

Das SAPOS®-Qualitätsmanagement der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Cord-Hinrich Jahn, Jörg Rubach, Christian Elsner, Alexander Schenk,
Petra Wagenführ, Hans-Georg Dick und Andreas Brünner

Zusammenfassung

Der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (SAPOS®) wurde vor etwa zehn 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®-Betreiber 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®-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®) was introduced into practice of the surveying administrations in Germany ten 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® service providers developed a quality management (QM) and an appropriate fallback system. Apart from uniform product definitions, the principles of the SAPOS® QM are particularly based on international standards to operate the SAPOS® 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® quality management as they are carriers of the official coordinates. Likewise, the quality of the real time data streams and the long-term availability of the RINEX data are assessed as a quality factor.

Schlüsselworte: GNSS, Positionierungsdienst, SAPOS®, Qualitätsmanagement, Betriebszustandsinformationen, Statistik

1 Vorbemerkungen

Der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (SAPOS®) wurde im Zeitraum von ca. 1995 bis 2002 konzipiert und bundesweit eingerichtet. Über SAPOS® ist in der Fachliteratur bereits verschiedentlich ausführlich berichtet worden (Elsner u. a. 2004, Beckers u. a. 2005, Draken 2005, Jahn 2008, Zurhorst 2008). Wie (fast) alles im amtlichen deutschen Vermessungswesen fällt auch SAPOS® 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® wurden auf der Ebene der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) die Arbeiten zur einheitlichen Ausprägung des Produkts SAPOS® über alle (Bundes-)Ländergrenzen hinweg koordiniert und fanden Eingang in zahlreiche zum SAPOS® gefassten Beschlüsse 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®, sondern auch in anderen Bereichen des amtlichen Vermessungswesens wie dem Layout bundesweit einheitlicher Topographischer Karten, dem Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS®) oder bei der Umsetzung des AFIS®-ALKIS®-ATKIS®-Projekts erfolgreich um. Aus dem deutschen Föderalismus erwächst zudem für SAPOS® 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 weiterentwickelt.

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® ist in diesem Zusammenhang auf das 2003 geschlossene »Abkommen über die Zentralstelle der Länder für die Bereitstellung von Satellitenpositionierungsdaten (Zentrale Stelle SAPOS®)« (SAPOS®-Länderabkommen) zu verweisen. Über ihre Rolle als zentraler Ansprechpartner für bundes-landübergreifende Nutzer

hinaus nimmt die Bedeutung der Zentralen Stelle SAPOS® auch für das Qualitätsmanagement des SAPOS® immer mehr zu.

Neben den Anstrengungen SAPOS® einzurichten und ständig weiterzuentwickeln, bestand stets das Erfordernis, die erreichte Qualität des SAPOS® 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 beispielsweise im SAPOS®-Länderabkommen explizit vorgegebene Datennetzverfügbarkeit zu verifizieren. Insofern ist Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung im SAPOS® 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 infrage 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 in jüngerer Vergangenheit berichtet (Lindenthal u. a. 2009, Wanninger 2010).

2 Rückblick auf das bisherige SAPOS®-Qualitätsmanagement der AdV

Bereits vor 20 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 Amt für Geoinformationswesen der Bundeswehr AGGeoBw), vom Institut für Angewandte Geodäsie (IfAG) Frankfurt/Main (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® u. a. mit folgenden Aktivitäten fortgesetzt:

- Ad-hoc-Arbeitsgruppe SAPOS®-Grundsatz (2001–2002),
- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Virtuelle Referenzstation (2001–2002),
- Projektgruppe Medium Internet für SAPOS®-Produkte in Echtzeit (2002–2003),
- Projektgruppe Qualitätssicherung und Standardisierung (2002–2005),
- Projektgruppe Ntrip (2004–2005),
- Projektgruppe Zukünftiges SAPOS® (2004–2006),
- Projektgruppe Koordinatenmonitoring (2006–2009),
- Projektgruppe GPS-Galileo-GLONASS (GNSS) (2006–heute),
- Projektgruppe Qualitätsmanagement SAPOS® (2007–heute).

BUNDESLAND			BWBYBEBBHBHEHHLSAMVNIWNWRPSSLNSHSH																
1.1 Ausgestaltung der SAPOS-Produkte (SAPOS-Standard-Pflicht) in den Bundesländern																			
Datenformat	EPS	RTCM 2.0	x = Ja - = Nein	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	HEPS	RTCM 2.3- Datentyp 20/21 (unverschlüsselt und unkomprimiert; FKP)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Ntrip (Format RTCM 3) einschließlich der Vernetzungsnachrichten MAC und VRS		X	X	(X) VRS	X	s. NI	X	X	ohne MAC	X	X	X	-	X	(X) nur VRS	X	X
		Transformationsinformation für Lage und Höhe mittels RTCM 3 und Ntrip		-	X	-	-	s. NI	X	-	-	-	-	(X)	-	-	-	X	X
	GPSS	RINEX 2.1 (unkorrigierte Beobachtungen)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Übertragungs- medium	EPS	UKW-RDS RASANT	x = Ja - = Nein	X	-	X	X	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	s. SN	
	HEPS	GSM		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	GPSS	Webserver		X	X	X	X	X	X	X	(X)	X	X	X	X	X	X	X	

