

RUNDER TISCH GIS E.V.



Technische Universität München



Leitfaden Mobile GIS

Von der GNSS-basierten Datenerfassung bis zu Mobile Mapping

Version 5.0 (Dezember 2023) 8. Auflage

Impressum

Leitfaden Mobile GIS – Von der GNSS-basierten Datenerfassung bis zu Mobile Mapping, Version 5.0 (erschienen 12/23), 8. vollständig aktualisierte und erweiterte Auflage

Herausgeber

Dr. Klaus Brand, GI Geoinformatik GmbH, Augsburg
Prof. Dr. rer. nat. Thomas H. Kolbe, TU München
Runder Tisch GIS e. V. c/o Technische Universität München
Geschäftsstelle am Lehrstuhl für Geoinformatik
Arcisstraße 21
80333 München

Lektorat

Gerold Olbrich, Wichmann Verlag

Layout & Satz

Julia Maltan, GI Geoinformatik GmbH, Augsburg
Erstellt auf der Grundlage der Version 2.0: Matthias Niemeyer, chocolate-design.de

Bildnachweise

Titelbild: Galileo satellite in orbit: ESA – P. Carril, Galileo station: ESA – B. Nejad, Empfänger: GI Geoinformatik GmbH; Inhaltsverzeichnis: pixabay: Lizenzfreie Nutzung

Anzeigen

Dr.-Ing. Gabriele Aumann Runder Tisch GIS e. V., Tanja Nyc Runder Tisch GIS e. V.
c/o Technische Universität München, Geschäftsstelle am Lehrstuhl für Geoinformatik
Prof. Dr. rer. nat. Thomas H. Kolbe
Arcisstraße 21
80333 München
Tel.: +49 89 289 22857
runder-tisch@bv.tum.de
www.rundertisch.de

Erscheinungsweise

Digital als PDF, www.rundertischgis.de/publikationen/leitfaeden

Urheberrecht

Alle Rechte vorbehalten. Alle Beiträge und Abbildungen im Leitfaden Version 5.0 sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz geschützt ist, bedarf der vorherigen Genehmigung durch den Runden Tisch GIS e. V. Gezeichnete Beiträge geben die Meinung der Autoren wieder. Die Vorstellung von Hardwareprodukten in diesem Leitfaden erfolgt ohne Gewähr oder Anspruch auf Vollständigkeit. Sämtliche Angaben zu den Produkten beruhen ausschließlich auf Informationen der jeweiligen Hersteller. Diejenigen Bezeichnungen von im Leitfaden genannten Erzeugnissen, die zugleich eingetragene Warenzeichen sind, wurden nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann also aus dem Fehlen der Markierung TM oder ® nicht geschlossen werden, dass die Bezeichnung ein freier Warenname ist. Ebenso wenig ist zu entnehmen, ob Patente oder Gebrauchsmusterschutz vorliegen.

1 Einleitung mobiles GIS	11
1.1 Aufbau des Leitfadens	12
1.2 Begriffsdefinitionen	13
1.2.1 Globale Navigationssatellitensysteme (GNSS)	13
1.2.2 Mobile Mapping im vorliegenden Leitfaden	14
1.2.3 Mobile GIS im vorliegenden Leitfaden	14
1.2.4 Location-based Services (LBS)	14
1.2.5 Geospatial Solutions	15
1.2.6 Ausblick und Marktentwicklung	17
2 GNSS-Positionierung	19
2.1 Das europäische Satellitennavigationssystem Galileo	19
2.1.1 Aufbau des Galileo-Systems	19
2.1.2 Die Galileo-Architektur	19
2.1.3 Galileo-Dienste	21
2.1.4 Galileo im Zusammenspiel mit anderen Systemen	21
2.1.5 Galileo-Märkte und Anwendungsbereiche	22
2.1.6 Errichtung und aktueller Stand	23
2.2 Prinzip der Satellitenpositionierung	27
2.3 Übersicht bestehender und zukünftiger GNSS-Dienste	27
2.4 Geodätische Bezugssysteme	28
2.4.1 Transformationen	28
2.4.2 Koordinatenreferenzsysteme in Deutschland	30
2.4.3 Koordinatenreferenzsysteme in Österreich	31
2.4.4 Koordinatenreferenzsysteme in der Schweiz	33
2.5 Genauigkeit von GNSS-Messungen	35
2.6 Genauigkeit von autonomen Lösungen	35



