



Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

SAPOS®-Qualitätsbericht 2017 der Projektgruppe SAPOS®-Qualitätsmanagement

1. Vorbemerkung

Gemäß Beschluss AK RB 09/18 (2010) ist ein jährlicher SAPOS®-Qualitätsbericht zu erstellen.

2. AdV-Dokumente zum Qualitätsmanagement SAPOS®

Für die SAPOS®-Kunden und für Hersteller und Vertrieb der GNSS-Endgeräte werden die Produktdefinition und die Bestandsaufnahme der Dienste veröffentlicht.

2.1 Produktdefinition SAPOS®

Derzeit befindet sich die aktuelle Produktdefinition SAPOS® (Version 7.0, Stand 10. Juni 2015) unter adv-online/intern unter folgendem Link:

<http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/SAPOS/Veroeffentlichungen-SAPOS/>
<http://www.sapos.de> → Qualitätsmanagement

und unter

<http://www.zentrale-stelle-sapos.de> → Download → SAPOS®-Veröffentlichungen

Die neue Produktdefinition (Version 7.1, Stand 2017) wird hier ebenfalls veröffentlicht.

2.2 Bestandsaufnahme SAPOS®

Alle Betreiberländer nehmen an einer jährlichen Erhebung vieler Details zum Betrieb und zur Ausgestaltung der SAPOS®-Dienste teil. Zusätzlich werden in regelmäßigen Abständen die Daten der SAPOS®-Dienste auf ihre Kompatibilität zur bundesweit einheitlichen SAPOS®-Produktdefinition überprüft. Damit wird die stetige Aktualität der technischen Ausstattung der Referenzstationshardware gesichert und die flächendeckende Interoperabilität zu den Endgeräten garantiert. Die Erkenntnisse dieser Erhebung fließen im Sinne eines aktiven Qualitätsmanagements in die Weiterentwicklung der Produktdefinition ein.

SAPOS®-Bestandsaufnahme zusammen mit Details Echtzeitdienste (Stand 01.01.2017) unter

<http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/SAPOS/Veroeffentlichungen-SAPOS/>

SAPOS®-Bestandsaufnahme unter

<http://www.sapos.de> → Qualitätsmanagement

und unter

<http://www.zentrale-stelle-sapos.de> → Download → SAPOS®-Veröffentlichungen

3. SAPOS®-Statistiken

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

3.1 Multipath der SAPOS®-Referenzstationspunkte

Für das Jahr 2016 wurden Multipath-Effekte an insgesamt 253 Referenzstationen untersucht.

Das stabile Bild der Multipath-Untersuchungen in den vergangenen Jahren wird auch in diesem Jahr bestätigt. Insgesamt ergeben sich nur geringe Veränderungen, was die generell gute Standortwahl der SAPOS®-Referenzstationen belegt.

3.2 Koordinaten-Monitoring der SAPOS®-Referenzstationspunkte im Postprocessing

Die Zeitreihen der Statistik 2 „Koordinaten-Monitoring im Postprocessing“ erfassen mittlerweile einen Zeitraum von fast 10 Jahren und stellen dadurch eine immer wertvoller werdende Datenbasis für Interpretationen bereit. Im Vordergrund steht dabei die ständige Überprüfung der Koordinaten der Referenzstationen durch hochpräzise Postprocessing-Auswertungen. Darüber hinaus gewinnt die Nutzung der Statistikdaten für Aufgaben des Geomonitorings, d.h. der Feststellung des großräumigen Bewegungsverhaltens der Erdoberfläche, immer mehr an Bedeutung. Noch erschweren Brüche im Zeitreihenverlauf, hervorgerufen durch Antennenwechsel oder Datumsänderungen, die Analyse. Diese Problematik wird aktuell von der Projektgruppe Koordinatenmonitoring des Arbeitskreises Raumbezug intensiv bearbeitet und ein Lösungsansatz ist in der Erprobungsphase. Die Statistik 2 wird dabei auch künftig, gegebenenfalls in erweiterter Form, eine zentrale Rolle einnehmen.

3.3 Verfügbarkeit der RINEX-Daten (SAPOS® GPPS)

Zur Realisierung des SAPOS®-Dienstes GPPS, insbesondere für die Bereitstellung sowie langfristige Untersuchung des Bezugssystems und für Kunden mit den entsprechenden Aufgabenstellungen der nachträglichen Prozessierung, werden RINEX-Daten dauerhaft gespeichert. Auf Basis der SAPOS®-Produktdefinition und aus den Vorgaben des Lenkungsausschusses Geobasis an die Zentrale Stelle SAPOS® resultiert für die RINEX-Daten die vereinbarte Verfügbarkeitsquote von 98,5 %. Gemäß der SAPOS®-Produktdefinition wird als Ziel die Datenbereitstellung für 24-7-365 angestrebt. Für 2016 ergibt sich folgendes Bild:

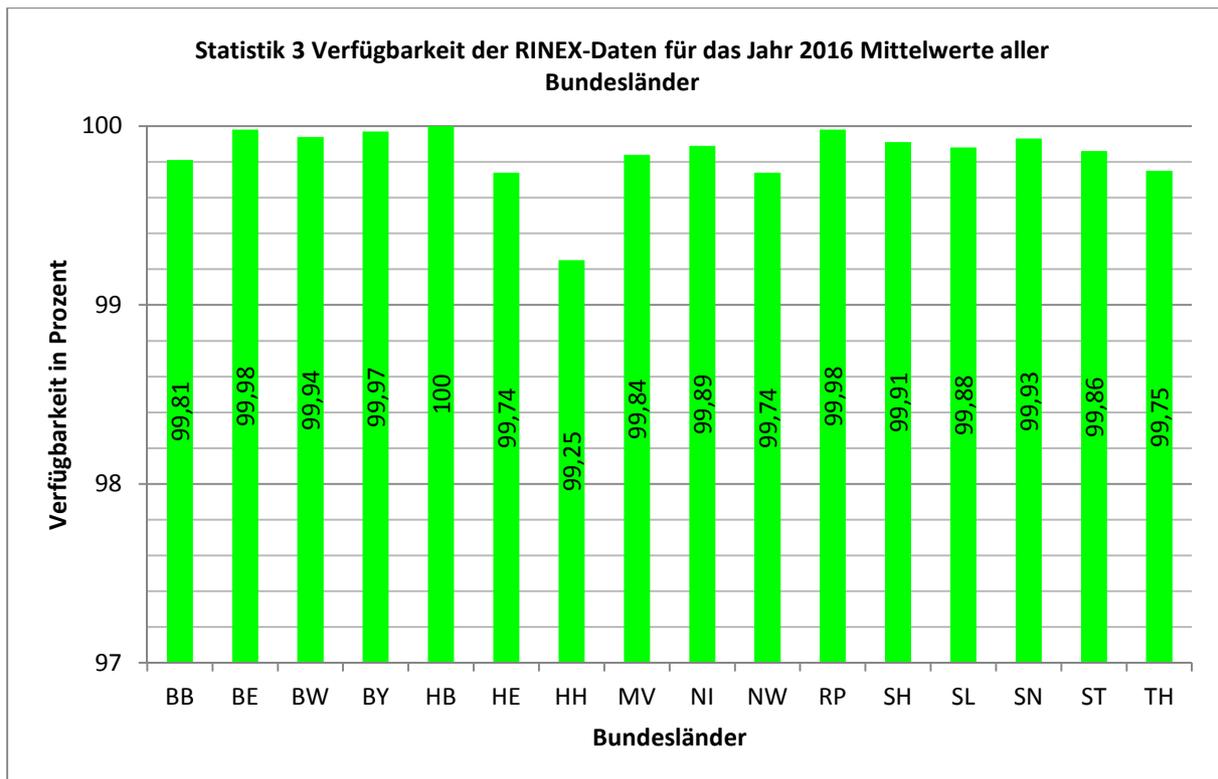


Abbildung 1: Ergebnis der Statistik „Verfügbarkeit der RINEX-Daten“ je Bundesland für das Kalenderjahr 2016

Daraus ergibt sich eine bundesweit durchschnittliche Verfügbarkeit von 99,84 Prozent. Damit wird die vereinbarte Verfügbarkeitsquote sichergestellt. Das Qualitätsziel – 100%-ige Verfügbarkeit der RINEX-Daten – wird also annähernd erreicht.

Für die Jahre seit 2008 ergeben sich damit folgende Werte:

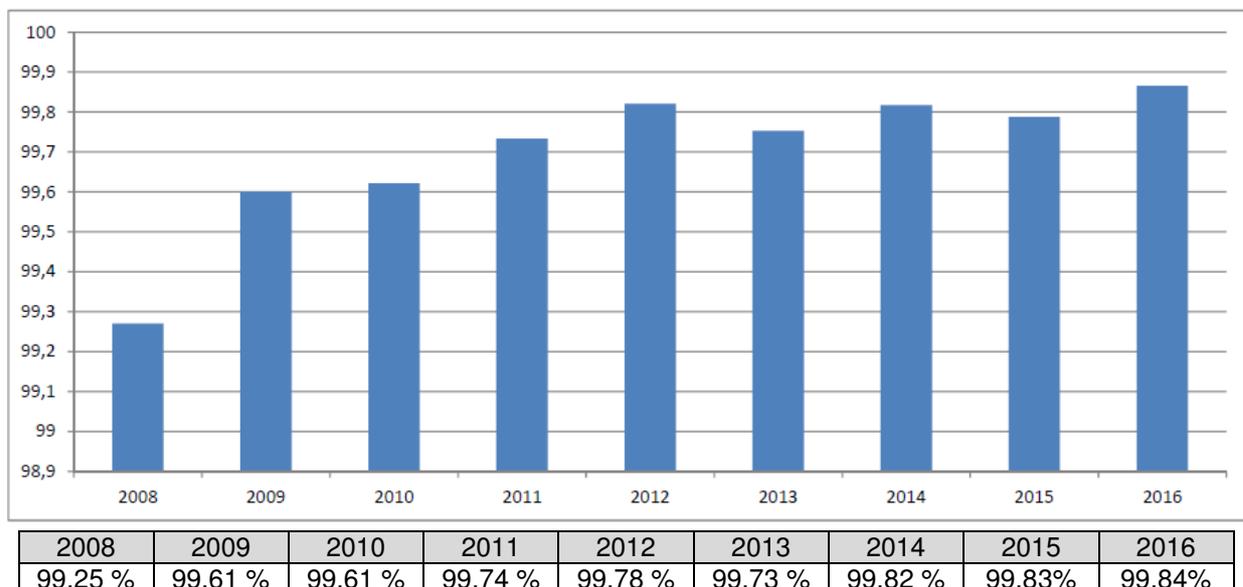


Abbildung 2: Verfügbarkeit der RINEX-Daten (SAPOS® GPPS) von 2008 bis 2016

Ein Ergebnis ist unter anderem auch eine Darstellung der Verfügbarkeit für alle SAPOS®-Stationen bundesweit. Es weisen lediglich zwei Stationen eine Verfügbarkeit unter 98,5% und nur drei unter 99% auf.