Abb. 1: Bestandsaufnahme zur Ausgestaltung von SAPOS® in den Ländern (Ausschnitt aus dem externen Teil 2009, gesamtes Dokument unter www.sapos.de/pdf/Bestandsaufnahme-SAPOS.pdf)

Die Projektgruppe Qualitätssicherung und Standardisierung aktualisierte die vorliegende Dokumentation und führte unter dem Stichwort »Definition der SAPOS®-Produkte« die wesentlichen AdV-Beschlüsse und Festlegungen im SAPOS®-Länderabkommen in strukturierter Form zusammen. Das interne Dokument, das keine neuen Standards für SAPOS® enthielt, wurde 2004 beschlossen und enthält Aussagen zur Qualität der SAPOS®-Dienste

- SAPOS® EPS Echtzeit Positionierungs-Service,
- SAPOS® HEPS Hochpräziser Echtzeit Positionierungs-Service,
- SAPOS® GPSS Geodätischer Postprocessing Positionierungs-Service

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

Aufgrund der Komplexität des gesamten Entwicklungsvorhabens SAPOS® 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®-Produkte« hatten sich die Bundesländer einen klaren Handlungsrahmen für die SAPOS®-Produktionsphase erarbeitet. In der Folge war es geradezu konsequent, über statistische Erhebungen ein bundesweites internes SAPOS®-Controlling aufzubauen und somit die Einhaltung der definierten Produktstan-

dards zu überwachen. Dies fand erstmalig zum Stichtag 1. Januar 2005 mit einer »Bestandsaufnahme zur Ausgestaltung der SAPOS®-Produkte und Dokumentation zum Zustand der technischen Ausgestaltung SAPOS®« statt (Abb. 1). Da spezielle Informationen dieser Erhebung auch für SAPOS®-Nutzer von Interesse waren, wurden diese Betriebsdaten über das Internet allen Kunden von SAPOS® zur Verfügung gestellt.

Weiterhin wurde 2005 eine Materialsammlung für ein Notfall- und Sicherheitskonzept SAPOS® erarbeitet. Diese soll den Bundesländern als Hilfe dienen, um eigene Konzepte zu erarbeiten, zu überprüfen oder zu erweitern. Damit lassen sich eventuelle Risiken und Schwachstellen des SAPOS®-Betriebs identifizieren, die erforderlichen Notfallmaßnahmen und Reservemechanismen vorbereiten und im geeigneten Detaillierungsgrad (z.B. für den Fall der Mitarbeitervertretung) dokumentieren.

Auf weitere Aktivitäten des AdV-Qualitätsmanagements aus der Zeit Ende der 1990er- und Anfang der 2000er-Jahre soll hier nur stichpunktartig hingewiesen werden:

- Erarbeitung des SAPOS®-Logos mit Schutz der Wort- und Bildmarke,
- Herausgabe von SAPOS®-Flyern, -Faltblättern und -Broschüren,
- Internet-Präsentation unter www.sapos.de und www.zentrale-stelle-sapos.de,
- Durchführung der SAPOS®-Symposien 1998 bis 2003,
- Festlegung einheitlicher Gebühren/Entgelte für die Benutzung von SAPOS®.

Neben der AdV-Arbeit müssen im SAPOS®-Qualitätsmanagement natürlich auch die Aktivitäten internationaler Vereinigungen wie der International Association of Geodesy (IAG), der IAG Reference Frame Sub-Commission for Europe (EUREF) und der Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM), dem Technischen Komitee (TechKom) SAPOS® sowie sich abzeichnende Entwick-

lungen im GNSS-Bereich (GLONASS, Galileo, Kompass) beachtet werden. Im internen Bereich arbeitet seit einigen Jahren ein Netzwerk der SAPOS®-Administratoren der Länder sehr erfolgreich zusammen.

Die erste 2004 vom Arbeitskreis Raumbezug der AdV angenommene Fassung der »Definition der SAPOS®-Produkte« wurde in der Vergangenheit schon mehrfach fortgeschrieben. Inzwischen wurden so viele technische und administrative Veränderungen berücksichtigt und neue Anforderungen grundsätzlicher Art an SAPOS® gestellt, dass im Sommer 2010 eine neu strukturierte Produktdefinition SAPOS® beschlossen wurde.

3 Einheitliche SAPOS®-Qualitätsinformationen im Überblick

Ab 2007 wurde ein völlig neuer Ansatz im SAPOS®-Qualitätsmanagement der AdV beschritten. Auf Initiative Nordrhein-Westfalens wurde die Projektgruppe »Qualitätsmanagement SAPOS®« gebildet, die Vorschläge für eine einheitliche Auswertung und Darstellung vergleichbarer Sachverhalte der SAPOS®-Dienste über alle Bundesländer hinweg erarbeiten sollte. Hiermit waren SAPOS®-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®-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®-relevanten Themen. Auf dieser Grundlage wurden insgesamt sechs bundesweit geeignete SAPOS®-Statistiken ausgewählt:

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

Ausschlaggebende Argumente für diese Entscheidung waren:

- die Auswahl besonders aussagefähiger Statistiken,
- eine breite Abdeckung SAPOS®-relevanter Themen,
- die Akzeptanz bei den Betreiberländern sowie
- ein möglichst geringer Mehraufwand sowohl bei den SAPOS®-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 sicherzustellen, 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. Die Länder lieferten in einer ersten Testphase Daten an die auswertenden Bundesländer, die ihre Aufbereitungsprozesse innerhalb der Testphase stark automatisierten und damit ihren Bearbeitungsaufwand minimierten. Nach einer Evaluierung und Nachsteuerung wurde die dauerhafte Einführung von SAPOS®-Qualitätsinformationen, auch vor dem Hintergrund der Bereitschaft der o.g. Bundesländer, die Aufbereitung bis auf Weiteres leisten zu wollen, beschlossen.

