



Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen  
der Länder der Bundesrepublik Deutschland

## Das SAPOS<sup>®</sup>-Qualitätsmanagement der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland<sup>1</sup>

von Jörg Rubach, Andreas Brünner, Hans-Georg Dick,  
Uwe Feldmann-Westendorff, Enrico Kurtenbach und Petra Wagenführ

### Zusammenfassung

Der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (SAPOS<sup>®</sup>) wurde vor knapp 15 Jahren bundesweit in die Praxis der Vermessungsverwaltungen eingeführt und wird seither von zahlreichen Nutzern verwendet. Um diese Komponente der Bereitstellung des Raumbezugs – basierend auf einem bundesweit flächendeckenden Netz von GNSS-Referenzstationen – optimal zu überwachen, haben die SAPOS<sup>®</sup>-Betreiber (d. h. die Bundesländer) ein Qualitätsmanagement mit zugehörigem Sicherungssystem aufgebaut. Die Grundlagen dafür bilden neben einer einheitlichen AdV-Produktdefinition vor allem internationale Standards zum Betrieb des Dienstes und zur Abgabe der Daten. Neben der qualitativen Beurteilung der Referenzstationen als Träger der amtlichen Koordinaten stehen Kennzahlen zur Steuerung des Hochpräzisen Echtzeit Positionierungs-Service (HEPS) und zur Einschätzung der Nutzerresonanz im Fokus des SAPOS<sup>®</sup>-Qualitätsmanagements. Ebenso werden die Qualität der Echtzeit-Datenströme und die Langzeitverfügbarkeit von RINEX-Daten als Gütekriterium beurteilt.

### Summary

The Satellite Positioning Service of the German National survey (SAPOS<sup>®</sup>) was introduced into practice of the surveying administrations in Germany nearly 15 years ago. Since then it has been turned to account by several users. In order to monitor the provision of (this kind of) spatial reference data - based on the nationwide coverage of GNSS reference stations - in an optimal way, the SAPOS<sup>®</sup> service providers (federal states) developed a quality management (QM) and an appropriate fallback system. Apart from uniform product definitions, the principals of the SAPOS<sup>®</sup>-QM particularly base on international standards to operate the SAPOS<sup>®</sup>-service and to deliver the data. Key performance indicators for controlling the High Precision Real Time Positioning Service (HEPS) and for estimating the user approval rating are available. Additionally, the qualitative evaluation of the reference stations is another main objective of the SAPOS<sup>®</sup> quality management as they are carriers of the official coordinates. Likewise, the quality of the

<sup>1</sup> Diese Veröffentlichung stellt eine Aktualisierung der gleichnamigen Veröffentlichung von Jahn et al. in zfv Zeitschrift für das Vermessungswesen, 3/2011, S. 127 – 137, dar.

real time data streams and the long-term availability of the RINEX-data are assessed as a quality factor.

## 1 Vorbemerkungen

Der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (SAPOS<sup>®</sup>) wurde im Zeitraum von ca. 1995 bis 2002 konzipiert und bundesweit eingerichtet. Über SAPOS<sup>®</sup> ist in der Fachliteratur bereits ausführlich berichtet worden (z. B. Elsner u. a. 2004, Beckers u. a. 2005, Draken 2005, Jahn 2008, Zurhorst 2008). Wie (fast) alles im amtlichen deutschen Vermessungswesen fällt auch SAPOS<sup>®</sup> in die Zuständigkeit der Länder, wobei die jeweilige Ausgestaltung von den Rahmenbedingungen in der föderal strukturierten Bundesrepublik geprägt ist. Mit Beginn der Planungsphase von SAPOS<sup>®</sup> wurden auf der Ebene der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) die Arbeiten zur einheitlichen Ausprägung des Produkts SAPOS<sup>®</sup> über alle (Bundes-) Ländergrenzen hinweg koordiniert und fanden Eingang in zahlreichen zum SAPOS<sup>®</sup> gefassten Beschlüssen der AdV bzw. ihrer Arbeitskreise. Die Beschlüsse der AdV haben empfehlenden Charakter und werden in freiwilliger Selbstverpflichtung von den Bundesländern umgesetzt. Diese Form der Zusammenarbeit setzen die Bundesländer nicht nur im Bereich SAPOS<sup>®</sup>, sondern auch in anderen Bereichen des amtlichen Vermessungswesens, wie dem Layout bundesweit einheitlicher Topographischer Karten, dem Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS<sup>®</sup>) oder bei der Umsetzung des AFIS<sup>®</sup>-ALKIS<sup>®</sup>-ATKIS<sup>®</sup>-Projekts, erfolgreich um. Aus dem deutschen Föderalismus erwächst zudem für SAPOS<sup>®</sup> auch ein unmittelbarer und gewichtiger Vorteil: keine Stagnation, denn in den 16 Bundesländern werden die Verfahren (u. a. mit den Hochschulen und der Industrie) in gegenseitiger Abstimmung ständig optimiert und entsprechend des Standes der Technik weiter entwickelt.

Für strategisch besonders bedeutsame Projekte der AdV werden Verwaltungsabkommen zwischen den Mitgliedsverwaltungen (Bund und Länder) geschlossen, z. B. um eine bundesweite Einheitlichkeit der Produkte des amtlichen Vermessungswesens zu garantieren. Im Bereich des SAPOS<sup>®</sup> ist in diesem Zusammenhang auf das von 2003 bis 2010 gültige „Abkommen über die Zentralstelle der Länder für die Bereitstellung von Satellitenpositionierungsdaten (Zentrale Stelle SAPOS<sup>®</sup>)“ (SAPOS<sup>®</sup>-Länderabkommen) zu verweisen, das nahtlos durch die „Verwaltungsvereinbarung über die Kooperation im amtlichen Vermessungswesen“ abgelöst wurde. Seitdem ist die Zentrale Stelle SAPOS<sup>®</sup> eine der bundesweit tätigen Vertriebsstellen von Geobasisdaten des Amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland unter dem Dach des Lenkungsausschusses Geobasis (LA Geobasis). Über ihre Rolle als zentraler Ansprechpartner für bundeslandübergreifende Nutzer hinaus nimmt die Bedeutung der Zentralen Stelle SAPOS<sup>®</sup> auch für das Qualitätsmanagement des SAPOS<sup>®</sup> immer mehr zu.

Neben den Anstrengungen, SAPOS<sup>®</sup> einzurichten und ständig weiterzuentwickeln, bestand stets das Erfordernis, die erreichte Qualität des SAPOS<sup>®</sup> sowohl in den Bundesländern als auch über alle Bundesländer hinweg zu dokumentieren, zu prüfen, zu sichern, zu verbessern und hierfür ein geeignetes Controlling aufzubauen. Nur über diesen Weg konnte es gelingen, die explizit vorgegebene Verfügbarkeit der SAPOS<sup>®</sup>-Dienste zu verifizieren. Insofern ist Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung im SAPOS<sup>®</sup> eine anerkannte Aufgabe der Länder im Rahmen ihrer infrastrukturellen Grundversorgung. Die Arbeiten in der AdV zielen darauf ab, ein Höchstmaß an notwendiger und bedarfsgerechter Einheitlichkeit zu bündeln, ohne die Selbstständigkeit der Länder in Frage zu stellen. Eine völlige Einheitlichkeit wird sich trotz aller Bemühungen nicht realisieren lassen, verursacht durch die unterschiedlichen Rahmenbedingungen in den Ländern, z. B. im Vermessungs- oder Haushaltsrecht sowie bei der IT-Infrastruktur und -Organisation. Über das Thema Qualitätssicherung in Positionierungsdiensten und GNSS-Anwendungen wurde bereits an verschiedener Stelle berichtet (Lindenthal u. a. 2009, Wanninger 2010, Goldan 2014).

## 2 Rückblick auf das bisherige SAPOS®-Qualitätsmanagement der AdV

Bereits vor knapp 25 Jahren wurden in Deutschland verschiedene Projekte zur Versorgung der Nutzer mit DGPS-Daten (Differential Global Positioning System) initiiert, die in der Forderung nach einem bundesweiten permanenten Betrieb von GPS-Stationen mündeten. Neben einer Kooperation des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen mit dem Westdeutschen Rundfunk (WDR) zur Entwicklung eines DGPS-Dienstes und dem Aufbau eines permanenten „Referenzempfängers“ existierte z. B. seit 1992 die aus Vertretern norddeutscher Bundesländer und Thüringen gebildete NORD-NAV-Gruppe mit dem Ziel, ein System von DGPS-Referenzstationen der Landesvermessung aufzubauen. Weitere Aktivitäten aus dieser Zeit wurden vom Bundesamt für Gewässerkunde (BfG) Koblenz, vom Amt für Militärisches Geowesen der Bundeswehr (AMilGeo) Euskirchen (heute Zentrum für Geoinformationswesen der Bundeswehr, ZGeoBw), vom Institut für Angewandte Geodäsie (IfAG) Frankfurt/ M. (heute Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, BKG) und von den Ländern Bayern, Berlin und Rheinland-Pfalz vorangetrieben.

1994 hat das Plenum der AdV diese Aktivitäten in der Expertengruppe GPS-Referenzstationen gebündelt, die bis 2001 existierte. Abgegrenzte Detailfragen wurden dabei u. a. zu folgenden Themen bearbeitet (Elsner u. a. 2004):

- Format RTCM-AdV (1995),
- Mailbox für GPPS/ GHPS (1996),
- RTCM-AdV (1997),
- Frequenzplanung 2-m-Funk (1997),
- Vernetzung von Referenzstationen (1997),
- GSM-Einbindung (1998),
- Qualitätssicherung und Antennenphasen-Exzentrizität (1998),
- Zukunftsorientiertes 2-m-Band-Funkverfahren (1999),
- RINEX-Datenabgabe über Internet, Datenabgabe an das Geoforschungszentrum Potsdam (1999),
- Einbringen des RTCM-AdV als internationalen Standard (2001),
- Zusammenstellung der SAPOS®-Standards (2001).