Statistik 3 Rinexverfügbarkeit für das Jahr 2016 von allen Stationen

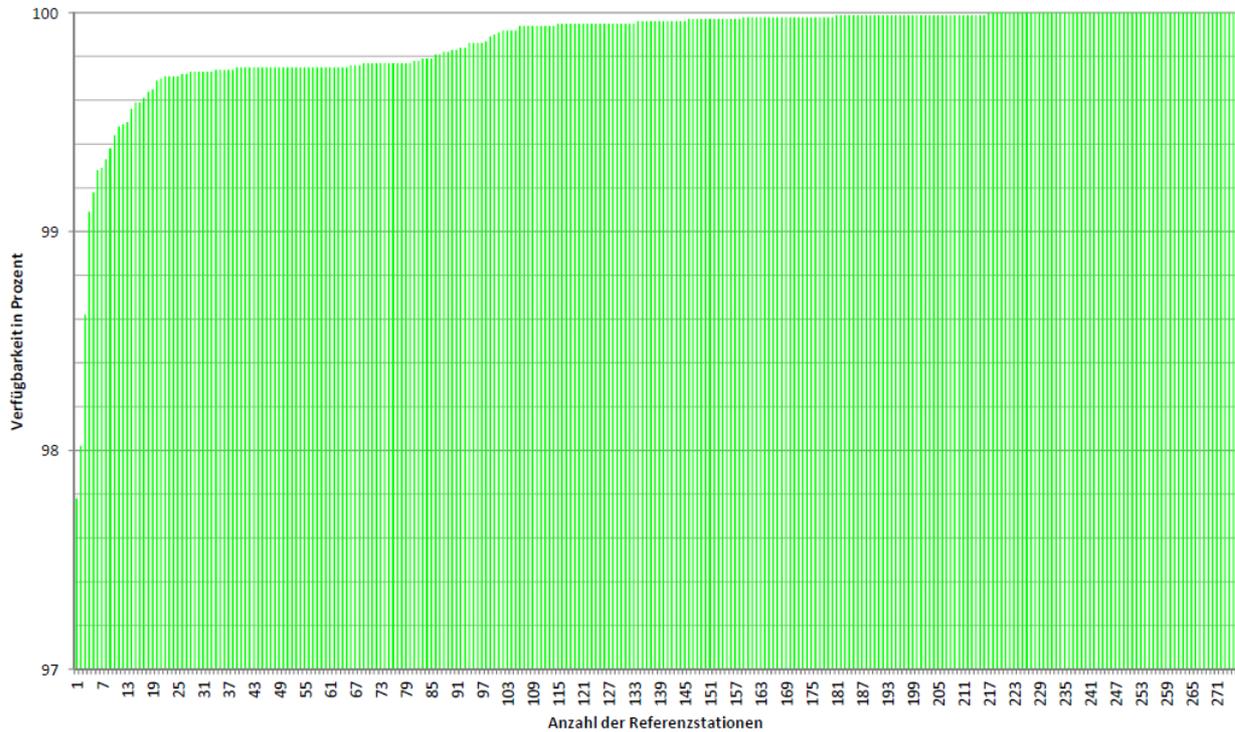


Abbildung 3: „Verfügbarkeit der RINEX-Daten“ aller SAPOS[®]-Stationen für das Kalenderjahr 2016

Die bundesweit vorgehaltenen RINEX-Daten bieten im Rahmen einer Reprozessierung eine gute Basis für die Betrachtung eines längeren Zeitraums.

Die SAPOS[®]-Infrastruktur ist somit eine gute Grundlage und bietet auch das Potenzial für weitergehende Analysen aus dem geodätischen Raumbezug. Damit wird aber auch das Vorhalten und Sichern dieser Daten in den Ländern eine noch wichtigere Aufgabe.

3.4 Verfügbarkeit der Echtzeit-Datenströme an der Zentralen Stelle SAPOS®

Mit der Umsetzung eines umfassenden Redundanzkonzeptes in den Ländern seit 2012 ist die Verfügbarkeit der Datenströme an der Zentralen Stelle SAPOS® auf einem sehr hohen Niveau. Dies betrifft sowohl den Beobachtungszeitraum während der Garantiezeit (Mo bis Fr, 6-18 Uhr) als auch der Angebotszeit (Mo bis So, 0-24 Uhr).

Sichtbar bleiben einzig unvermeidbare Ausfälle z.B. bei Stromausfall durch Blitzschlag.