Nachdem die ersten Qualitätsinformationen im zweiten Halbjahr 2008 vorlagen, wurde zwischen den Bundesländern der weitere Umgang mit den Ergebnissen und Fragen der allgemeinen Bereitstellung besprochen. Bis auf die Angaben zum Koordinatenmonitoring beinhalten alle Statistiken umfangreiche Betriebs- und Kundeninformationen. Darüber hinaus ermöglichen diese Daten ein Benchmarking zwischen den Bundesländern. Innerhalb der SAPOS®-Betreibergemeinschaft werden alle Informationen untereinander ausgetauscht, um die abgestimmten Erhebungsgrundlagen weiter zu verfeinern. Für eine grundsätzliche Darstellung nach außen, z.B. eine Veröffentlichung über das Internet, gab es zunächst keine Mehrheit. Aus diesem Grund werden auch nahezu alle Darstellungen in diesem Beitrag 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

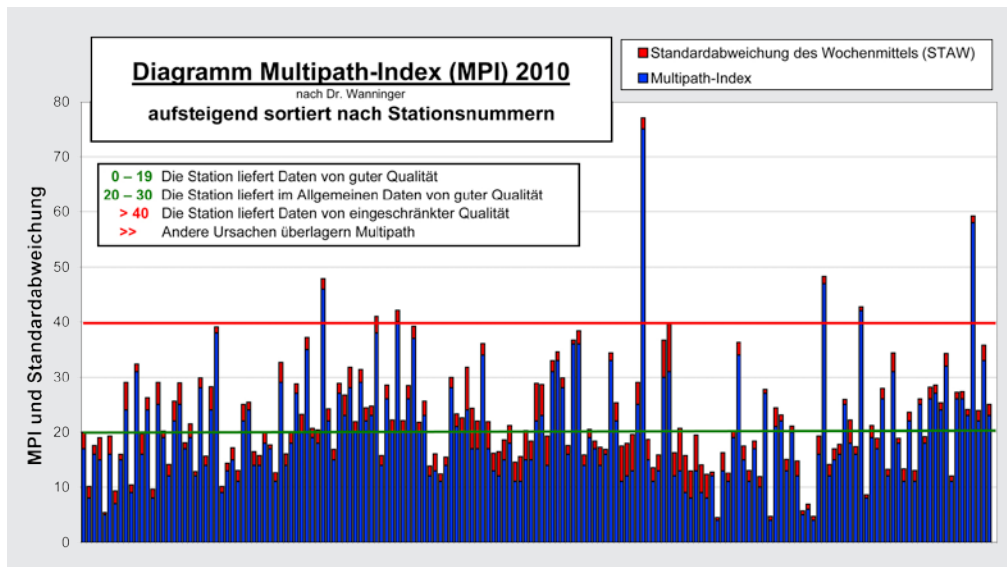


Abb. 2:
Ergebnis der Statistik
Multipath-Index
(MP-Index) 2010, je
SAPOS®-Referenzstation
eine Säule (anonymi-
siert)

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 Auswertansatz der Trägerphasenbeobachtungen ausgewählt, der im Ergebnis den MP-Index als Kennzahl bzgl. der Intensität der Mehrwegeeffekte des Standortes liefert (Abb. 2).

Bei einem stationsweisen Vergleich für die zumeist horizontalfrei 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 u. a. (1997, 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. sechs 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.

Zunächst haben sich zehn Vermessungsverwaltungen an der Statistik bzw. bei der Berechnung des Multipath der SAPOS®-Referenzstationspunkte beteiligt. Die einheitliche Berechnung und die anschließende länderübergreifende Darstellung ermöglicht eine strukturierte Stationsbeurteilung und verbessert die Chancen zur Aufklärung qualitätsverschlechternder Einflüsse auf die Stationsdaten. Auch als Konsequenz dieser Erhebung sind bisher mehrere Referenzstationspunkte verlegt worden.

4.2 Koordinatenmonitoring der SAPOS®-Referenzstationspunkte im Postprocessing

Die Homogenität der amtlichen Koordinaten der SAPOS®-Referenzstationen ist ein hohes Gut und wird durch ein kontinuierliches Koordinatenmonitoring gewährleistet. Das Koordinatenmonitoring ist damit ein sehr wichtiger Bestandteil des Qualitätsmanagements von SAPOS® zur bundesweiten Sicherstellung der Produktqualität. Den SAPOS®-Betreiberländern und der Zentralen Stelle SAPOS® wird eine Statistik zum 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) ein wichtiger Baustein eines einheitlich abgestimmten Qualitätsmanagements und dient unter anderem als Beurteilungskriterium für Antennenstandorte.

Netzdefekte sind mithilfe 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 auszuschließen.