Anmerkung: In Klammern ist das Jahr der Einsetzung der Projektgruppe angegeben.

Ziel der Projektgruppe Qualitätssicherung und Antennenphasen-Exzentrizität war es u. a., in Anlehnung an international anerkannte Verfahrensnormen, ein Qualitätsmanagementsystem (QM-System) für SAPOS® zu entwickeln. 1999 wurde der Entwurf eines QM-Handbuchs „Qualitätsmanagement für den Betrieb von SAPOS®-Referenzstationen nach DIN EN ISO 9001“ vorgelegt.

Das Plenum der AdV beschloss 2001, für die Geodaten des amtlichen Vermessungswesens (zu denen auch die SAPOS®-Daten gehören) ein Qualitätssicherungssystem zu erarbeiten und einzuführen. Den Rahmen für dieses System sollten die AdV-Regelwerke, die AdV-Standards und die AdV-Produktqualität bilden. Eine Zertifizierung der Produkte war nicht vorgesehen. Stattdessen sollten die Vermessungsverwaltungen die Einhaltung der AdV-Produktqualität durch standardisierte Prüfverfahren gewährleisten und die Konformität mit den AdV-Standards selbst erklären (Qualitätssicherung).

Nachdem SAPOS® in den Bundesländern erfolgreich aufgebaut war, wurden ab 2002 die Arbeiten zur Weiterentwicklung von SAPOS® unter anderem mit folgenden Aktivitäten fortgesetzt:

- Ad-hoc-Arbeitsgruppe SAPOS®-Grundsatz (2001-2002),
- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Virtuelle Referenzstation (2001-2002),

- Projektgruppe Medium Internet für SAPOS<sup>®</sup>-Produkte in Echtzeit (2002-2003),
- Projektgruppe Qualitätssicherung und Standardisierung (2002-2005),
- Projektgruppe Ntrip (2004-2005),
- Projektgruppe Zukünftiges SAPOS<sup>®</sup> (2004-2006),
- Projektgruppe Koordinatenmonitoring (2006-2009),
- Projektgruppe GPS-Galileo-GLONASS (GNSS) (2006-heute),
- Projektgruppe Qualitätsmanagement SAPOS<sup>®</sup> (2007-heute),
- Projektgruppe Precise Point Positioning (PPP) (2014-heute).

Die Projektgruppe Qualitätssicherung und Standardisierung aktualisierte die vorliegende Dokumentation und führte unter dem Stichwort „Definition der SAPOS<sup>®</sup>-Produkte“ die wesentlichen AdV-Beschlüsse und Festlegungen im SAPOS<sup>®</sup>-Länderabkommen in strukturierter Form zusammen. Das Dokument, das selbst keine neuen Standards für SAPOS<sup>®</sup> definiert, wurde 2004 beschlossen und enthält Aussagen zur Qualität der SAPOS<sup>®</sup>-Dienste

- SAPOS<sup>®</sup> EPS      Echtzeit Positionierungs-Service,
- SAPOS<sup>®</sup> HEPS    Hochpräziser Echtzeit Positionierungs-Service,
- SAPOS<sup>®</sup> GPPS    Geodätischer Postprocessing Positionierungs-Service

hinsichtlich Datenqualität (Genauigkeit, Datenformate), Datenübertragungsqualität (Übertragungsmedien, Anforderungen an die Datenbereitstellung) und Betreiberqualität (Verfügbarkeit). Die „Definition der SAPOS<sup>®</sup>-Produkte“ ist auch im engen Kontext mit der Zentralen Stelle SAPOS<sup>®</sup> beim Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN) - Landesvermessung und Geobasisinformation - in Hannover zu sehen, um den Anforderungen der länderübergreifenden Kunden zur Nutzung von SAPOS<sup>®</sup>-Referenzstationen aller Bundesländer entsprechen zu können.

Aufgrund der Komplexität des gesamten Entwicklungsvorhabens SAPOS<sup>®</sup> und der schnellen technischen Entwicklungen hat die Projektgruppe 2005 eine chronologische und thematische Zusammenführung und Aktualisierung der bestehenden Beschlüsse erstellt, die in der täglichen Handhabung, insbesondere aber für technische Weiterentwicklungen, eine deutliche Arbeitserleichterung bedeutete.

Mit der „Definition der SAPOS<sup>®</sup>-Produkte“ hatten sich die Bundesländer einen klaren Handlungsrahmen für die SAPOS<sup>®</sup>-Produktionsphase erarbeitet. In der Folge war es geradezu konsequent, über statistische Erhebungen ein bundesweites internes SAPOS<sup>®</sup>-Controlling aufzubauen und somit die Einhaltung der definierten Produktstandards zu überwachen. Dies fand erstmalig zum Stichtag 1. Januar 2005 mit einer „Bestandsaufnahme zur Ausgestaltung der SAPOS<sup>®</sup>-Produkte und Dokumentation zum Zustand der technischen Ausgestaltung SAPOS<sup>®</sup>“ statt. Da spezielle Informationen dieser Erhebung auch für SAPOS<sup>®</sup>-Nutzer von Interesse waren, wurden diese Betriebsdaten über das Internet allen Kunden von SAPOS<sup>®</sup> zur Verfügung gestellt.



Gegenwärtig gilt die Version 7 der „Produktdefinition SAPOS<sup>®</sup>“ vom 10. Juni 2015. Sie ist unter <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/SAPOS/Veroeffentlichungen-SAPOS/> im Internet verfügbar.

### 3 Einheitliche SAPOS<sup>®</sup>-Qualitätsinformationen im Überblick

Ab 2007 wurde ein neuer Ansatz im SAPOS<sup>®</sup>-Qualitätsmanagement der AdV besprochen. Auf Initiative Nordrhein-Westfalens wurde die Projektgruppe „Qualitätsmanagement SAPOS<sup>®</sup>“ gebildet, die Vorschläge für eine einheitliche Auswertung und Darstellung vergleichbarer Sachverhalte der SAPOS<sup>®</sup>-Dienste über alle Bundesländer hinweg erarbeiten sollte. Hiermit waren SAPOS<sup>®</sup>-relevante statistische Daten der Länder gemeint, die möglichst aussagekräftig grafisch aufbereitet werden sollten. Die Projektgruppe führte bei allen Bundesländern eine Ist-Erhebung hinsichtlich vorhandener SAPOS<sup>®</sup>-Statistiken, -Datensammlungen und -Kennzahlen aus dem Betrieb bzw. dem internen Monitoring durch. Hierbei kam eine Fülle an Material zusammen: insgesamt 135 Beispiele zu 40 verschiedenen SAPOS<sup>®</sup>-relevanten Themen. Auf dieser Grundlage wurden insgesamt sechs bundesweit geeignete SAPOS<sup>®</sup>-Statistiken ausgewählt:

- ① Multipath der SAPOS<sup>®</sup>-Referenzstationspunkte,
- ② Koordinatenmonitoring der Referenzstationspunkte im Postprocessing,
- ③ Verfügbarkeit der RINEX-Daten (GPPS),
- ④ Verfügbarkeit der Echtzeit-Datenströme an der Zentralen Stelle SAPOS<sup>®</sup>,
- ⑤ Qualität des SAPOS<sup>®</sup> HEPS anhand des erreichten Lösungsstatus und der Zeiten zur Auflösung der Phasenmehrdeutigkeiten,
- ⑥ Nutzerresonanz des SAPOS<sup>®</sup> HEPS.

Ausschlaggebende Argumente für diese Entscheidung waren:

- die Auswahl besonders aussagefähiger Statistiken,
- eine breite Abdeckung SAPOS<sup>®</sup>-relevanter Themen,
- die Akzeptanz bei den Betreiberländern sowie
- ein möglichst geringer Mehraufwand sowohl bei den SAPOS<sup>®</sup>-Betreibern als auch bei der Stelle, die die Statistik abschließend aufbereitet.

In der weiteren Folge hat die Projektgruppe einheitlich gestaltete Erhebungsvorgaben je Statistik ausgearbeitet, um sicher zu stellen, dass alle Bundesländer zu den vereinbarten Stichtagen gleichartig strukturierte Daten abliefern, die ohne großen Aufwand von einem beauftragten Bundesland zum Gesamtergebnis zusammengeführt werden können. Die Stichtage unterscheiden sich aus fachlicher Sicht und reichen von monatlichen Datenlieferungen über quartalsweise bis hin zu jährlichen Zyklen. Die in der Projektgruppe vertretenen Länder Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Brandenburg und Bayern fungieren für je eine Statistik als datenaufbereitende Stelle.

Mit dem Abschluss der Vorarbeiten wurden ab Mitte 2008 auf Basis der Erhebungsvorgaben statistische Daten der Bundesländer erhoben.

Innerhalb der SAPOS<sup>®</sup>-Betreibergemeinschaft werden alle Informationen untereinander bereitgestellt. Anonymisierte Auszüge aus den Qualitätsinformationen werden z. B. über Qualitätsberichte zu SAPOS<sup>®</sup> offen zugänglich gemacht. Auch in diesem Beitrag werden nahezu alle Darstellungen als überwiegend anonymisierte Statistikergebnisse präsentiert. Allerdings ist es den einzelnen Bundesländern unbenommen, Auszüge aus den Statistiken, die sich auf das jeweilige Bundesland beziehen, nach eigenem Ermessen, z. B. für Zwecke der Öffentlichkeitsarbeit oder der Nutzerakquise, zu verwenden.