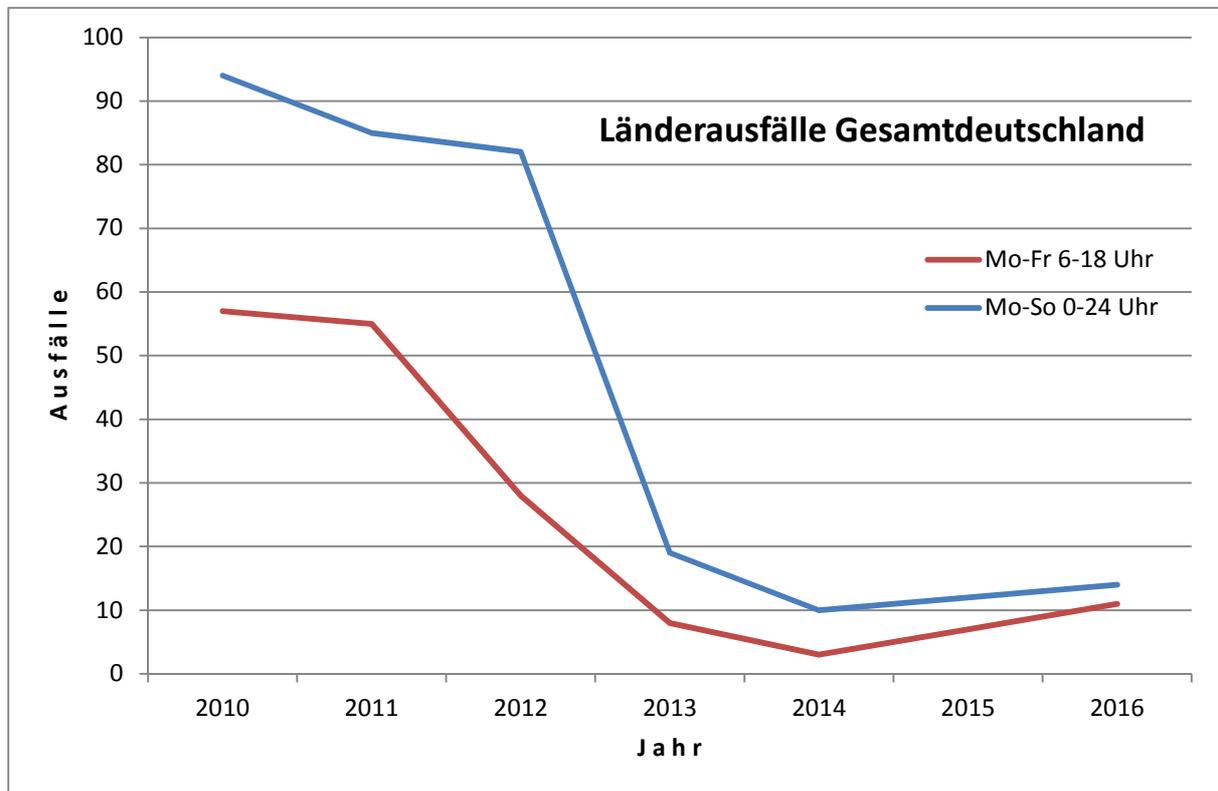


Abbildung 4: Anzahl der vollständigen Länderausfälle im gesamten Bundesgebiet pro Jahr

Über die Ausfälle (z.B. Wartungen am System) werden alle betroffenen Teilnehmer über das Ticket- und Event-System informiert. Geplante Ausfälle (Events) werden so zehn Tage vorher angekündigt. Kurzfristige unvorhersehbare Ausfälle (Tickets) können ebenfalls über dieses System kommuniziert werden.

3.5 Qualität des SAPOS® HEPS anhand des erreichten Lösungsstatus und Zeiten zur Auflösung der Phasenmehrfachigkeiten

Aus den Daten der einzelnen Bundesländer wurden die Minimal- und die Maximalwerte des Monats ausgewählt und gemeinsam mit dem fortgeschriebenen Mittel des bundesweiten Mittelwerts für den Lösungsstatus 4 (Real Time Kinematik fixed; Abbildung 5) und für die TTFA (Time To Fix Ambiguities; Abbildung 6) dargestellt.

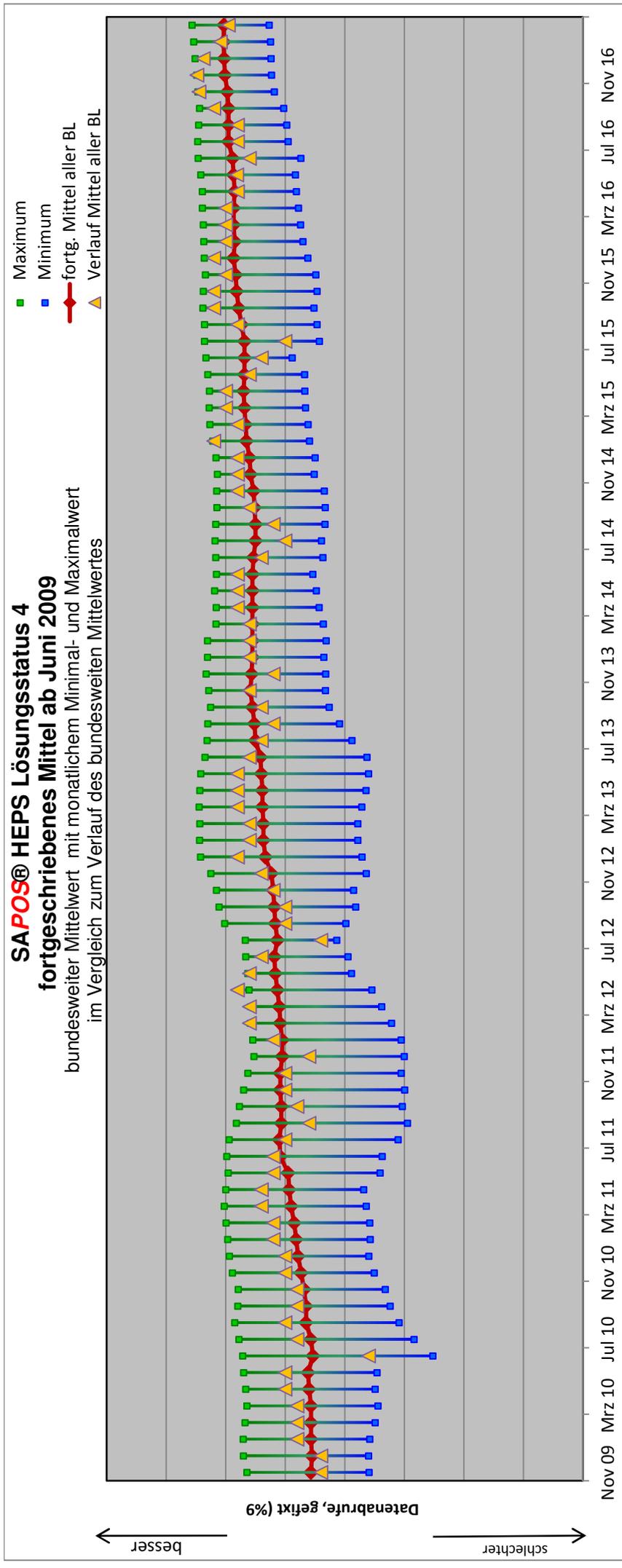


Abbildung 5: HEPS Lösungsstatus 4 – bundesweiter Mittelwert und Streuungsbreite der Monatswerte der Bundesländer