Die Qualitätsdefinition lässt sich aus den Richtlinien für den einheitlichen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland der AdV ableiten. Die einzuhaltenden Grenzwerte sind derart festgelegt, dass die Koordinaten eines Referenzstationspunktes 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®-Koordinatenmonitorings der Länder kontinuierlich abgeleiteten Kennzahlen werden diesen Grenzwerten (Auswerteschränken) gegenübergestellt. 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-Tages- zu einer Wochenlösung (GPS-Woche) unter mathematisch strenger Berücksichtigung der Fehlerfortpflanzung. 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:

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

Die Daten der Länder werden per Internet-Upload 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 (Zeitreihen) sowie deren Darstellung als Mittelwerte in einer bundesweiten Übersichtskarte über einen wählbaren Zeitraum (Abb. 3).

Unterschiedliche Infrastrukturen und Verfahren, Personalressourcen, aber auch verschiedene Philosophien in

den einzelnen Bundesländern können zu unterschiedlichen Vorgehensweisen beim Koordinatenmonitoring führen. Darum erfolgt in der AdV eine enge Abstimmung zwischen den SAPOS®-Betreibern, um Ergebnisse vergleichbar zu machen und vergleichbar zu halten. Dieses aus den internationalen Diensten übernommene Verfahren hat sich bewährt. Eine zentrale Vereinheitlichung der Verfahren erscheint im ersten Augenblick wirtschaftlich, verhindert aber letztlich innovative Entwicklungen. Die gute Vergleichbarkeit der Monitoringergebnisse wurde durch eine Projektgruppe erarbeitet, die die fachlichen Rahmenbedingungen festgelegt hat. Auswertespezifische Einflussparameter sind dabei in den Entscheidungsprozess eingeflossen und haben zu fünf wesentlichen Punkten geführt, die 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®,
- weiche Lagerung auf mindestens vier Stationen, ohne Verzerrung der Beobachtungen durch Zwänge,
- definierter Übergang zum SAPOS®-Bezugssystem ETRS89/DREF91 nach AdV-Vorgaben.

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

Eine realistische Betrachtung 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® 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

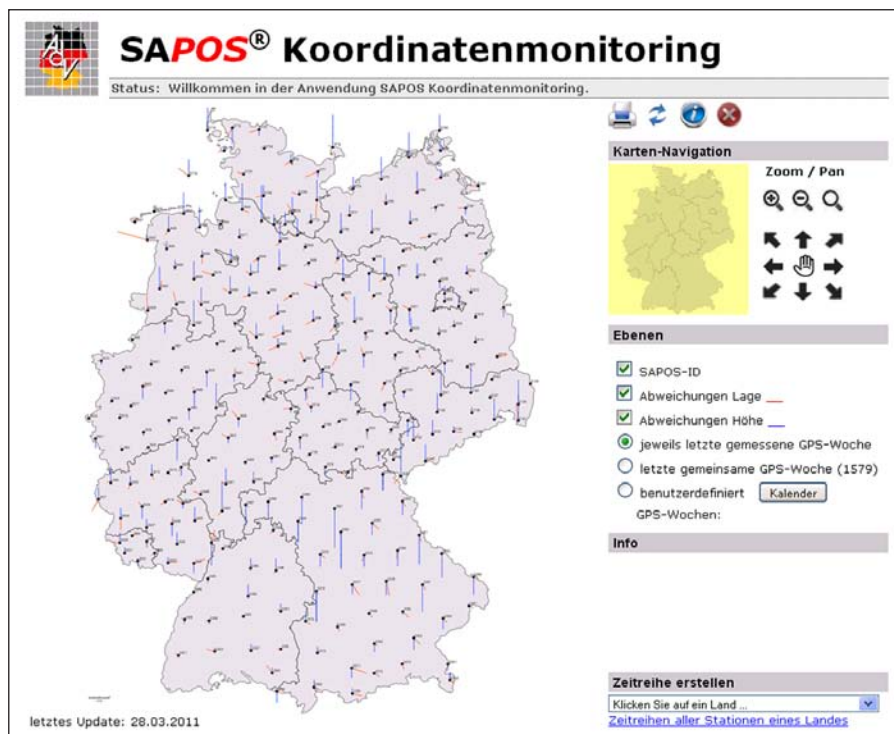


Abb. 3: Bundesweite Übersicht zur Statistik Koordinatenmonitoring im Internet (intern)

werden können. Wie in allen anderen Referenzstationsnetzen sind gelegentlich jahreszeitliche Schwankungen und in sehr geringem Umfang Senkungstendenzen zu beobachten. Extremwetterlagen können die Interpretierbarkeit zusätzlich erschweren. Oft sind systematische äußere Effekte nur durch eine mathematische Zeitreihenanalyse nachweisbar (Zeimetz u. a. 2009) (Abb. 4). 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 SAPOS®-Statistik Koordinatenmonitoring ist noch verhältnismäßig jung. Eine sinnvolle Zeitreihenanalyse erfordert hingegen mehrjährige Datenreihen (wie in den internationalen Diensten) und die ständige Verbesserung der Analysemethoden. Diese Qualitätssicherungsmethode ist ein wesentliches Element in der Beurteilung der koordinatenbezogenen Güte der Antennensandorte und zentraler Bestandteil der Kernaufgabe Raumbezug.