## 4 Qualitätsinformationen und -analysen im Detail, SAPOS®-Kennzahlen

### 4.1 Multipath der SAPOS®-Referenzstationspunkte

Ein wesentlicher Indikator für die Eignung des Standpunkts einer Referenzstationsantenne ist ein zuverlässiger Multipath-Index (MP-Index) als vereinheitlichendes Bewertungskriterium. Werden Satellitensignale von einer geeigneten Oberfläche in der Nähe der Empfangsantenne reflektiert, kann es zu einer Überlagerung des direkt einfallenden Signals mit verschiedenen zeitlich versetzten reflektierten Echosignalen kommen (Multipath bzw. Mehrwegeeffekt). Als Folge können Phasenmessfehler im cm-Bereich auftreten, die zu einer Verschlechterung der Mehrdeutigkeitslösung im Referenzstationsnetz bzw. bei der Koordinatenlösung des Rovers führen. Da eine Bewertung des Multipath-Einflusses durch optische Beurteilung der Antennenumgebung nur in sehr eingeschränktem Umfang möglich ist, wurde hierbei ein methodischer Auswerteansatz der Trägerphasenbeobachtungen ausgewählt, der im Ergebnis den MP-Index als Kennzahl bzgl. der Intensität der Mehrwegeeffekte des Standortes liefert.

Bei einem stationsweisen Vergleich für die zumeist horizontfrei auf Gebäudedächern installierten SAPOS®-Referenzstationen kristallisieren sich somit Standorte mit geringen und Standorte mit starken Störungen heraus. Als Kennzahl des MP-Index einer Station wird der veröffentlichte Berechnungsansatz nach Wanninger (1997), Wanninger (2000) verwendet. Die jährliche Mehrwegeuntersuchung für die SAPOS®-Referenzstationspunkte eines Landes wird im Rahmen der Qualitätssicherung empfohlen, wobei die Mehrwegeeffekte mit dem ionosphärenfreien Signal L0 jeweils in Teilnetzen (z. B. 6 Stationen, 7 Tage-Beobachtung) ermittelt werden.

Der zugehörige MP-Indexwert liefert eine erste Klassifizierung bezüglich der zu erwartenden Qualität der Beobachtungsdaten eines SAPOS®-Referenzstationspunktes und kann in ein Spektrum zwischen der Wertung „gute“ bis hin zu „eingeschränkte“ Qualität gegliedert werden.

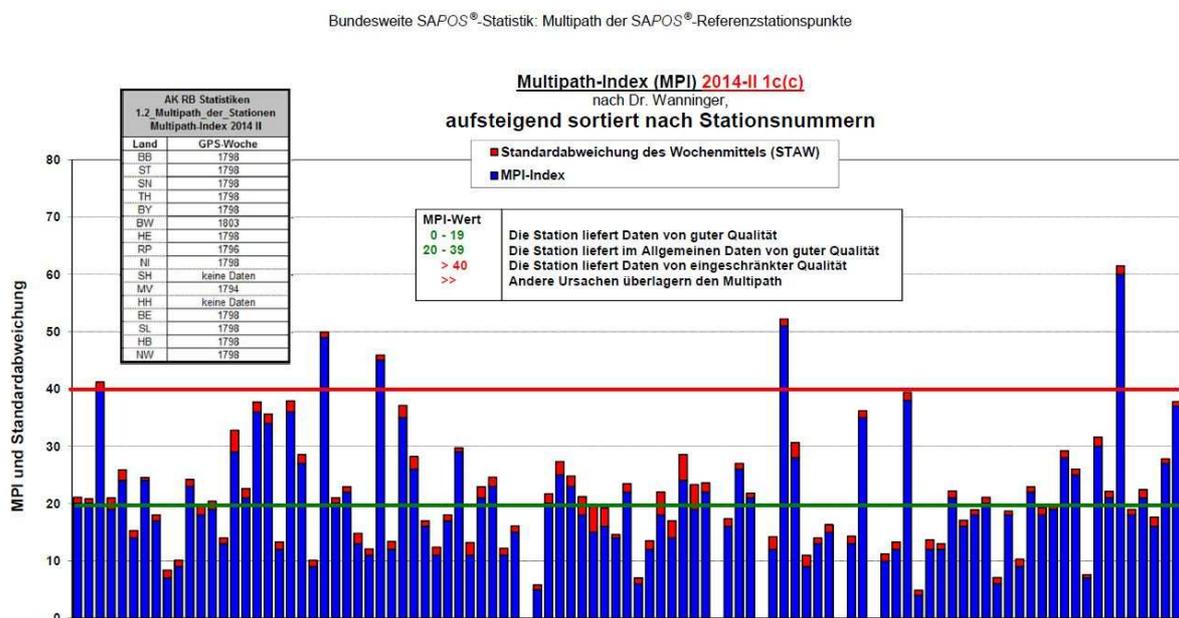


Abbildung 2: Ergebnis der Statistik „Multipath-Index (MP-Index) 2014, je SAPOS®-Referenzstation eine Säule (Auszug, anonymisiert)

Bis auf Hamburg und Schleswig-Holstein beteiligen sich alle Bundesländer an dieser Statistik. Die einheitliche Berechnung und die anschließende länderübergreifende Darstellung ermöglicht eine strukturierte Stationsbeurteilung und verbessert die Chancen zur Aufklärung qualitätsver-

schlechternder Einflüsse auf die Stationsdaten. Auch sind als Konsequenz dieser Erhebung bisher mehrere Referenzstationenpunkte verlegt worden.

#### 4.2 Koordinatenmonitoring der SAPOS<sup>®</sup>-Referenzstationenpunkte im Postprocessing

Die Homogenität der amtlichen Koordinaten der SAPOS<sup>®</sup>-Referenzstationen ist ein hohes Gut und wird durch ein kontinuierliches Koordinatenmonitoring gewährleistet. Das Koordinatenmonitoring ist damit ein sehr wichtiger Bestandteil des Qualitätsmanagements von SAPOS<sup>®</sup> zur bundesweiten Sicherstellung der Produktqualität. Den SAPOS<sup>®</sup>-Betreiberländern, dem BKG als Rechenstelle von DREF-Online<sup>2</sup> und der Zentralen Stelle SAPOS<sup>®</sup> werden Zeitreihen aus dem Koordinatenmonitoring zur Verfügung gestellt, mit deren Hilfe sie in der Lage sind, bundesweit alle Stationskoordinaten zuverlässig beurteilen zu können. Dadurch ist jederzeit und dauerhaft die Qualität einer nach amtlichen Standards erzeugten Georeferenzierung verlässlich beurteilbar und gegenüber Nutzern nachweisfähig.

Das Koordinatenmonitoring ist auch in internationalen bzw. wissenschaftlichen Netzwerken (International GNSS Service IGS, EUREF Permanent Network EPN) ein wichtiger Baustein eines einheitlich abgestimmten Qualitätsmanagements und dient unter anderem als Beurteilungskriterium für Antennenstandorte.

Netzdefekte sind mit Hilfe einer grafischen Präsentation der Monitoring-Ergebnisse in einer bundesweiten Übersicht auf einen Blick zu erkennen. Neben der Aufdeckung geodynamischer Einflüsse über Ländergrenzen hinweg besteht zusätzlich die Möglichkeit, auswertebedingte systematische Fehler zu analysieren und zu beseitigen.

Die Qualitätsdefinition lässt sich aus den „Richtlinien für den einheitlichen integrierten Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland“ der AdV ableiten. Die einzuhaltenden Grenzwerte sind derart festgelegt, dass die Koordinaten eines Referenzstationenpunktes zu ändern sind, wenn die Differenz der Koordinatenbeobachtungen gegenüber dem Nachweis in der Lage 10 mm und in der ellipsoidischen Höhe 15 mm signifikant überschreitet.

Die aus Wochenlösungen des SAPOS<sup>®</sup>-Koordinatenmonitorings der Länder kontinuierlich abgeleiteten Kennzahlen werden diesen Grenzwerten (Auswerteschränken) gegenüber gestellt. In der Regel geschieht dies durch Berechnung von Tageslösungen mit GNSS-Auswertesoftware (z. B. Bernese, GNSmart, WaSoft/Netz) unter Nutzung der präzisen Bahndaten des IGS und dem daran anschließenden Zusammenschluss von 7 Tageslösungen zu einer Wochenlösung (GPS-Woche). Koordinaten im Zielsystem des European Terrestrial Reference System 1989.0 (ETRS89) in der Realisierung des Deutschen Referenznetzes 1991 (DREF91) werden danach durch die von der AdV präzise beschriebenen Transformationsprozeduren erhalten (AdV 2009). Die resultierenden geozentrischen Koordinaten werden in die UTM-Abbildung (Ostwert E, Nordwert N und ellipsoidische Höhe h) umgerechnet. Danach erfolgt die Berechnung der Abweichungen:

- $dE = E \text{ [Woche www]} - E \text{ [amtlich]}$ ,
- $dN = N \text{ [Woche www]} - N \text{ [amtlich]}$ ,
- $dh = h \text{ [Woche www]} - h \text{ [amtlich]}$ .

Die Daten der Länder werden vierteljährlich an die aufbereitende Stelle in Baden-Württemberg übermittelt. Dort erfolgt die automatisierte Prüfung und Fortführung. Die gesammelten Daten erlauben die stationsweise grafische Präsentation der Kennzahlen in skalierbaren Diagrammen

<sup>2</sup> DREF-Online wird durch ausgewählte SAPOS<sup>®</sup>-Referenzstationen der Länder und GREF-Stationen des Bundes gebildet.

