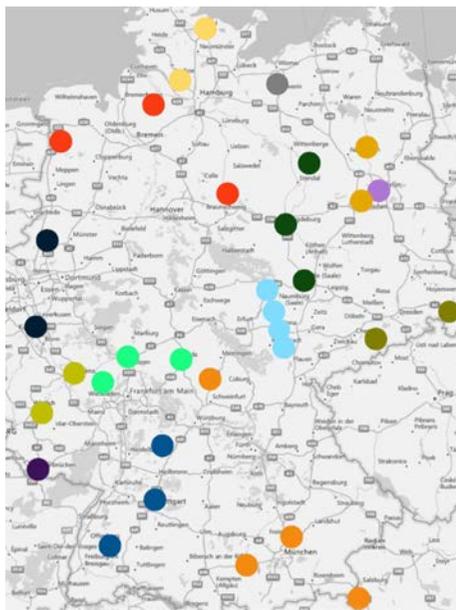
4.3 HEPS-Monitoring bundesweit

Von Kiel bis Berchtesgaden und von Saarbrücken bis Löbau sind derzeit 33 HEPS-Monitoringstationen (siehe Abb. 13) unterschiedlichster Ausprägung in Betrieb. Dabei ist diese Artenvielfalt durchaus gewollt, denn Ausrüstung und Technologie der Nutzer sind ebenfalls nur an wenige Grundregeln gebunden. Die Entfernungen der MS von der jeweils nächstgelegenen RS reichen von wenigen Metern bis 35 km. Im Durchschnitt sind es 19,4 km. Von Sachsen-Anhalt werden 3 Stationen in die Statistik eingeführt. Die gelieferten statistischen Stundenwerte beruhen im Mittel auf 40 Messungen/Sessions pro Stunde mit einer Bandbreite von 10 bis 60. Die Statistik stützt sich also auf fast 1 Million Einzelmessungen monatlich.

Eine Monatsauswertung der Statistik 7 zeigt Abbildung 14. Auch hier sind deutliche Tageszeitabhängige Genauigkeiten zu erkennen. Zusätzlich ist der beste und der schlechteste Stundenwert markiert, wobei der schlechte Wert bis zum Dreifachen des besten Wertes erreichen kann. Und das ist i.d.R. jeden Monat so. Es ist aber auch festzustellen, dass alle Stundenwerte die HEPS-Genauigkeitsspezifikation bis 2 cm in der Lage und bis 3 cm in der Höhe erfüllen.

Am prägnantesten zeigt Abbildung 15 die jahres- und tageszeitabhängige Genauigkeit des SAPOS-HEPS. Vormittags sind die Genauigkeiten besser als nachmittags und im Winter besser als im Sommer. Das liegt vermutlich am derzeitigen Tiefschlaf der Sonne und damit einhergehend weitgehend ungestörter Ionosphäre. Dagegen bildeten 2019 troposphärische Störungen, welche über den Tag anwachsen, das genauigkeitsbegrenzende Element von HEPS-Messungen. 2018 sahen die Kurven ähnlich aus, wobei zu dieser Zeit vielfach gewittrige Zustände die Genauigkeit beeinflussten.

Statistik 7 gibt der nach SAPOS-Produktdefinition festgelegten Genauigkeit von Lage und Höhe des HEPS ein Gesicht und weist diese mit statistischen Methoden nach. Weiter zeigt die Statistik örtliche und zeitliche Variationen der HEPS-Genauigkeit.



Die Monitoring Stationen der einzelnen Bundesländer haben jeweils die gleiche Farbe.

In die bundesweite Statistik gehen 3 der 18 Monitoring Stationen von Sachsen-Anhalt ein.

Abb. 13: Stationsübersicht der bundesweiten Monitoringstationen

Genauigkeit des SAPOS[®]-HEPS anhand der RTK-Monitorstationen
Februar 2020
Stunden- und Tagesmittel aus 34 Stationen bundesweit

Stationenname (km)	Stunden des Tages (UTC)																								Tagesm.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
01.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
02.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
03.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
04.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
05.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
06.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
07.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
08.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
09.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
10.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
11.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
12.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
13.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
14.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
15.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
16.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
17.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
18.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
19.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
20.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
21.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
22.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
23.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
24.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
25.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
26.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
27.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
28.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
29.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
30.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
31.02.2020	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Durchschnittswert	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88

Die jeweils beste und schlechteste Stunde des Monats sind immer markiert.