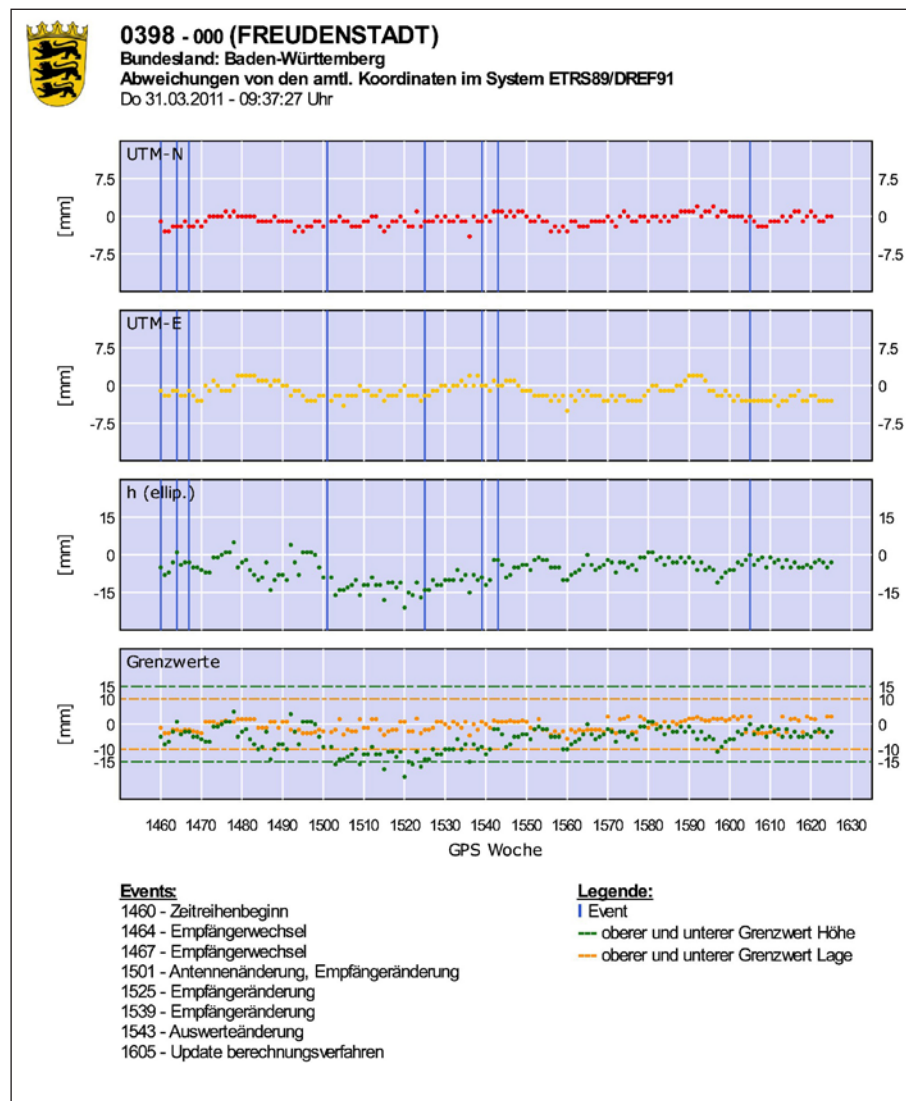


Abb. 4: Zeitreihe einer SAPOS®-Referenzstation mit jahreszeitlichen Schwankungen

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 dem SAPOS®-Länderabkommen resultiert für die RINEX-Daten die vereinbarte Verfügbarkeitsquote von 98,5%. Mit der 2010 fortgeschriebenen Produktdefinition SAPOS® (vergleiche 2.) wird als Ziel 100% angestrebt. Aus den statistischen Daten des Jahres 2008

ergab sich ein Wert über alle ca. 270 SAPOS®-Referenzstationen von 99,25%; für 2009 betrug die Verfügbarkeit 99,61% (Abb. 5).

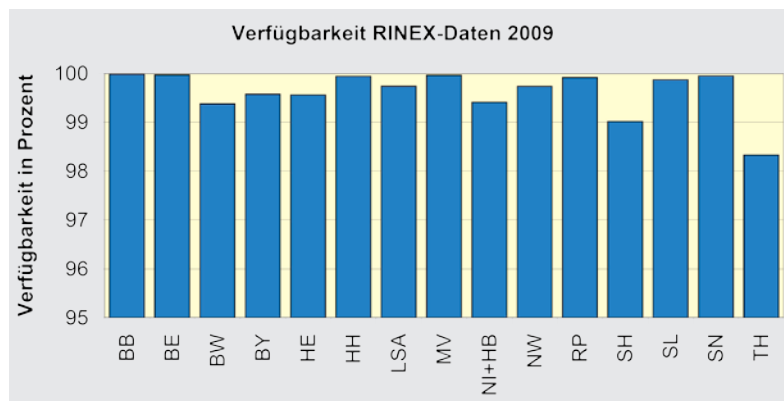


Abb. 5: Ergebnis der Statistik »Verfügbarkeit der RINEX-Daten« je Bundesland für das Kalenderjahr 2009

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 bis 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.

Für die Visualisierung der Verfügbarkeitsinformationen werden verschiedene Darstellungsarten mit jeweils unterschiedlicher Zielsetzung gewählt. Die Übersicht in

Abb. 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. Die Auflösung liegt dabei im Niveau der eingehenden Rohdaten. 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 länderspezifisch zusammengefasst und ermöglichen ein Benchmarking zwischen den Ländern.

Zur Ableitung von Trend-Aussagen werden die Werte eines Landes über ein gleitendes Mittel der zurückliegenden zwölf Monate dargestellt. Hierdurch ist beispielsweise eine Bewertung der 2009 durchgeführten Maßnahmen zur Erhöhung von Verfügbarkeiten möglich.