(Zeitreihen) sowie deren Darstellung als Mittelwerte in einer bundesweiten Übersichtskarte über einen wählbaren Zeitraum.

Unterschiedliche Infrastrukturen und Verfahren, Personalressourcen, aber auch verschiedene Philosophien in den einzelnen Bundesländern können zu unterschiedlichen Vorgehensweisen beim Koordinatenmonitoring führen. Die seit 2010 durchgeführten Workshops der Auswerter von Ländern und des DREF-Online haben eine weitgehende Angleichung von Methodik und Qualität des Koordinatenmonitoring bewirkt. Unabhängig von eingesetzter Software und vorhandenen Personalressourcen konnte mittlerweile ein beeindruckendes Qualitätsniveau erreicht werden.

Auswertespezifische Einflussparameter sind dabei in den Entscheidungsprozess eingeflossen und haben zu fünf Kernforderungen geführt, die weitgehend umgesetzt wurden:

- Einsatz von Auswerteprogrammen- und -prozeduren mit abgestimmter Parametrisierung,
- Ableitung vergleichbarer Ergebnisse,
- GNSS-Auswertung im aktuellen ITRF auf Basis von DREF-Online (Jahn 2010), dem übergeordneten fachlichen Bezugsrahmen für SAPOS<sup>®</sup>,
- weiche Lagerung auf mindestens 4 Stationen, ohne Verzerrung der Beobachtungen durch Zwänge,
- definierter Übergang zum SAPOS<sup>®</sup>-Bezugssystem ETRS89/ DREF91 nach AdV-Vorgaben.

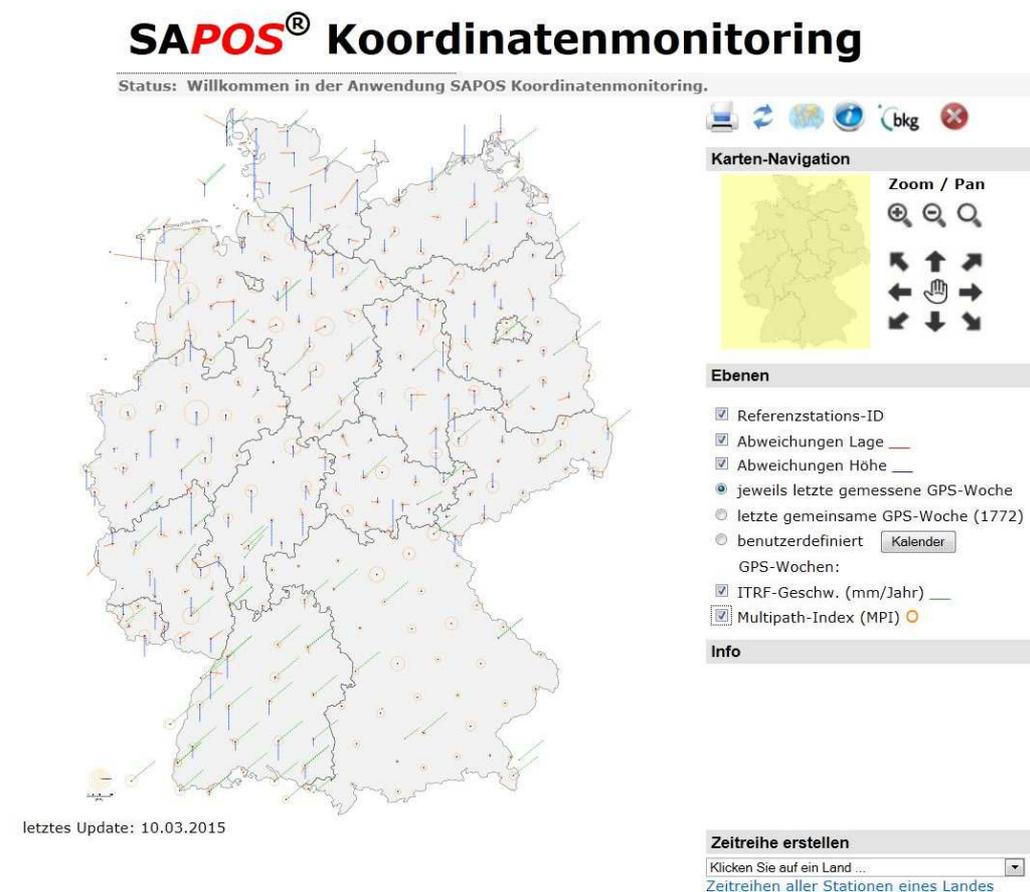


Abbildung 3: Bundesweite Übersicht zur Statistik Koordinatenmonitoring (Startseite) im Internet (intern)

Die Analyse der Ergebnisse mit dem Ziel einer zuverlässigen Interpretation der auftretenden Effekte ist eine ständige Aufgabe, erfordert Erfahrung und eine ausreichende Datenbasis in Form einer langjährigen Zeitreihe. Aussagen zum Koordinatenverhalten müssen auf Signifikanz geprüft werden. Dazu gibt es verschiedene mathematische Werkzeuge. Eine realistische Be-

trachtung der Streuungen reicht aber oft schon aus, um Spekulationen, insbesondere bei Entscheidungen im Zusammenhang mit Koordinatenänderungen, zu vermeiden. Die überwiegend auf Gebäuden installierten Referenzstationspunkte von SAPOS<sup>®</sup> erfüllen ihren primären Zweck der Bereitstellung des amtlichen Raumbezugs in den Bereichen Landesvermessung und Liegenschaftskataster seit vielen Jahren in herausragender Weise. Darüber hinaus bieten jedoch die zuvor genannten abgestimmten Auswertansätze und vereinheitlichten Arbeitsabläufe mittelfristig die Chance auch geodynamische Fragestellungen zu beantworten, sofern standortspezifische Einflussparameter (z. B. Gebäudebewegungen) und funktionale und stochastische Modellrestfehler in der Auswertung ausgeschlossen bzw. minimiert werden können. Wie in allen anderen Referenzstationsnetzen sind gelegentlich jahreszeitliche Schwankungen und in sehr geringem Umfang Senkungs- oder Hebungstendenzen zu beobachten. Extremwetterlagen können die Interpretierbarkeit zusätzlich erschweren. Oft sind systematische äußere Effekte nur durch eine mathematische Zeitreihenanalyse nachweisbar (Zeimetz u. a., 2009, Bäumker 2014, Leinen 2014). Die bundesweit abgestimmte Statistik Koordinatenmonitoring könnte in Zukunft eine wertvolle Datenbasis für derartige wissenschaftliche Analysen bereitstellen und dadurch einen wertvollen Beitrag zur Gewährleistung eines einheitlichen und verlässlichen amtlichen Raumbezugs leisten.

Die Qualität von Stationskoordinaten lässt sich vereinfacht auf die Ursachen Stabilität von Standort und Vermarkung, der Güte von Signalen und der Auswertung zurückführen. Diese Ursachen bestimmen auch weitgehend das Auftreten echter und scheinbarer Koordinatenänderungen. So können Referenzstationen, die ein auffälliges Bewegungsverhalten haben, unter Umständen sehr interessant für die Analyse regionaler Bodenbewegungen sein.

Beim Auswerter-Workshop Koordinatenmonitoring 2014 in Limburg wurde die nachstehend aufgeführte Klassifizierung der Referenzstationen beschlossen. Gestützt auf die mittlere Standardabweichung der Koordinatendifferenzen nach Lage und Höhe sowie der visuellen Identifizierung saisonaler Signale und linearer Trends soll diese Klassifizierung künftig als ausschließliches Auswahlkriterium für Stationen des DREF-Online dienen.

| Klasse   | Anzahl der Stationen | Kriterien  | Konsequenzen   |
|----------|----------------------|--|--|
| <b>A</b> | <b>189</b>           | Mittlere Standardabweichung<br>L ≤ 2 mm u/o. H ≤ 3 mm<br>Keine deutlichen linearen Trends<br>MPI-Grenzwert der Statistik 1 eingehalten | Uneingeschränkt für SAPOS <sup>®</sup> und DREF-Online empfohlen.              |
| <b>B</b> | <b>79</b>            | Mittlere Standardabweichung<br>L > 2 mm und ≤ 5 mm<br>u/o. H > 3 mm ≤ 8 mm   | DREF-Online-Eignung ist zu prüfen.   |
| <b>C</b> | <b>2</b>             | Mittlere Standardabweichung<br>L > 5 mm u./o. H > 8 m  | Für DREF-Online nicht geeignet.<br>SAPOS <sup>®</sup> - Eignung ist zu prüfen. |

Tabelle 1: Klassifizierung von SAPOS<sup>®</sup>-Referenzstationen im Koordinatenmonitoring (Stand: 2013)

Die Kriterien für die Klassifizierung orientieren sich nach oben (Klasse A) am Mittel der Ergebnisse aller beteiligten Rechenzentren bei der EPN-Re-Prozessierung 1 und nach unten (Klasse C) an den einzuhaltenden Genauigkeitsvorgaben der „Richtlinien für den einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland“.