Abb. 14: Beispiel bundesweite Statistik 7 vom Februar 2020, erstellt durch LVerM Geo Sachsen-Anhalt

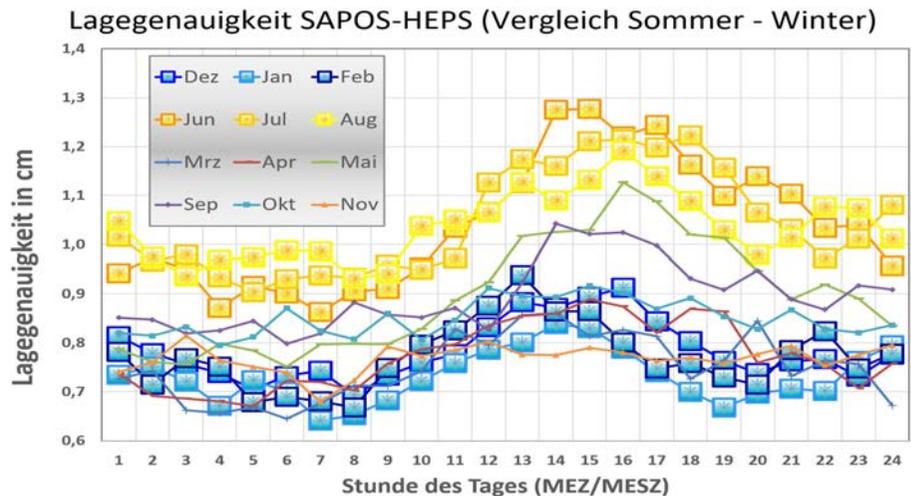


Abb. 15: Jahreszeitliche Abhängigkeit der Genauigkeit von HEPS-Messungen

5 SAPOS Panorama

Die bisherigen Abschnitte zeigten üblicherweise regelmäßig geführte Statistiken, Fakten und Übersichten. Anlassbezogen ergeben sich aber noch mehr Ansatzpunkte, über qualitätsbeeinflussende Aspekte nachzudenken.

5.1 KEINE Statistik – Zwei Extras für die Leser der LSA VERM

In Abschnitt 3.5 wurde die Ermittlung des Lösungsstatus 4 und der TTFA gezeigt. Für die reguläre Statistik werden diese Qualitätskennziffern über alle Einwahlen gemittelt. Durch eine Verschneidung mit anderen Kennziffern können aber weitere interessante Erkenntnisse gewonnen werden.

5.1.1 Nutzerabhängigkeit von SAPOS-HEPS

Für Abbildung 16 wurden die Einwahlen von hoheitlichen Nutzern ausgewertet, welche mindestens 100 Einwahlen im Jahr 2019 hatten. Die Nutzernamen wurden in der Horizontalen durch die jeweilige Anzahl der Einwahlen ersetzt. Hoheitliche Einwahlen wurden deswegen ausgewählt, weil dort mit höchster Wahrscheinlichkeit eine cm-Genauigkeit, mithin eine gefixte Lösung, erreicht werden soll. Es gibt Nutzer, deren Einwahlen fast immer zum Fix geführt haben. Und es gibt Nutzer, deren Initialisierungszeit im Schnitt deutlich vom Mittel nach oben und unten abweichen.

Nutzereinstellungen oder einfach nur Angewohnheiten beeinflussen die HEPS-Performance.

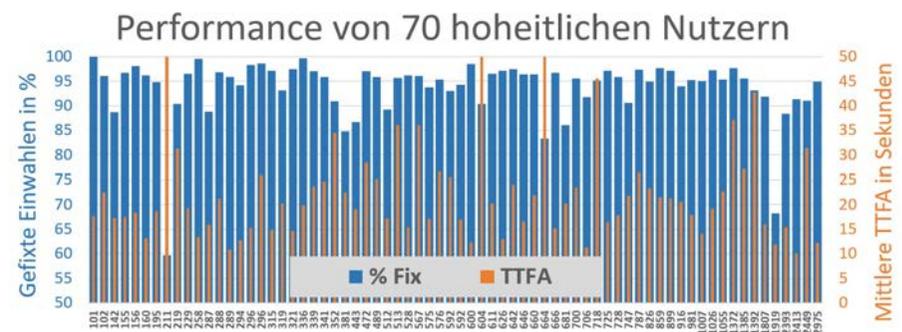
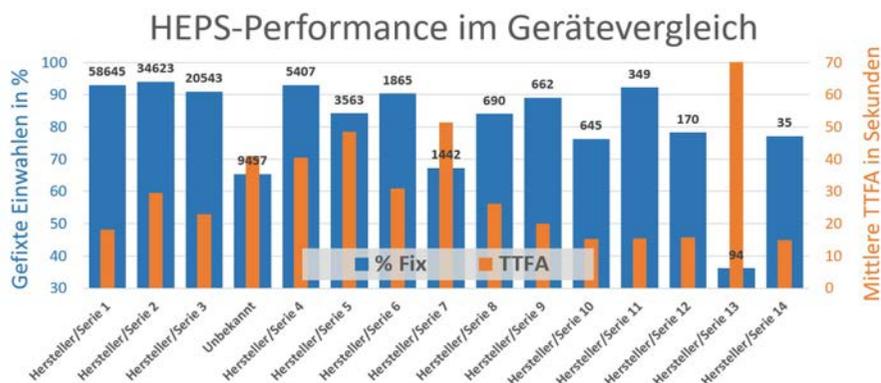


Abb. 16: Nutzerabhängigkeit des SAPOS-HEPS

5.1.2 Geräteabhängigkeit des SAPOS-HEPS

Die Ntrip-Clients versenden bei jeder Einwahl einen üblicherweise gerätetypischen Namen. Bei den meisten Einwahlen ist es damit möglich, auf einen Gerätehersteller oder eine Geräteserie zu schließen, welche an dieser Stelle aber nur anonymisiert veröffentlicht werden kann. Das Diagramm in Abb. 17 beruht auf ca. 138.000 Einwahlen von 2019. Die Sortierung erfolgte nach der Gesamtanzahl der Einwahlen (Zahl über den blauen Balken) je Hersteller/Serie.