In Abb. 7 ist die Entwicklung der Verfügbarkeit der SAPOS®-Echtzeitdaten einzelner Länder in einem Jahreszeitraum zu erkennen. Jede Farb-Symbolkombination repräsentiert ein Bundesland. Die Abbildung zeigt deutlich, dass durch die innerhalb des Darstellungszeitraumes durchgeführten erheblichen Maßnahmen zur Erhöhung der Verfügbarkeit der Echtzeitdatenströme die eingezeichnete Qualitätsgrenze (schwarz gestrichelt) eingehalten und sogar überschritten wurde. Die Einführung von Qualitätsinformationen mit einem Wechselspiel aus statistischer Erhebung, Kennzahlenbildung und Datenverbesserungen infolge technischer Maßnahmen hat zu deutlichen Qualitätsverbesserungen geführt.

Station	Mecklenburg-Vorpommern															
	0769	0771	0773	0775	0777	0779	0781	0783	0785	0787	0789	0791	0793	0795	0797	0799
	99,9	100,0	100,0	100,0	99,8	100,0	100,0	100,0	100,0	99,7	100,0	100,0	99,6	100,0	100,0	100,0
01.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
02.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
03.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
04.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
05.10.2010	100,0	100,0	100,0	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
06.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
07.10.2010	100,0	100,0	100,0	98,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
08.10.2010	100,0	100,0	100,0	96,2	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
09.10.2010	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
10.10.2010	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
11.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,3	100,0	100,0	100,0	100,0	99,6	100,0
12.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
13.10.2010	100,0	99,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
14.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	99,1	99,1	100,0	99,1	99,1	100,0	100,0	99,1	100,0
15.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
16.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
17.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
18.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
19.10.2010	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
20.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
21.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
22.10.2010	100,0	100,0	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
23.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
24.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
25.10.2010	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,7	100,0	100,0	100,0	99,6	100,0	99,7	100,0	99,9
26.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	88,0	100,0	100,0	100,0
27.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
28.10.2010	99,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	91,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,7
29.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
30.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
31.10.2010	100,0	100,0	100,0	100,0	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. 6: Ergebnis der Statistik »Verfügbarkeit der Datenströme an der Zentralen Stelle SAPOS®, täglich, stationsweise« je Bundesland, Beispiel Mecklenburg-Vorpommern, Oktober 2010 (Hinterlegung der Verfügbarkeitswerte mit Ampelfarben grün – gelb – rot; rot im Beispiel nicht enthalten)

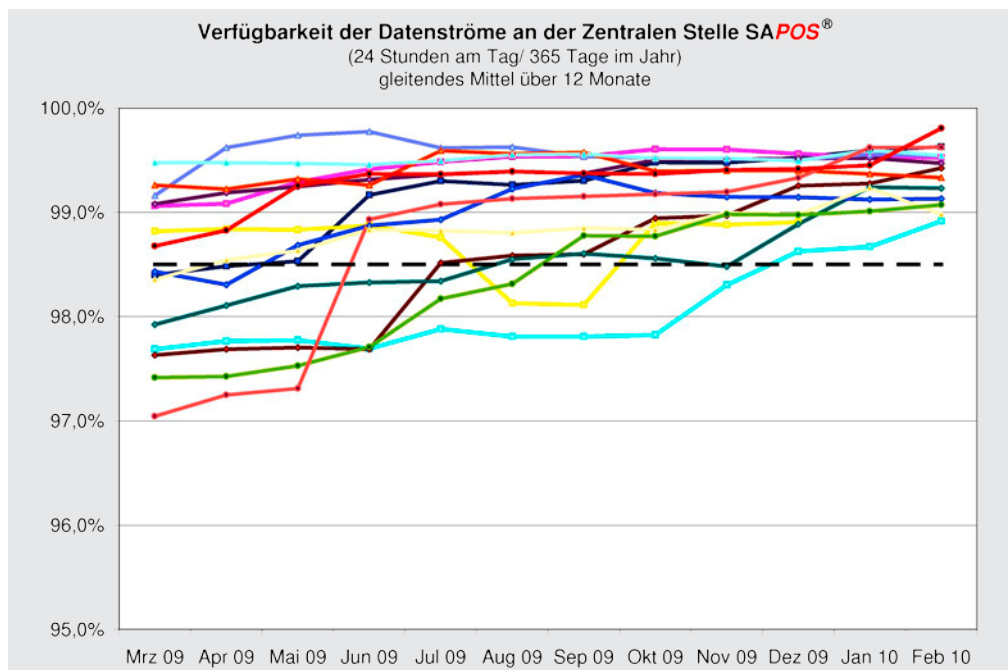


Abb. 7:
Ergebnis der Verfügbar-
keit der Datenströme als
gleitendes Mittel über
das Jahr (einige Bundes-
länder zusammengefasst,
anonymisiert)

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/content/nmea_standards/nmea_083_v_400.asp), kostenpflichtige Dokumente auf http://www.nmea.org/content/nmea_standards/nmea_083_v_400.asp) im Verhältnis zur Gesamtzahl der Datenabrufe verwendet. Diese in Abb. 8 dargestellte Kennzahl ist damit ein Indikator der Echtzeit-Koordinatenbestimmungen mit gelöster Trägerphasenmehrdeutigkeit. Das bundesweite Mittel (schwarz ge-

strichelt) von 83 bis 85% 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.