### 0386 (HEILBRONN)

Rechenstelle: Baden-Württemberg

Abweichungen von den amtl. Koordinaten im Frame ETRS89/DREF91

Fr 13.03.2015 - 09:39:58 Uhr

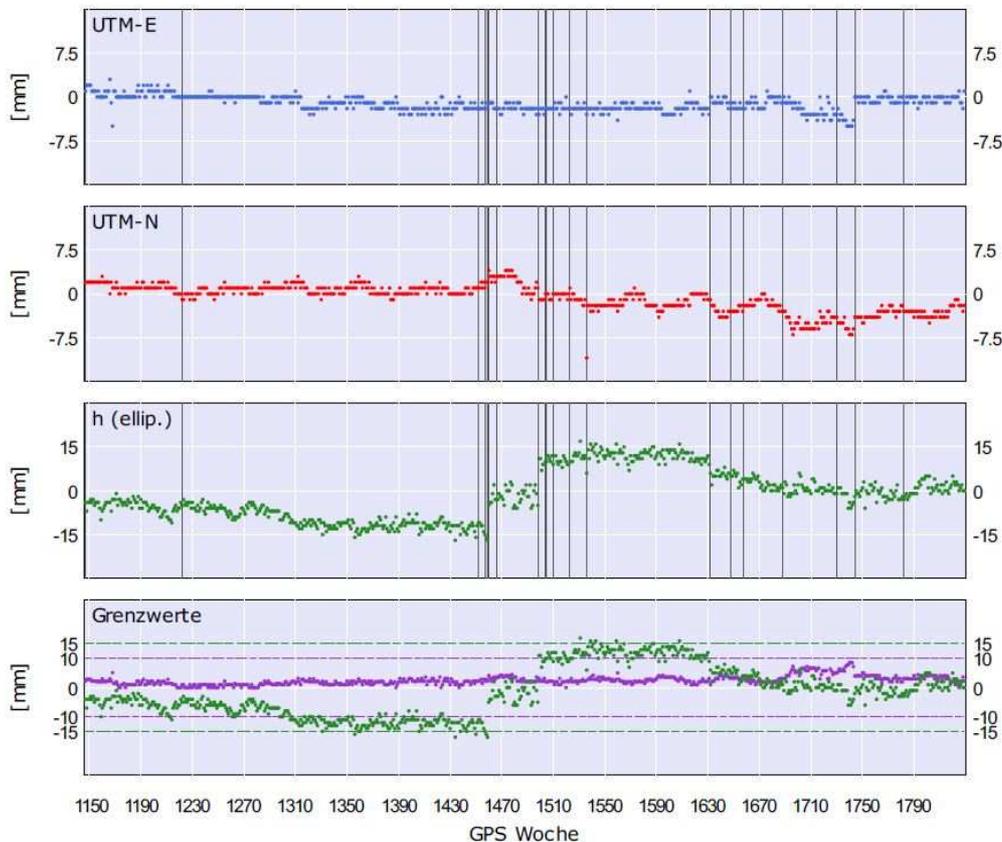


Abbildung 4: Zeitreihe einer SAPOS®-Referenzstation mit jahreszeitlichen Schwankungen

#### 4.3 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. Dazu wird die Verfügbarkeit der RINEX-Daten der SAPOS®-Referenzstationen ausgewertet und grafisch aufbereitet. Je Referenzstation ergibt sich ein Verfügbarkeitswert in Prozent, aus dem Kennzahlen je Bundesland und für die gesamte Bundesrepublik abgeleitet werden können. Aus den Vorgaben des Lenkungsausschusses Geobasis an die Zentrale Stelle SAPOS® resultiert für die RINEX-Daten die vereinbarte Verfügbarkeitsquote von 98,5 %. Gemäß fortgeschriebener Produktdefinition SAPOS® (vergleiche 2.) wird als Ziel 100 % angestrebt.

**Verfügbarkeit RINEX-Daten 2014**  
hier: Länderübersicht

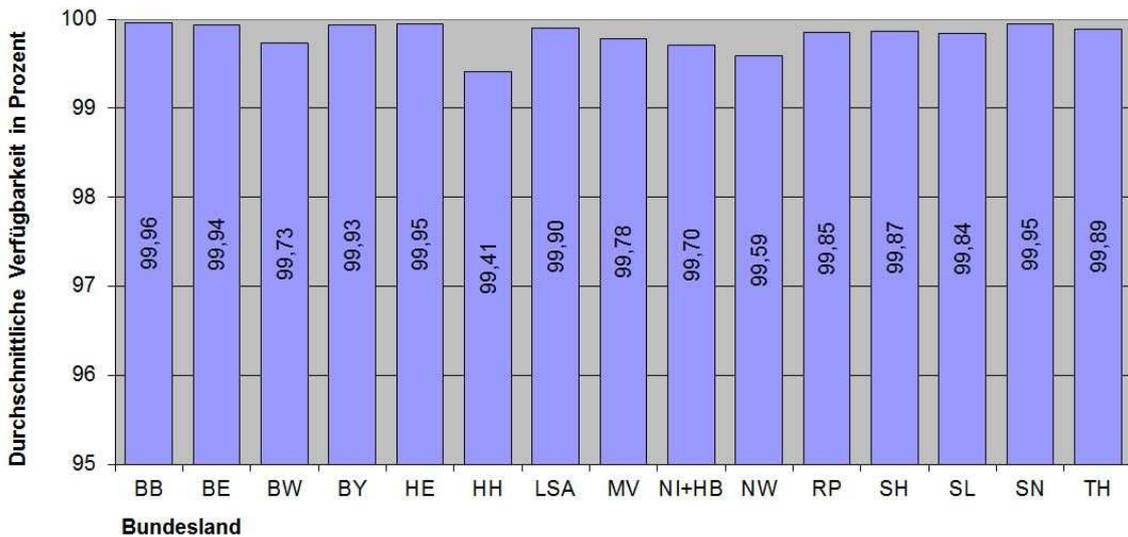


Abbildung 5: Ergebnis der Statistik „Verfügbarkeit der RINEX-Daten“ je Bundesland für das Kalenderjahr 2014

Aus den Ergebnissen der einzelnen SAPOS®-Referenzstationen lassen sich für die gesamte Bundesrepublik Deutschland folgende Verfügbarkeiten ableiten:

| 2008    | 2009    | 2010    | 2011    | 2012    | 2013    | 2014    |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 99,25 % | 99,61 % | 99,61 % | 99,74 % | 99,78 % | 99,73 % | 99,82 % |

Tabelle 2: Verfügbarkeit der RINEX-Daten (SAPOS® GPPS) von 2008 bis 2014

Das Qualitätsziel – 100%-ige Verfügbarkeit der RINEX-Daten – wird also annähernd erreicht.

#### 4.4 Verfügbarkeit der Echtzeit-Datenströme an der Zentralen Stelle SAPOS®

Die Erhebung der Verfügbarkeit der Echtzeit-Datenströme an der Zentralen Stelle SAPOS® dient dem Nachweis der Einhaltung von Qualitätsparametern. Aus der Verfügbarkeit der Daten der SAPOS®-Referenzstationen in Deutschland lassen sich Kennzahlen ableiten, die Aussagen hinsichtlich der Verwendbarkeit der SAPOS®-Datenströme für Echtzeit-Positionierungsanwendungen ermöglichen. Diese können Bestandteil vertraglicher Regelungen sein, indem sie mit SAPOS®-Nutzern vereinbart und dadurch bilaterale Grundlage für Abrechnungen werden. Werden definierte Werte, z. B. eine Verfügbarkeit von mindestens 98,5 % eines Datenstromes einer SAPOS®-Referenzstation in einen definierten Zeitraum, z. B. werktags außer Samstag von 6-18 Uhr, nicht eingehalten, können sich daraus vertragliche Konsequenzen ergeben.

Die SAPOS®-Daten werden kontinuierlich erhoben und den Kunden bedarfsgerecht bereitgestellt. Weiterhin werden die Daten sowie die daraus abgeleiteten Qualitätsinformationen einheitlich nachgewiesen.

Insgesamt lassen sich die Qualitätsinformationen im Rahmen eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses dazu verwenden, die Verfügbarkeit und Bereitstellung der Daten weiter zu erhöhen und die dafür notwendigen Verfahren ständig zu verbessern.

| Bundesland<br>Station | Nordrhein-Westfalen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                       | 0576                | 0577  | 0578  | 0579  | 0582  | 0585  | 0587  | 0588  | 0590  | 0591  | 0592  | 0593  | 0594  | 0596  | 0597  | 0598  | 0599  | 0600  | 0601  | 0602  | 0603  | 0615  | 0616  | 0622  | 0623  | 0624  | 0625  |       |
|                       | 99.9                | 100.0 | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.2  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 100.0 | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 100.0 | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 100.0 | 100.0 | 99.9  |
| 01.02.2015            | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 02.02.2015            | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 03.02.2015            | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 04.02.2015            | 100.0               | 99.9  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99.8  | 99.9  | 100.0 | 99.8  | 99.7  | 99.9  | 99.8  | 99.9  | 99.9  | 100.0 | 99.9  | 100.0 | 99.8  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99.9  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99.9  |
| 05.02.2015            | 100.0               | 99.9  | 99.9  | 100.0 | 100.0 | 99.9  | 99.9  | 100.0 | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  |
| 06.02.2015            | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 07.02.2015            | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 08.02.2015            | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 09.02.2015            | 100.0               | 99.9  | 100.0 | 99.9  | 100.0 | 99.9  | 100.0 | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 100.0 | 100.0 | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  |
| 10.02.2015            | 100.0               | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 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 | 99.9  | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 11.02.2015            | 100.0               | 99.7  | 99.7  | 99.6  | 99.7  | 99.6  | 99.7  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  | 99.6  |
| 12.02.2015            | 99.9                | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  | 99.9  |
| 13.02.2015            | 100.0               | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 89.4  | 99.9  | 100.0 | 100.0 | 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 |
| 14.02.2015            | 100.0               | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 98.0  | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 15.02.2015            | 100.0               | 100.0 | 100.0 | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 16.02.2015            | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 17.02.2015            | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 18.02.2015            | 99.9                | 99.7  | 99.8  | 99.8  | 99.7  | 99.8  | 99.8  | 90.1  | 99.6  | 99.8  | 99.8  | 99.8  | 99.8  | 99.9  | 99.8  | 99.8  | 99.8  | 99.8  | 99.8  | 99.8  | 99.8  | 99.8  | 99.8  | 99.8  | 99.8  | 99.8  | 99.8  | 99.7  |
| 19.02.2015            | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99.8  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 20.02.2015            | 99.9                | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 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 | 99.9  |
| 21.02.2015            | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 22.02.2015            | 100.0               | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 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 | 100.0 | 100.0 |
| 23.02.2015            | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 24.02.2015            | 99.8                | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.8  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  | 99.7  |
| 25.02.2015            | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99.1  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 26.02.2015            | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 27.02.2015            | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 28.02.2015            | 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 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