Das fortgeschriebene Mittel des bundesweiten Mittelwertes für den Lösungsstatus 4 zeigt tendenziell einen Anstieg. Die Minimal- und die Maximalwerte verlaufen nicht annähernd parallel, sondern eher sprunghaft und in ihrem Abstand zum Mittelwert mäandrierend. Überwiegend ist der Abstand des Minimalwertes zum Mittelwert größer als der des Maximalwertes zum Mittelwert. Das deutet auf einzelne Ausreißer nach unten, die durch ein Ereignis

hervorgerufen worden (siehe Abbildung 6 mit den Ereignissen 1 bis 4). Die derart schwankenden Ober- und Untergrenzen lassen darauf schließen, dass das Erreichen des Lösungsstatus 4 in erster Linie von lokalen Bedingungen und Ereignissen beim Betreiber abhängt. Das unterstreicht die Betrachtung der monatlichen bundesweiten Mittelwerte im Vergleich zum fortgeschriebenen Mittel (Abbildung 6).

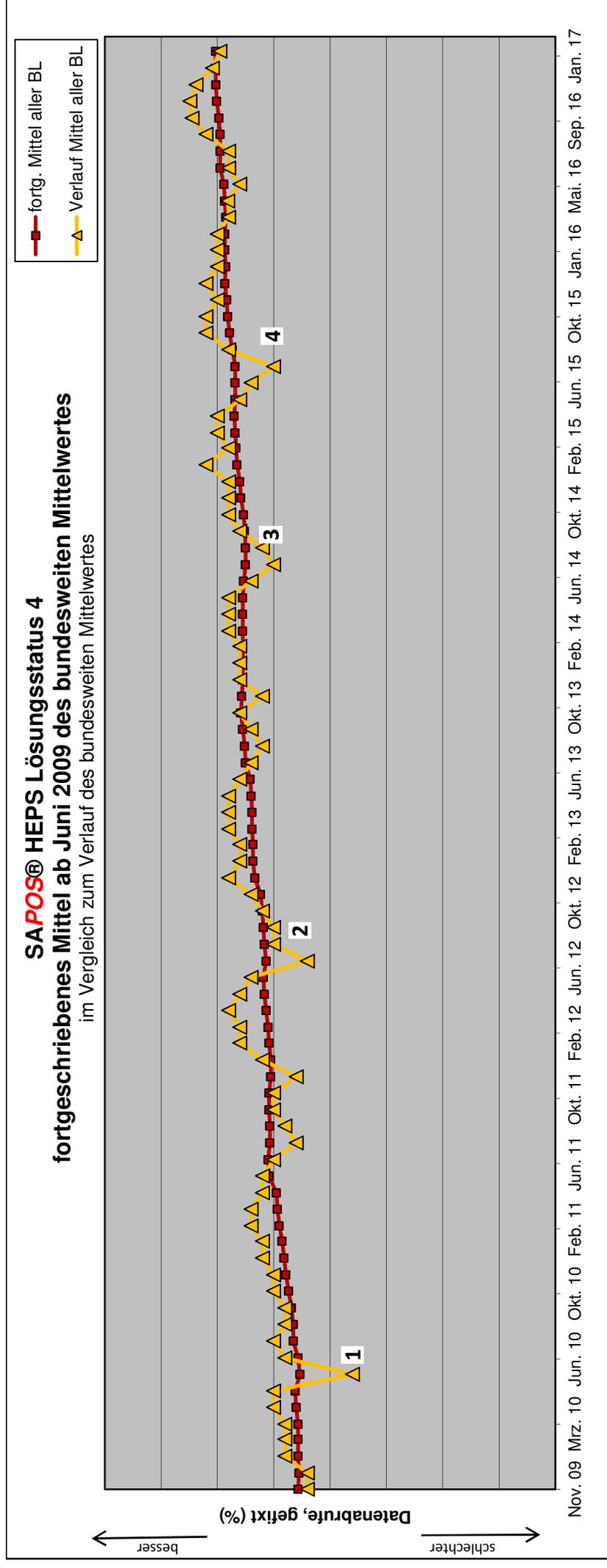


Abbildung 6: HEPS Lösungsstatus 4 - Vergleich des bundesweiten Mittelwertes je Monat mit dem fortgeschriebenen Mittel

Die monatlichen Mittelwerte des Lösungsstatus 4 bewegen sich in der Mehrheit nah über oder unter dem fortgeschriebenen Mittel und erklären die Phasen eines kontinuierlichen Anstiegs des fortgeschriebenen Mittels im Wechsel zu Phasen mit Stagnation bis zu geringfügiger Abnahme. Die negative Ausreißer können eindeutig bestimmten Ursachen zugeordnet werden.

SAPOS® HEPS TTFA
fortgeschriebenes Mittel ab November 2009
 bundesweiter Mittelwert mit monatlichem Minimal- und Maximalwert
 im Vergleich zum Verlauf des bundesweiten Mittelwertes