Als zweite Kennzahl (siehe Abb. 9) 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 (schwarz gestrichelt) liegt zwischen 42 und 49 Sekunden.

Berechnet werden die beiden Kennzahlen aus den Informationen der Rover, die im Rahmen der bidirektionalen

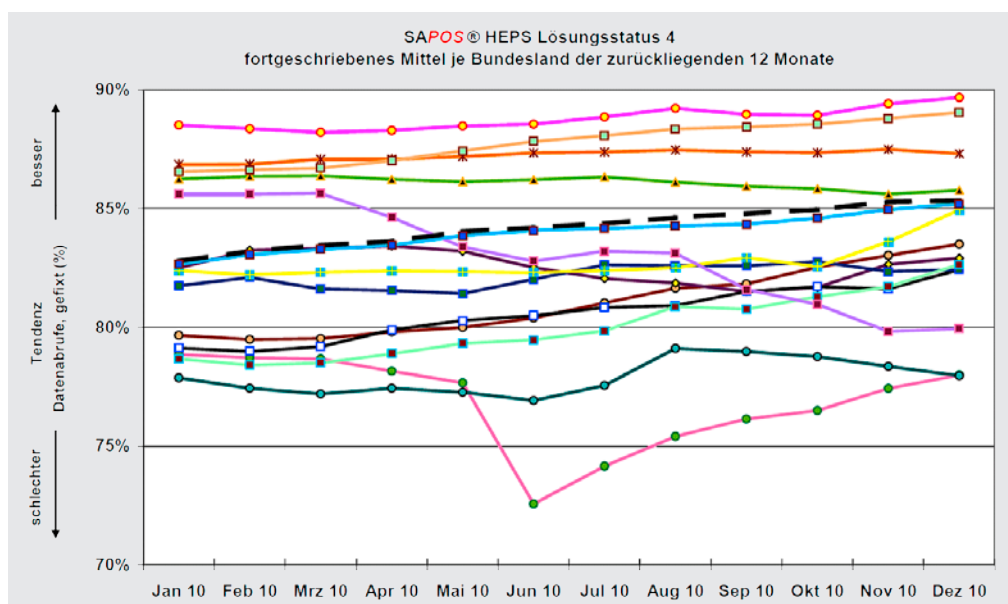


Abb. 8:
Relatives Lösungsverhalten
als gleitender Mittelwert
über 12 Monate
je Bundesland (einige
Bundesländer zusammengefasst,
anonymisiert)

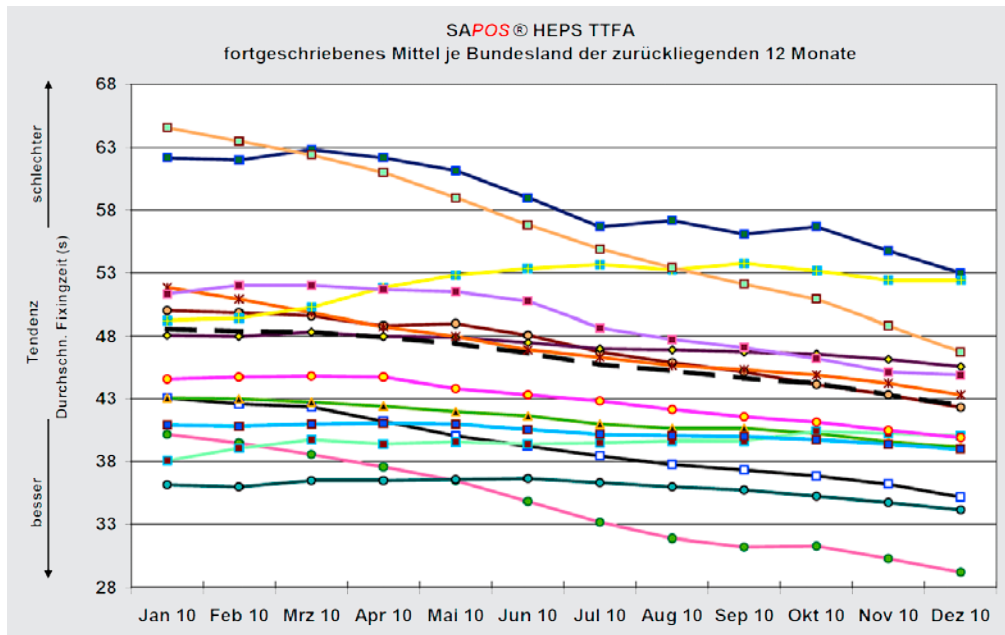


Abb. 9:
Durchschnittliche
Fixing-Zeiten im glei-
tenden Mittel über
12 Monate je Bundes-
land (einige Bundeslän-
der zusammengefasst,
anonymisiert)

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.

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®-Netz erlaubt eine weiterführende Beurteilung. Ein Rover mit einem Fixing-Verhalten von ca. 60 Sekunden kann gleiche Koordinatengenauigkeiten erreichen wie ein anderes Gerät bei 35 Sekunden.

Die flächendeckende Auswertung der täglichen Einwahlen aller Nutzer bezüglich der beschriebenen Qualitätskriterien gestattet die folgende zentrale Aussage zur Funktionalität von HEPS: Im bundesweiten Durchschnitt wird bei mindestens vier von fünf Datenabrufen eine Koordinatenlösung innerhalb von einer Minute erhalten.

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.