Abbildung 6: Ergebnis der Statistik „Verfügbarkeit der Datenströme an der Zentralen Stelle SAPOS®, täglich, stationsweise“ je Bundesland, Beispiel Nordrhein-Westfalen, Februar 2015 (Hinterlegung der Verfügbarkeitswerte mit Ampelfarben grün – gelb – rot; rot im Beispiel nicht enthalten)

Für die Visualisierung der Verfügbarkeitsinformationen werden verschiedene Darstellungsarten mit jeweils unterschiedlicher Zielsetzung gewählt. Abbildung 6 zeigt, dass Aussagen zu stations- und tagesspezifischen Ausfällen der Echtzeit-Datenströme der Stationen bei der Zentralen Stelle SAPOS® durch Analysen der eingehenden Daten möglich sind. Hierdurch können z. B. die Ausfälle zentraler Kommunikationskomponenten festgestellt und durch entsprechende Maßnahmen wie z. B. einer redundanten Ausstattung beseitigt werden.

Basierend auf den tageweise protokollierten Verfügbarkeitsinformationen werden die statistischen Daten zu monatlichen Kennzahlen länderweise zusammengefasst und ermöglichen ein Benchmarking zwischen den Ländern.

Zur Ableitung von Trend-Aussagen werden die Werte eines Landes über ein gleitendes Mittel der zurückliegenden 12 Monate dargestellt (Abbildung 7).

Die Einführung von Qualitätsinformationen mit einem Wechselspiel aus statistischer Erhebung, Kennzahlenbildung und Datenverbesserungen infolge technischer Maßnahmen hat seit Beginn der Datenerhebung 2008 zu deutlichen Qualitätsverbesserungen geführt.

Eine grafisch aufbereitete Form der Länderausfälle wird dem Lenkungsausschuss Geobasis regelmäßig zur Verfügung gestellt. Es kann festgestellt werden, dass die in den Ländern unternommenen technischen Redundanzmaßnahmen wirkungsvoll greifen. Bei länger andauerndem Ausfall wird das betroffene Land um Stellungnahme gebeten. In diesem Fehlerreport werden u. a. die Fehlerursache und die zur Fehlerbehebung zu treffenden Maßnahmen abgefragt, um eine Verbesserung im Sinne des allgemeinen Qualitätsmanagements zu erreichen.

**Verfügbarkeit der Datenströme an der Zentralen Stelle SAPOS®**  
(jeden Tag zwischen 0 und 24 Uhr)  
Gleitendes Mittel über 12 Monate

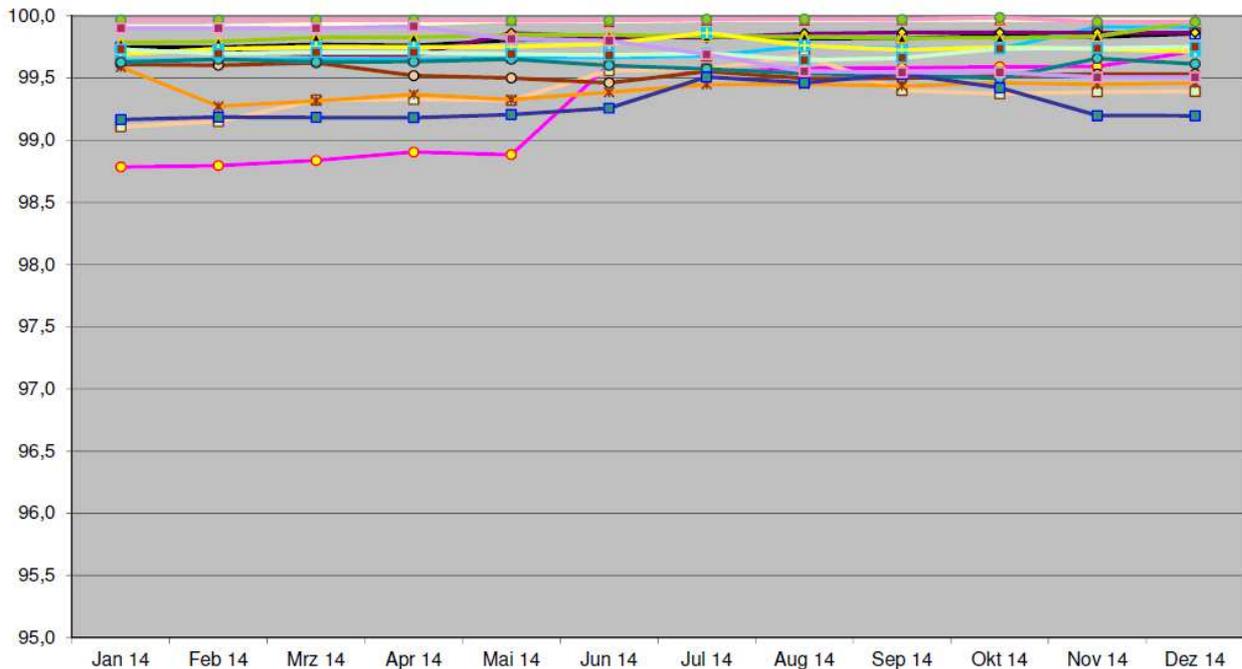


Abbildung 7: Verfügbarkeit der Datenströme an der Zentralen Stelle SAPOS® für den Zeitraum 7 Tage pro Woche / 24 Stunden am Tag, dargestellt als gleitender Mittelwert über das Jahr 2014, je Bundesland (anonymisiert).

#### 4.5 Qualität des SAPOS® HEPS anhand des erreichten Lösungsstatus und der Zeiten zur Auflösung der Phasenmehrdeutigkeiten

Seit Juli 2008 wird die bundesweite Statistik zur Qualität des Dienstes SAPOS® HEPS geführt, an der sich alle Bundesländer beteiligen. Als Maß für die Güte des Dienstes wird die relative Anzahl der Messungen mit erreichtem Lösungsstatus 4 (GPS quality indicator gemäß Formatdefinition NMEA 0183, NMEA = National Marine Electronics Association, siehe [www.NMEA.org](http://www.nmea.org), kostenpflichtige Dokumente auf [http://www.nmea.org/content/nmea\\_standards/nmea\\_0183\\_v\\_410.asp](http://www.nmea.org/content/nmea_standards/nmea_0183_v_410.asp)) im Verhältnis zur Gesamtzahl der Datenabrufe verwendet. Diese in Abbildung 8 dargestellte Kennzahl ist damit ein Indikator der Echtzeit-Koordinatenbestimmungen mit gelöster Trägerphasenmehrdeutigkeit. Das bundesweite Mittel 2014 von 85 bis 88 % im Lösungsverhalten spiegelt vor allem die Realität im Außendienst in Anbetracht der verschiedenen örtlichen Bedingungen, der im Einsatz befindlichen (z. T. nicht modernsten) Messgeräte, der Erfahrung der Messenden im Umgang mit der GNSS-Technik und das teilweise nicht vorhandene Erfordernis, zu einer cm-genauen Lösung kommen zu müssen (z. B. bei DGPS-Anwendungen), wider.

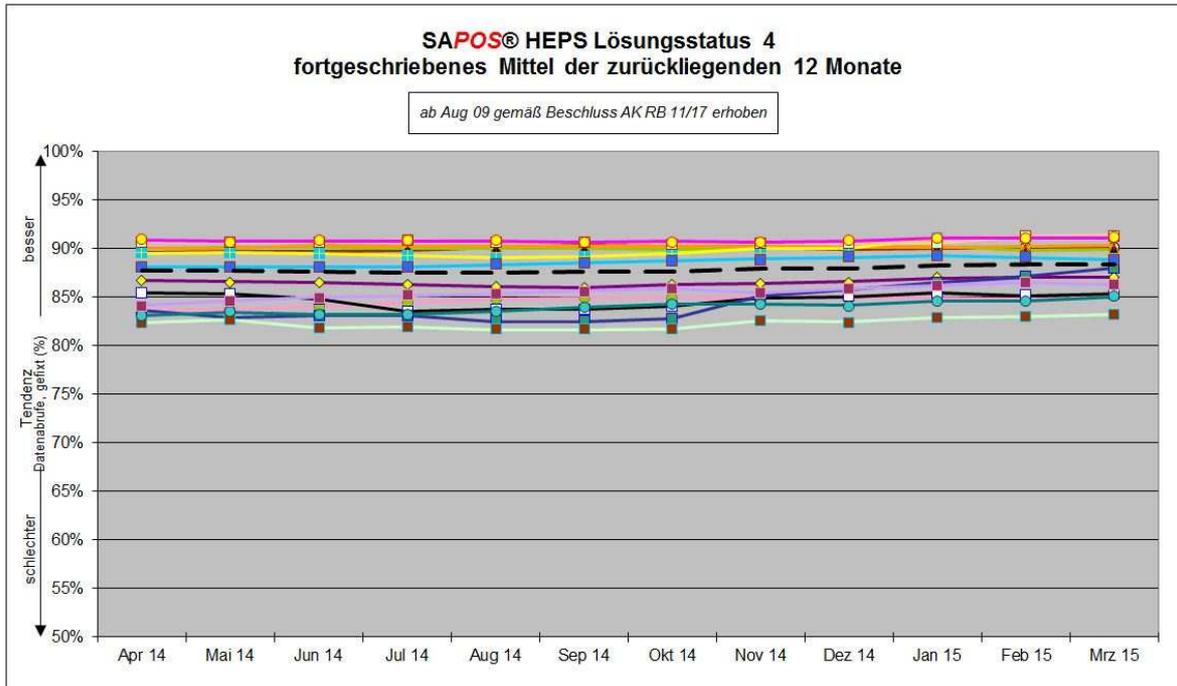


Abbildung 8: Relatives Lösungsverhalten als gleitender Mittelwert über 12 Monate je Bundesland (einige Bundesländer zusammengefasst, anonymisiert)

Seit 2009 ist die Qualität von Jahr zu Jahr besser geworden (Abbildung 9).