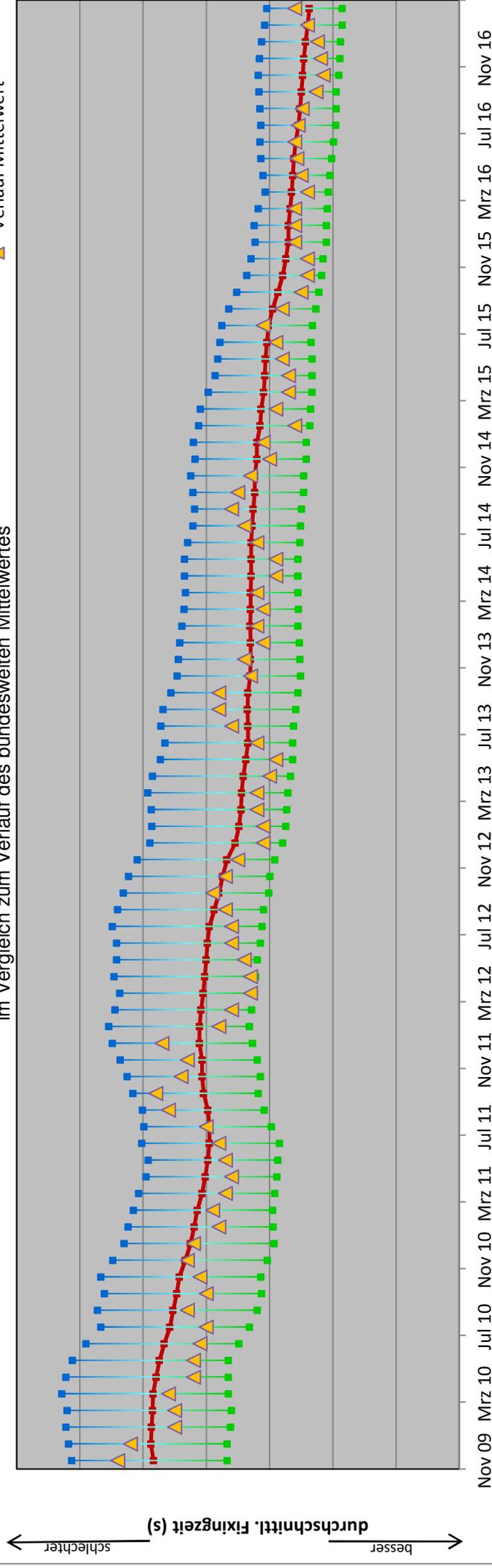


Abbildung 7: HEPS TTFA – bundesweiter Mittelwert und Streuungsbreite der Monatswerte der Bundesländer

Das fortgeschriebene Mittel für die TTFA verläuft wellenförmig. Die Minimal- und die Maximalwerte folgen diesen Wellen. Seit Dezember 2011 nimmt die Streuungsbreite kontinuierlich ab. Die TTFA scheint eher von globalen Einflüssen abzuhängen. Man erkennt die Phase der erhöhten Sonnenaktivität in dem buckelförmigen Verlauf des fortgeschriebenen Mittels von August 2011 bis Dezember 2011, d.h. den eindeutigen Anstieg der TTFA durch den verstärkten Einfluss der Ionosphäre, verursacht durch erhöhte Sonnenaktivität (Zyklus der Sonnenaktivitäten; Abbildung 8).

Auch kommt die technische Weiterentwicklung auf der Nutzerseite und auf der Betreiberseite deutlicher zum Tragen. Die durchschnittliche TTFA (Abbildung 7) hat sich im Betrachtungszeitraum halbiert.