Trotz der Unwägbarkeiten im Nutzersegment erlauben beide Kennzahlen auch ein Benchmarking zwischen den Bundesländern. Tendenziell zeigen beide Grafiken eine leichte Verbesserung der dargestellten Kennzahl über zwölf Monate an. Abweichungen einzelner Bundesländer, z.B. beim Lösungsverhalten, sind in speziellen Nutzeranwendungen begründet, die nicht das Ziel einer RTK-Lösung haben oder der Forschung dienen.

Die erkennbare Verringerung der Streubreite der Kennzahlen im Vergleichszeitraum lässt jedoch die Frage

nach den Ursachen für die Streuung offen. 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.

An der weiteren Verbesserung und Verfeinerung der vorgestellten Statistik wird gearbeitet. Eine Möglichkeit ist die Erzeugung regionalisierter Grafiken, die die räumliche Qualität des Dienstes SAPOS® HEPS visualisieren sollen. Daraus könnten z.B. auch Aussagen zur Datenübertragungsqualität in den Messgebieten abgeleitet werden.

4.6 Nutzerresonanz des SAPOS® HEPS

Zur Beurteilung der Nutzerresonanz des SAPOS®-Dienstes HEPS werden jährlich einheitliche, anonymisierte Informationen aus den Abrechnungsdaten der Bundesländer und der Zentralen Stelle SAPOS® für den SAPOS®-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. Mittelfristig soll diese Datenerhebung auch als Grundlage für die Weiterentwicklung der AdV-Gebührenrichtlinie dienen.

Bereits aus den ersten beiden Erhebungszeiträumen 2008 und 2009 konnten interessante Erkenntnisse abge-

leitet werden: So wird einerseits aus der großen Anzahl von Kunden, die den SAPOS®-Dienst HEPS regelmäßig und häufig verwenden, die hohe Bedeutung dieses Produkts sichtbar. Besonders in den Bundesländern, in denen der Dienst frühzeitig im heutigen Leistungsumfang angeboten wurde, zeigt sich eine deutliche Zufriedenheit. Dieses Erkenntnis bestätigt die Bemühungen der SAPOS®-Betreiber, den Dienst ständig an die neuen Verfahren und Techniken anzupassen, was sich auch in der belegbar hohen Verfügbarkeit der Echtzeitdienste von SAPOS® 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®,
 - der Bestandsaufnahme zur Ausgestaltung der SAPOS®-Produkte und Dokumentation zum Zustand der technischen Ausgestaltung SAPOS® sowie
 - den SAPOS®-Statistiken
- umfangreiche Steuerungs- und Überwachungsinstrumente zur Verfügung (Controlling).

Mit den seit 2008 bundesweit einheitlich geführten SAPOS®-Statistiken wird ein Benchmarking zwischen den Bundesländern als Betreiber von SAPOS® ermöglicht. Dieses dient der Gesamtbeurteilung des Produkts SAPOS® 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® 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® der Projektgruppe SAPOS® – Koordinatenmonitoring, vorgelegt zur 17. Tagung des Arbeitskreises Raumbezug in Juni 2009 in Potsdam (unveröffentlicht).
- Beckers, B., Behnke, K., Derenbach, H., Faulhaber, U., Ihde, J., Irsen, W., Lotze, J., Strerath, M. (2005): Diagnoseausgleichung SAPOS® – 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.
- 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.
- Lindenthal, N., Schön, S., Neuner, H., Kutterer, H., Jahn, C.-H. (2009): On the Monitoring of GNSS Reference Stations with independent Geodetic Techniques, 2nd 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: Qualitätsmanagement geodätischer Mess- und Auswerteverfahren, DVW-Schriftenreihe Bd. 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. In: Zeitabhängige Messgrößen – Verborgene Schätze in unseren Daten, DVW-Schriftenreihe Bd. 59, S. 193–210.
- Zurhorst, M. (2008): Bereitstellung des amtlichen Raumbezuges via SAPOS. Zeitschrift Forum JG 34., Heft 4/2008, S. 487.

Anschrift der Autoren

Dr.-Ing. Cord-Hinrich Jahn
Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Niedersachsen (LGLN), Landesvermessung und Geobasisinformation
Podbielskistraße 331, 30659 Hannover
cord-hinrich.jahn@lgl.niedersachsen.de

Dr.-Ing. Jörg Rubach
Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern
Lübecker Straße 287, 19059 Schwerin
joerg.rubach@laiv-mv.de

Christian Elsner
Bezirksregierung Köln, Geobasis NRW
Muffendorfer Straße 19–21, 53177 Bonn
christian.elsner@bezreg-koeln.nrw.de

Alexander Schenk
Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Niedersachsen (LGLN), Landesvermessung und Geobasisinformation
Podbielskistraße 331, 30659 Hannover
alexander.schenk@lgl.niedersachsen.de

Petra Wagenführ
Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg
Heinrich-Mann-Allee 103, 14473 Potsdam
petra.wagenfuhr@geobasis-bb.de

Hans-Georg Dick
Landesamt f. Geoinformation u. Landentwicklung Baden-Württemberg
Postfach 102962, 70025 Stuttgart
Dienstgebäude: Kriegsstraße 103a, 76135 Karlsruhe
hans-georg.dick@lgl.bwl.de

Andreas Brünner
Landesamt für Vermessung und Geoinformation Bayern
Alexandrastraße 4, 80538 München
andreas.bruenner@lvg.bayern.de