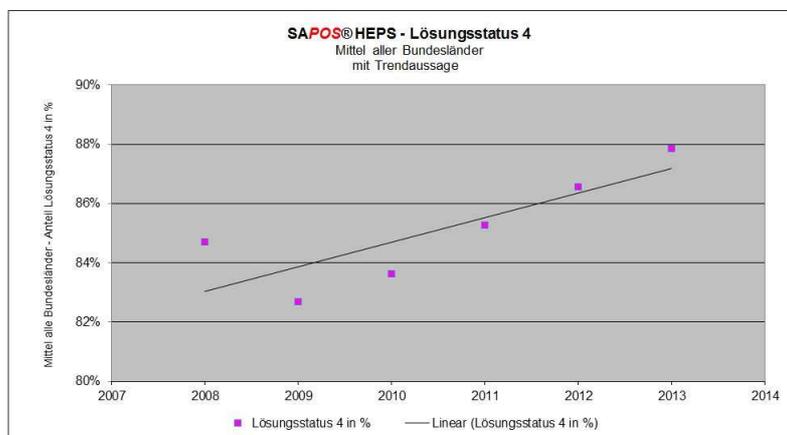


Abbildung 9: Entwicklung der relativen Anzahl der Messungen mit erreichtem Lösungsstatus 4 im Jahresmittelvergleich

Als zweite Kennzahl (siehe Abbildung 10) wird die durchschnittliche Zeit bis zum Erreichen des Lösungsstatus 4 (Time To Fix Ambiguities – TTFA) ermittelt, innerhalb dessen der Rover eine Mehrdeutigkeitslösung mit anschließender Koordinatenbestimmung erzielt. Das bundesweite Mittel liegt aktuell bei ca. 35 Sekunden.

Berechnet werden die beiden Kennzahlen aus den Informationen der Rover, die im Rahmen der bidirektionalen Datenkommunikation an die SAPoS®-Länderzentralen gesendet und dort gespeichert werden. Zur Erhebung der statistischen Werte müssen zunächst Ausreißer (z. B. Testmessungen von Kunden) aus den Daten eliminiert werden. Die Datenerhebung und -selektion der Länder sowie die anschließende statistische Aufbereitung und Bereitstellung durch das Land Brandenburg erfolgen monatlich.

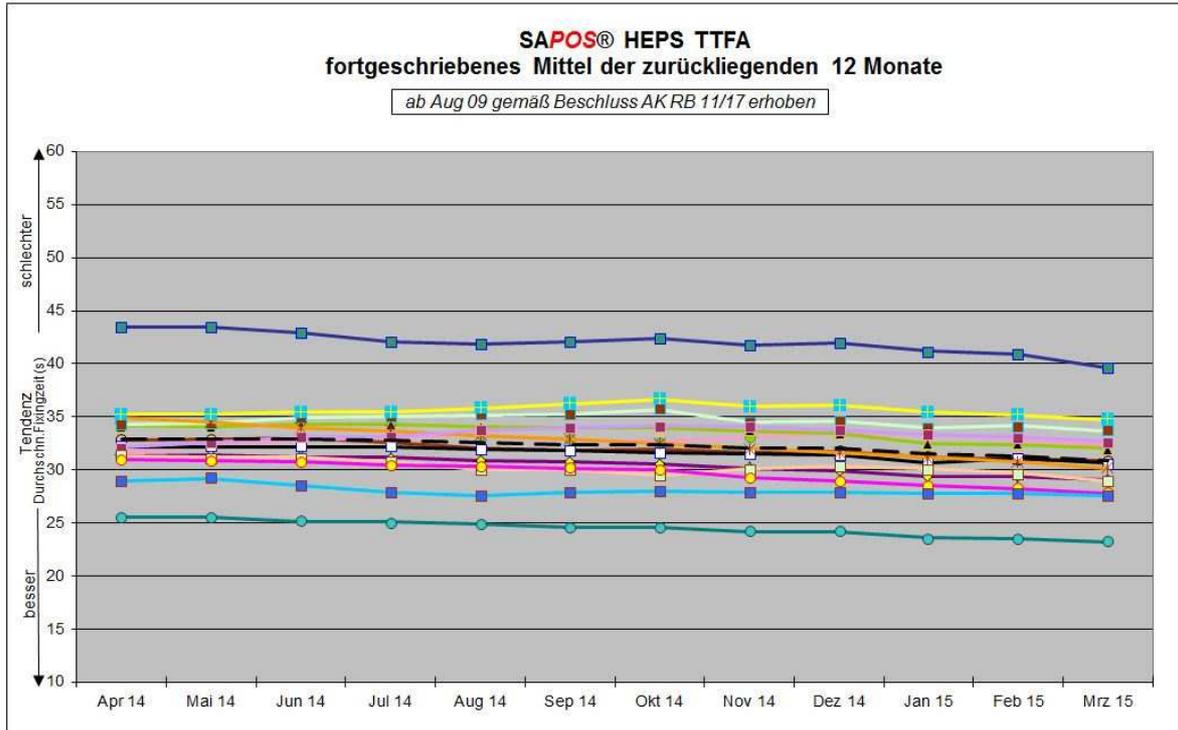


Abbildung 10: Durchschnittliche Fixingzeiten im gleitenden Mittel über 12 Monate je Bundesland (einige Bundesländer zusammengefasst, anonymisiert)

Auch in Abbildung 11 lassen sich aus den Jahresmittelwerten deutliche Qualitätsverbesserungen ablesen.

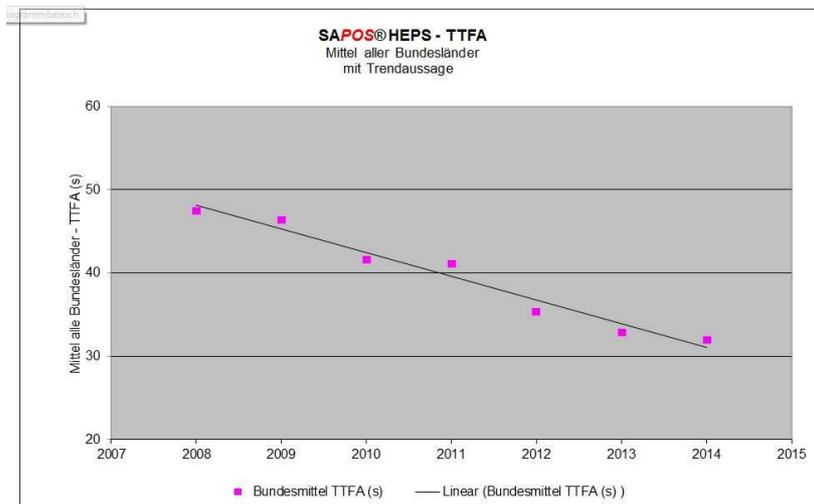


Abbildung 11: SAPOS® HEPS – Trend TTFA (2008-2013)

Die in den Abbildungen 9 und 11 zum Ausdruck kommenden Verbesserungen sind in erster Linie auf Betreiberseite dem technologischen Fortschritt bei den verwendeten Softwareprodukten zur Netzausgleichung und auf der Reverseite den verbesserten herstellereinspezifischen Verfahren zur Mehrdeutigkeitslösung zu verdanken.

Mit der Statistik zur Qualität des SAPOS® HEPS können ohne weitere Informationen keine direkten Aussagen zur Genauigkeit der Messungen getroffen werden. Erst die Verschneidung mit Messergebnissen aus dem Außendienst oder den Ergebnissen einer Monitoring-Station im

SAPOS<sup>®</sup>-Netz erlaubt eine weiterführende Beurteilung. Ein Rover mit einem Fixing-Verhalten von ca. 45 Sekunden kann gleiche Koordinatengenauigkeiten erreichen wie ein anderes Gerät bei 30 Sekunden.

Deshalb wird derzeit eine weitere Statistik zur Beurteilung der Güte des SAPOS<sup>®</sup> HEPS getestet, die Ergebnisse des RTK-Monitorings der SAPOS<sup>®</sup>-Betreiber erfasst und visualisiert.

Die Messergebnisse hängen von diversen Einflussgrößen der komplexen GNSS-Messtechnik wie Satellitenverfügbarkeit, Abschattungen, Qualität (Alter) der Rover, Zustand der Atmosphäre, Verfügbarkeitsqualität von Mobilfunk oder mobilem Internet und Nutzerverhalten ab.

Eine Relation zwischen TTFA und Lösungsverhalten kann ebenso wenig hergestellt werden wie ein Zusammenhang mit den verwendeten Software-Produkten. Untersuchenswert sind regionale Unterschiede wie Topographie, Einfluss der Atmosphäre oder die technische Ausgestaltung bei Betreibern in den einzelnen Bundesländern, z. B. bzgl. der Laufzeitverzögerung, der Parametrisierung der Applikationen oder der Referenzstationsdichte.