Straßeninfrastrukturen



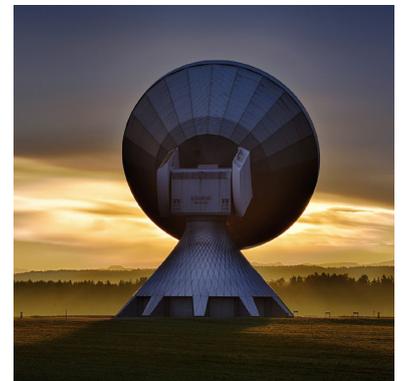
Landwirtschaft

2.7	Genauigkeitssteigerung durch differenzielle Korrektur	36
2.7.1	Echtzeitverfahren	37
2.7.2	SAPOS – der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung	38
2.7.3	Postprocessing	39
2.7.4	Swiss Positioning Service (swipos)	40
2.7.5	Satellitenpositionierungssysteme in Österreich	41
3	Mobile Datenerfassung mit Laserscanning	44
3.1	Terrestrisches Laserscanning	44
3.1.1	Terrestrischer Laserscanner (Messinstrument)	44
3.1.2	Messstrategien beim TLS	48
3.1.3	Datenverarbeitung und abgeleitete Produkte	50
3.2	Airborne Laserscanning	52
3.2.1	Grundlegend neue Entwicklungen der Technologie	52
3.2.2	Klassische und erweiterte Anwendungsfelder	52
3.2.3	Neue Wege der Datenprozessierung und Verknüpfung	54
3.3	Mobile Datenerfassung mit Unmanned Aerial Systems (UAS)	57
3.3.1	Begriffsdefinition	57
3.3.2	UAS-Systemkomponenten	58
3.3.3	UAS-Kategorien	58
3.3.4	UAS-Datenerfassungsworkflow	70
3.3.5	Photogrammetrische Generierung von 3D-Punktwolken, Digitalen Oberflächenmodellen und Orthophotos	72
3.3.6	Rechtliche Rahmenbedingungen	74
3.3.7	Interessenvertretung und weiterführende Informationen	76
4	IT-Plattformen	78
4.1	Bauartnormen	79
4.2	Displaytechnologien	81

Mobile GIS und mögliche Anwendungsfelder



Einsatz von UAV



Satellitennavigation

4.3	Betriebssysteme	81
5	Software für mobile Aufgaben	83
5.1	Welche Software ist für eine mobile Aufgabe die richtige?	84
5.1.1	Grundlagen der Geo-App-Entwicklung	87
5.1.2	Mobile Webseiten (Web-Apps)	89
5.1.3	Hybride Apps (Cross-Plattform-Entwicklung)	93
5.2	Entscheidungshilfen	96
6	IT-Sicherheit mobiler GIS-Anwendungen	98
6.1	Einführung	98
6.2	Sicherheitsaspekte	99
6.3	Schutzmaßnahmen	103
6.4	Anwendungsszenarien	110
7	Anwenderbeispiele	112
7.1	ArcGIS QuickCapture und Site Scan for ArcGIS – Datenerfassung mit Drohnen in Echtzeit	112
7.2	ARVAtec + Algiz 8X – Präzisionslandwirtschaft leicht gemacht	114
7.3	Leica Zeno-Lösung – die zuverlässige GIS-Datenerfassung	116
7.4	Digitale und effiziente Kontrollen im Außendienst – die mobile Welt der RIWA Kontroll-Apps	118
8	Hardwarebeispiele	120
8.1	Forest it Design AB: Tablet 11,6“ FIDS Zelo	121
8.2	Forest it Design AB: Tablet 10,1“ FIDS Enzi	121
8.3	Forest it Design AB: Tablet 7“ Gen2wave RP70 Windows 10 und Android	122
8.4	Forest it Design AB: EOS Arrow Gold u. Gold+	123
8.5	Handheld: ALGIZ 10XR – Ultimate Field Performance	123
8.6	Handheld: ALGIZ RT8 – Ultra-rugged Efficiency	124
8.7	Handheld: ALGIZ RT10 – Field-tough Mobility	124
8.8	Handheld: NAUTIZ X6 – The ultra-rugged Android Phablet	125
8.9	Leica: Zeno FLX100 plus – genau, kompakt und flexibel	125
8.10	Leica: Zeno GGo4 plus – Präzision. An jedem Einsatzort	126