Geräte und Technologie beeinflussen die HEPS-Performance.

Abb. 17: Geräteabhängigkeit des SAPOS-HEPS

5.2 Wo Licht ist, ist auch Schatten

Eine wesentliche Zielstellung des Qualitätsmanagements in Sachsen-Anhalt und bundesweit ist die Standardisierung von SAPOS und bundeseinheitliche Darstellung nach außen. Wie die tägliche Praxis und die vorigen Abschnitte belegen, ist dabei auch viel erreicht worden. Die SAPOS-Standards, welche als Pflicht in der SAPOS-Produktdefinition (siehe Quellenverzeichnis) festgeschrieben sind, bilden dabei das Rückgrat der Einheitlichkeit. Sobald es sich aber um einen optionalen Standard handelt, hat ein Zusammenwirken von 2 oder mehr SAPOS-Betreibern kaum Aussicht auf Erfolg. Aktuelles und prominentes Beispiel ist die HEPS-Datenabgabe über GSM. Seit die Telekom im Jahr 2013 die ersten Ankündigungen zum Abschalten der Grundlagentechnologie ISDN machte, war klar, dass die GSM-Abgabe endlich ist. Auch die Endlichkeit des weiter notwendigen Mobilfunkdienstes CSD (Circuit Switched Data), die Probleme bei der Beschaffung aktueller Hardware und die hohen Kosten der Primärmultiplex-Anschlüsse konnten die SAPOS-Betreiber nicht dazu bewegen, sich auf ein einheitliches Ausstiegsszenario zu einigen. Seit Hamburg und Schleswig-Holstein Anfang 2016 die GSM-Abgabe einstellen, hat sich insbesondere Sachsen-Anhalt um einen gemeinsamen geordneten Ausstieg bemüht. Als Konsequenz hat Sachsen-Anhalt dann Anfang 2018 als fünftes Bundesland die GSM-Abgabe im Alleingang beendet. Und es sieht so aus, dass es am Ende 13 Alleingänge werden. Gelebter Föderalismus, siehe Abb. 18.



Abb. 18: GSM Übersicht von Dr. Hans-Jürgen Goldan, Zentrale Stelle SAPOS

5.3 Das Beste zum Schluss

Technik und Abläufe verbessern, Daten analysieren und Kundenorientierung, aber wo bleibt eigentlich der Mensch im QM-System?! Ich entsinne mich gern an das Schlusswort von Herrn Wilfried Wiedenroth, ehemaliger Dezernatsleiter im LVermGeo, auf dem SAPOS-Anwendertreffen 2007 in Magdeburg. „Wir haben heute sehr viel von Technik gehört, aber vergessen Sie nicht, Mensch zu sein.“

Qualität wird von Menschen gemacht! Technik hilft dabei. Mit einer Handvoll kompetenter und engagierter Mitarbeiter gelingt es SAPOS für Sachsen-Anhalt, bundesweit eine wichtige Rolle zu spielen und ist federführend für eine der 7 Qualitätsstatistiken. Alle Statistiken beziehen ihre Wichtigkeit daraus, dass sie den Ländern Anhaltspunkte für Verbesserungen geben. Dabei wird das Motto "Alle für Alle" tatsächlich gelebt und beweist die gute Zusammenarbeit der Länder bei der qualitativ hochwertigen Bereitstellung des amtlichen Raumbezugs für Deutschland.

Damit es auch in Zukunft heißt:

Zitat HEPS-Rover

„Initialisierung erreicht - Punkt gespeichert - Vermessung beendet“

Anschrift des Autors

Frank Auerswald

Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt
Otto-von-Guericke-Straße 15,
39104 Magdeburg
E-Mail: Frank.Auerswald@sachsen-anhalt.de
Telefon: 0391/567-3028

Literaturverzeichnis

AdV 2019a:

Produktdefinition SAPOS Version 8, Stand 19.08.2019, AK Raumbezug der AdV
www.sapos.de/einheitlichkeit.html

AdV 2017:

SAPOS-Qualitätsbericht, AK Raumbezug der AdV, www.sapos.de/einheitlichkeit.html

AdV 2019b:

SAPOS-Bestandsaufnahme, AK Raumbezug der AdV, www.sapos.de/einheitlichkeit.html

AdV 2015:

Qualitätsbericht 2015, Grundlagenbericht, AK Raumbezug der AdV, www.zentrale-stelle-sapos.de/files/SAPOS_Qualitaetsbericht_2015.pdf

Zentrale Stelle SAPOS:

Produktinformationen
www.zentrale-stelle-sapos.de/produktinformationen.html

Zentrale Stelle SAPOS 2020:

News www.zentrale-stelle-sapos.de