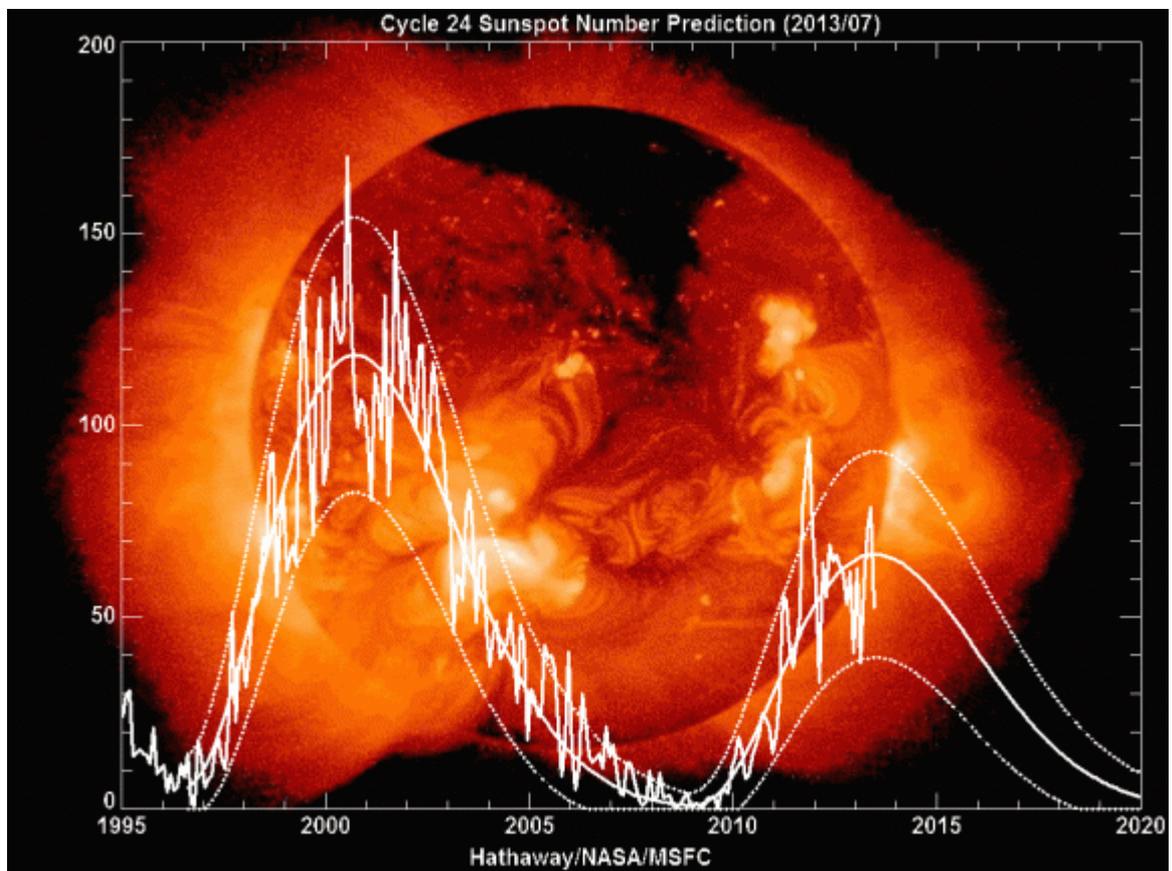


Abbildung 8: Zyklus der Sonnenaktivitäten 1995-2020

SAPOS® HEPS TTFA

fortgeschriebenes Mittel ab November 2009 des bundesweiten Mittelwertes

im Vergleich zum Verlauf des bundesweiten Mittelwertes

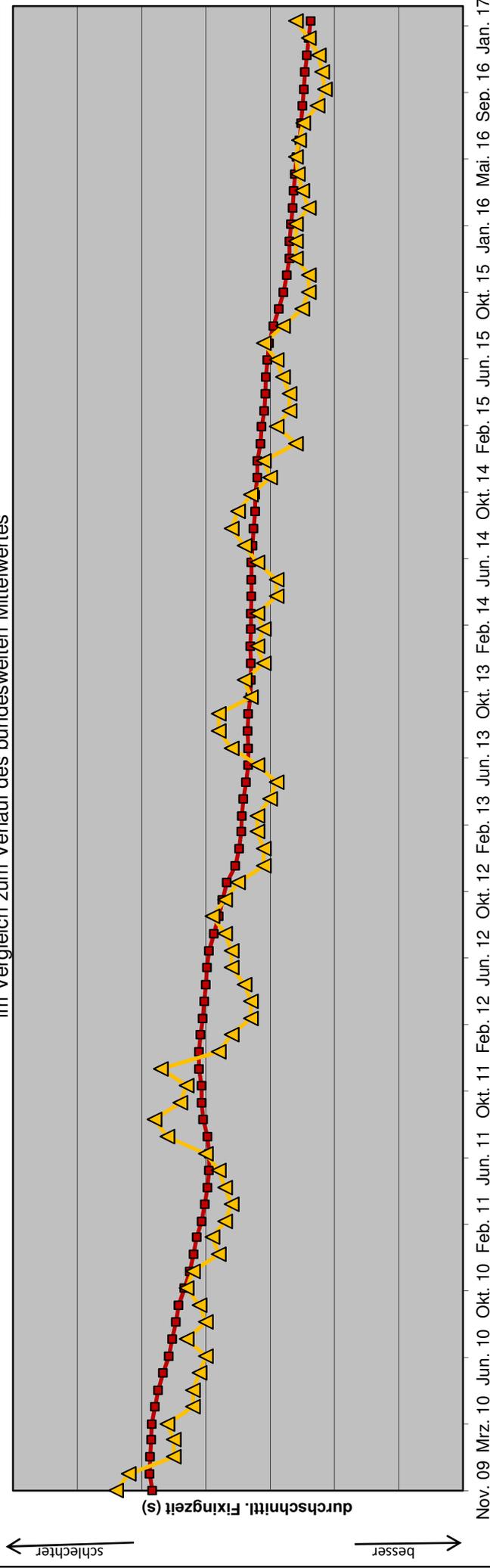


Abbildung 9: HEPS TTFA - Vergleich des bundesweiten Mittelwertes je Monat mit dem fortgeschriebenen Mittel

Im Vergleich zum fortgeschriebenen Mittel folgen die monatlichen Mittelwerte der TTFA einem zyklischen Verlauf. Erkennbar ist ca. Mitte / Ende des Sommers ein Anstieg der TTFA, während die Minimalwerte eines Jahres meist im Winter / Frühjahr liegen.

3.6 Nutzerresonanz des SAPOS® HEPS

Zusätzlich zu den technischen Kennzahlen werden die Kundenbewegungen und der Nutzungsumfang in den Bundesländern und bei der Zentralen Stelle SAPOS® erhoben. Diese Statistik zeigt, dass die SAPOS®-Dienste weiterhin Kunden gewinnen und sich das Verfahren der GNSS-Messung bei Bestandskunden fest etabliert hat. Die Zentrale Stelle SAPOS® genießt das Vertrauen langjähriger, großer Kunden und gewinnt im Kleinkunden-Segment ständig neue Nutzer hinzu. Es kann daher festgestellt werden, dass die SAPOS®-Dienste und die zugrundeliegende Infrastruktur die Leistungsfähigkeit besitzen, alle Anwendungsbereiche von der kommunalen GIS-Erfassung bis zu Ingenieurvermessungen oder hochperformanten Maschinensteuerungen adäquat mit SAPOS®-Korrekturdaten zu versorgen.

3.7 Genauigkeit des SAPOS® HEPS anhand der RTK-Monitorstationen

Im November 2016 wurde die Statistik 7 „Genauigkeit des SAPOS®-HEPS anhand der RTK-Monitorstationen“ bundesweit eingeführt. Zum Start beteiligen sich 11 Bundesländer. Die Länder Sachsen, Mecklenburg-Vorpommern und Berlin können aus unterschiedlichen Gründen noch keine Daten entsprechend der Erhebungsvorgabe liefern. Die Daten von Hamburg und Schleswig-Holstein (SH) werden, analog Niedersachsen und Bremen, zusammen geliefert. SH liefert die Daten vollautomatisiert.

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

Das Monitoring einer einzelnen MS ist aber nicht zwangsweise repräsentativ für ein bestimmtes Gebiet. Die einzelne Monitoringposition (Sessionergebnis) bleibt bei aller Vernetzung und Modellierung eine bilaterale Aushandlung zwischen dem Rover und der jeweiligen Master-/Mutter- oder Hauptreferenzstation. Außerdem 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 sollten.