Generell kann festgestellt werden, dass sich die Streuungsbreite der erhobenen Kennzahlen seit 2011 erheblich verringert hat. Das ist zum einem Ergebnis der qualitätsfördernden Maßnahmen der Bundesländer sowie zum anderen auf die Weiterentwicklung von Hard- und Software zurückzuführen.

#### 4.6 Nutzerresonanz des SAPOS<sup>®</sup> HEPS

Zur Beurteilung der Nutzerresonanz des SAPOS<sup>®</sup>-Dienstes HEPS werden jährlich einheitliche, anonymisierte Informationen aus den Abrechnungsdaten der Bundesländer und der Zentralen Stelle SAPOS<sup>®</sup> für den SAPOS<sup>®</sup>-Dienst HEPS erhoben. Über die zentrale Erhebungsvorgabe wurde der „Nutzer- bzw. Kundenbegriff“ einheitlich definiert. Die statistische Auswertung erfolgt hinsichtlich Umfang, Häufigkeit und zeitlicher Charakteristik der Nutzung des Dienstes. Aus den Daten können Akzeptanz und Zufriedenheit sowie Zielgruppenorientierung abgeleitet werden. Die Statistik liefert wichtige Informationen über das Kundenverhalten. Veränderungen dieser Werte sind Indikatoren für die Akzeptanz der Produkte.

Aus den bisherigen Datenerhebungen können interessante Erkenntnisse abgeleitet werden: So wird aus der großen Anzahl von Kunden, die den SAPOS<sup>®</sup>-Dienst HEPS regelmäßig und häufig verwenden, die hohe Bedeutung dieses Produkts ersichtlich. Besonders in den Bundesländern, in denen der Dienst frühzeitig im heutigen Leistungsumfang angeboten wurde, zeigt sich eine deutliche Zufriedenheit. Diese Erkenntnis bestätigt die Bemühungen der SAPOS<sup>®</sup>-Betreiber, den Dienst ständig an die neuen Verfahren und Techniken anzupassen, was sich auch in der belegbar hohen Verfügbarkeit der Echtzeitdienste von SAPOS<sup>®</sup> von 0 bis 24 Uhr an 365 Tagen im Jahr widerspiegelt.

Nutzungsverhalten und Kundenwünsche lassen sich auch durch gezielte Befragungen oder Teilnahme an Messen und Fachausstellungen erfahren. Wesentliche Zielgruppe sind hier die Vermessungsstellen, die auch und vor allem im Bereich der Katastervermessung tätig sind.

### 5 Zusammenfassung, Ausblick

Der AdV stehen mit

- der Produktdefinition SAPOS<sup>®</sup>,
- der Bestandsaufnahme zur Ausgestaltung der SAPOS<sup>®</sup>-Produkte und Dokumentation zum Zustand der technischen Ausgestaltung SAPOS<sup>®</sup> sowie
- den SAPOS<sup>®</sup>-Statistiken

umfangreiche Steuerungs- und Überwachungsinstrumente zur Verfügung (Controlling).

Mit den seit 2008 bundesweit einheitlich geführten SAPOS<sup>®</sup>-Statistiken steht ein inzwischen sehr umfangreiches Datenmaterial zur Verfügung. Dieses dient der Gesamtbeurteilung des Produkts SAPOS<sup>®</sup> nach innen (Dienst) und nach außen (Kunde). Weiterhin besteht das Interesse beim Dienstbetreiber (Länder) einzelne Statistiken fortzuentwickeln bzw. den zu leistenden Aufwand zur Erstellung der Statistiken ständig am Nutzen zu überprüfen.

Innerhalb der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland und ihres Arbeitskreises Raumbezug sind Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung im Bereich SAPOS<sup>®</sup> integrale Bestandteile eines ganzheitlichen Qualitätssicherungssystems für das amtliche Vermessungswesen der Bundesrepublik Deutschland.

## Literatur

- AdV (2009): Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, Abschlussbericht „Referenzkoordinaten für SAPOS<sup>®</sup>“ der Projektgruppe SAPOS<sup>®</sup> - Koordinatenmonitoring, vorgelegt zur 17. Tagung des Arbeitskreis Raumbezug in Juni 2009 in Potsdam (unveröffentlicht).
- Bäumker, M (2014): Zeitreihenanalyse der Daten der GNSS-Referenzstation der Hochschule Bochum, Schriftenreihe des DVW, Band 74, S. 205.
- Beckers, B., Behnke, K., Derenbach, H., Faulhaber, U., Ihde, J., Irsen, W., Lotze, J., Strath, M. (2005): Diagnoseausgleichung SAPOS<sup>®</sup> - Homogenisierung des Raumbezugs im System ETRS89 in Deutschland, ZfV 4/2005, S. 203-208.
- Draken, W. (2005): Funktion und Nutzung des SAPOS-Deutschland-Netzes, Flächenmanagement und Bodenordnung (FuB), 1/2005, S. 21–32.
- Elsner, C., Hankemeier, P., Pahler, K., Rosenthal, G., Sorge, B. (2004): Ergebnis der Expertengruppe GPS-Referenzstationen im Arbeitskreis Raumbezug einschließlich weiterer Entwicklungen, AdV 2004, im Internet unter [www.sapos.de](http://www.sapos.de).
- Goldan, H.-J. (2014): Überwachung von SAPOS<sup>®</sup>-Echtzeitdatenströmen – Bereitstellung von bundesweiten Referenzstationsdaten und Ntrip-Diensten in Niedersachsen, Schriftenreihe des DVW, Band 74, S. 113.
- Jahn, C.-H. (2008): Arbeitskreis Raumbezug in 60 Jahre AdV. Tätigkeitsbericht 2007/2008. Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, 2008.
- Jahn, C.-H. (2010): Raumbezug im Tätigkeitsbericht 2009/2010. Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, 2010.
- Jahn, C.-H., Rubach, J., Elsner, C., Schenk, A., Wagenführ, P., Dick, H.-G., Brüner, A (2011): Das SAPOS<sup>®</sup>-Qualitätsmanagement der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, in ZfV 3/2011, S. 127-137.
- Leinen, S. (2014): Zur Signifikanz von Phänomenen in GNSS-Zeitreihen, Schriftenreihe des DVW, Band 74, S. 129.
- Lindenthal, N., Schön, S., Neuner, H., Kutterer, H., Jahn, C-H. (2009): On the Monitoring of GNSS Reference Stations with independent Geodetic Techniques. 2<sup>nd</sup> International Colloquium - Scientific and Fundamental Aspects of the Galileo Programme, Padua, Italy, 14.-16.10.2009 (CD-Rom).
- Wanninger, L.; Wildt, St. (1997): Identifikation von Mehrwegeeffekten in GPS-Referenzstationsbeobachtungen, AVN 1/1997, S. 12-15.
- Wanninger, L; May, M. (2000): Carrier Phase Multipath Calibration of GPS Reference Stations - Proc. ION GPS 2000, Salt Lake City UT, 132-144.
- Wanninger, L. (2010): Qualitätssicherung bei GNSS-Diensten. In Beiträge zum 93. DVW-Seminar am 10. und 11. Juni 2010 in Hannover, DVW-Schriftenreihe Band 61/2010, S. 179-198, Wißner Verlag, Augsburg, 2010, auch in ZfV 1/2011, S. 8-17.

Zeimetz, P., Eling, C., Kuhlmann, H. (2009): Analyse von GPS-Referenzstationsbeobachtungen mit Methoden der Zeitreihenanalyse, Schriftenreihe des DVW Band 59, Seite 193.  
Zurhorst, M (2008): Bereitstellung des amtlichen Raumbezuges via SAPOS. Zeitschrift Forum JG 34., Heft 4/2008, S. 487.

Anschrift der Autoren:

Dr.-Ing. Jörg Rubach  
Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern  
Lübecker Straße 287, 19059 Schwerin  
E-Mail: [joerg.rubach@laiv-mv.de](mailto:joerg.rubach@laiv-mv.de)

Andreas Brünner  
Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV) Bayern  
Alexandrastraße 4, 80538 München  
E-Mail: [andreas.bruenner@ldbv.bayern.de](mailto:andreas.bruenner@ldbv.bayern.de)

Hans-Georg Dick  
Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg  
Postfach 102962, 70025 Stuttgart  
Dienstgebäude: Kriegsstraße 103, 76135 Karlsruhe  
E-Mail: [hans-georg.dick@lgl.bwl.de](mailto:hans-georg.dick@lgl.bwl.de)

Uwe Feldmann-Westendorff  
Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN)  
- Landesvermessung und Geobasisinformation - Landesbetrieb - Fachgebiet 233 - SAPOS®  
Betrieb Niedersachsen, Zentrale Stelle SAPOS®  
Podbielskistraße 331, 30659 Hannover  
E-Mail: [uwe.feldmann-westendorff@lgl.niedersachsen.de](mailto:uwe.feldmann-westendorff@lgl.niedersachsen.de)

Dr.-Ing. Enrico Kurtenbach  
Bezirksregierung Köln  
Dezernat 71 – Datenstandards, Raumbezug  
50606 Köln  
Dienstgebäude: Muffendorfer Str. 19-21, 53177 Bonn  
E-Mail: [enrico.kurtenbach@bezreg-koeln.nrw.de](mailto:enrico.kurtenbach@bezreg-koeln.nrw.de)

Petra Wagenführ  
Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg  
Heinrich-Mann-Allee 103, 14473 Potsdam  
E-Mail: [petra.wagenfuehr@geobasis-bb.de](mailto:petra.wagenfuehr@geobasis-bb.de)