Aktuell liefern die Länder die Daten von 25 RTK-Monitoringstationen unterschiedlichster Ausprägung. Dabei ist diese Vielfalt durchaus gewollt, denn Ausrüstung und Technologie der Nutzer sind ebenfalls nur an wenige Grundregeln gebunden. Die Entfernungen der MS von der jeweils nächstgelegenen Referenzstation reichen von wenigen Metern bis 35 km. Im Durchschnitt sind es 19,4 km. Die gelieferten statistischen Stundenwerte beruhen im Mittel auf 40 Messungen (Sessions) pro Stunde mit einer Bandbreite von 10 bis 60. Die Statistik 7 stützt sich auf etwa 600.000 Einzelmessungen monatlich.

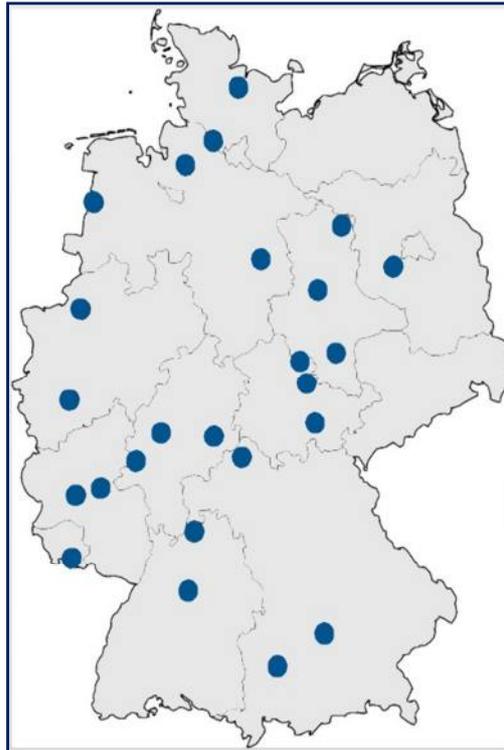


Abbildung 10: Räumliche Verteilung der Monitoringstationen im Bundesgebiet

Lagegenauigkeit (cm)	Tag des Monats																															Monat
2016-11	0,78	0,84	0,72	0,72	0,73	0,69	0,65	0,66	0,71	0,71	0,67	0,67	0,70	0,68	0,85	0,86	0,92	0,90	0,78	0,83	0,74	0,71	0,86	0,74	0,79	0,82	0,77	0,69	0,68	0,75	0,75	
2016-12	0,86	0,80	0,72	0,78	0,79	0,71	0,74	0,80	0,75	0,77	0,80	0,77	0,79	0,72	0,69	0,68	0,74	0,78	0,73	0,75	0,72	0,84	0,76	0,90	0,83	0,93	0,89	0,80	0,77	0,72	0,77	0,78
2017-01	0,77	0,76	0,71	0,84	0,71	0,67	0,69	0,67	0,66	0,65	0,80	0,70	0,75	0,72	0,68	0,63	0,64	0,69	0,67	0,71	0,67	0,65	0,66	0,68	0,73	0,66	0,65	0,68	0,69	0,75	0,78	0,69
2017-02	0,69	0,72	0,72	0,71	0,76	0,79	0,73	0,66	0,65	0,71	0,75	0,71	0,72	0,74	0,73	0,82	0,75	0,72	0,78	0,84	0,86	0,79	0,92	0,80	0,82	0,83	0,78	0,77	0,76			

Tabelle 1: Tagesmittel Lagegenauigkeit sowie Monatsmittel in cm

Höhengenaugigkeit (cm)	Tag des Monats																															Monat
2016-11	1,27	1,26	1,05	1,12	1,17	1,05	0,95	0,97	1,04	1,01	1,00	0,97	1,04	0,93	1,29	1,38	1,43	1,42	1,16	1,22	1,10	1,06	1,24	1,14	1,30	1,31	1,20	1,09	0,99	1,18	1,14	
2016-12	1,35	1,26	1,13	1,14	1,17	1,10	1,14	1,23	1,23	1,25	1,24	1,14	1,23	1,09	1,04	0,99	1,12	1,19	1,13	1,08	1,13	1,33	1,23	1,42	1,28	1,43	1,33	1,19	1,23	1,15	1,30	1,19
2017-01	1,16	1,17	1,05	1,34	1,05	0,98	1,02	1,01	1,03	1,00	1,16	1,05	1,12	1,09	1,05	0,95	0,92	1,00	1,04	1,12	0,96	0,93	0,95	0,97	1,02	0,95	0,95	1,05	1,05	1,12	1,21	1,04
2017-02	1,17	1,12	1,16	1,13	1,14	1,17	1,11	0,95	0,95	0,98	1,10	1,04	1,05	1,18	1,37	1,47	1,25	1,15	1,37	1,38	1,41	1,25	1,38	1,18	1,34	1,36	1,45	1,26	1,21			

Tabelle 2: Tagesmittel Höhengenaugigkeit sowie Monatsmittel in cm

Die mittlere Lagegenauigkeit aus 4 Monaten beträgt 7,4 mm mit einer Bandbreite von 5 bis 15 mm für die bundesweiten Stundenmittel. Bei der Höhe sind es 11,4 mm mit 7 bis 23 mm Bandbreite.

Diese Genauigkeiten sind aus Stationen abgeleitet, welche überwiegend optimale GNSS-Bedingungen, insbesondere Horizontfreiheit, aufweisen. Weiter ist festzustellen, dass die Ionosphäre im Winter 2016/17, auf Grund der geringen Schwankungen, keinen Einfluss nimmt. Erfahrungen aus Sachsen-Anhalt zeigen weiterhin, dass mit einem Anstieg der Kennziffern im Sommer zu rechnen ist.

Die Statistik 7 stellt die HEPS-Genauigkeit entsprechend der SAPOS[®]-Produktdefinition dar. Dabei werden zeitliche und örtliche Variationen der Genauigkeit aufgrund unterschiedlicher GNSS-Zustände und Punktbedingungen aufgezeigt.

Weitere detaillierte Informationen zum SAPOS[®]-Qualitätsmanagement finden Sie unter www.sapos.de → Qualitätsmanagement.