Mobile GIS und mögliche Anwendungsfelder



IT-Sicherheit



Kommunen und Bauhöfe

8.11	Leica: CSX8 Rugged Android Tablet – sorgenfreies Arbeiten	126
9	Handlungsempfehlungen	127
9.1	Allgemeine Empfehlungen	127
9.1.1	Kostenübersicht von GNSS-Systemen	127
9.1.2	Investitionssicherheit	128
9.1.3	Tipps für Einsteiger	129
9.2	Vorüberlegungen zur Hardware	131
9.3	Vorüberlegungen Software	132
9.4	Vorüberlegungen zum Betriebssystem	133
10	Checklisten	134
11	Anhang	138
11.1	Kontaktadressen der Verfasser der Fachbeiträge	138
11.2	Mitglieder der Projektgruppe	139
11.3	Verzeichnis der Hersteller	139
11.4	Anzeigen	140
12	Glossar	141



Immobilien- und
Liegenschaftsverwaltung



Wissenschaft und Lehre

Nutzen Sie 30 Jahre GIS-Erfahrung für Ihren Erfolg!

Wir verbinden Technologien zu Ihren Lösungen.

ArcGIS Schulungen & Workshops

- ArcGIS Pro
- ArcGIS Online
- ArcGIS Apps

Umsetzung von Geo-IT Projekten

- Projektmanagement
- Lösungsarchitektur & Softwareentwicklung
- Datenmanagement

Mobile Komplettlösungen für zentimetergenaue Datenerfassung

- Leica FLX 100 plus
- Esri Apps
- GI Apps

ArcGIS Online Services

- GIS-Datenrecherche
- Projekteinrichtung
- Betrieb Ihrer ArcGIS Online-Subskription



Vorwort der Herausgeber

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

ständige Innovationen bei Hard- und Software für mobile GIS-Anwendungen, Fortschritte bei der Verfügbarkeit schneller Mobilfunknetze und rasant steigende Verkaufszahlen von Smartphones und Tablets mit GNSS-Sensoren haben den Runden Tisch GIS e. V. veranlasst, 2013 den Leitfaden „Mobiles GIS und standortbezogene Dienste“ herauszugeben und zum kostenlosen Download zur Verfügung zu stellen. Das weiterhin hohe Interesse an dem Leitfaden, das durch die Downloadzahlen bestätigt wird, hat den Runden Tisch GIS e. V. dazu bewogen, nach drei Jahren wieder eine aktualisierte Version herauszugeben.



Für die Version 5.0 wurden alle Fachkapitel von den Autoren geprüft und aktualisiert. Hersteller erhielten die Gelegenheit, ihr Produktportfolio für den GIS-Einsatzbereich zu ergänzen und auf den aktuellen Stand zu bringen. Durch den Herausgeber, Prof. Thomas H. Kolbe von der TU München, wird der Anspruch der Neutralität und wissenschaftlichen Qualität des Leitfadens gewährleistet. Dr. Klaus Brand, der bereits Mitherausgeber von vorangegangenen Versionen war, ist Sprecher des Kompetenzpools „Mobiles GIS und Sicherheit“ am Runden Tisch GIS. Er bringt aus seiner langjährigen Erfahrung als Geschäftsführer der Firma GI Geoinformatik GmbH den Praxisbezug und die Erfahrung aus zahlreichen Projekten mit Einsatz mobiler Komplettlösungen mit ein. Ein Review-Team aus Professoren und anerkannten Fachleuten des jeweiligen Themenbereichs sichern die Qualität der Beiträge.

Der Leitfaden richtet sich an alle, die im interdisziplinären Geoinformationsmarkt bei der Bearbeitung ihrer Daten satellitenbasierte Positionierung einsetzen oder digitale Workflows für ihre Außendienstteams einführen oder verbessern wollen. Der Leitfaden wendet sich einerseits an Einsteiger und Studierende sowie andererseits in den Fachkapiteln auch an Fachanwender, die bereits Erfahrung haben. Dabei wird es häufig vorkommen, dass aufgrund der großen Bandbreite des Themas nur einzelne Fachkapitel oder weiterführende Links für Sie relevant sind, je nach Aufgabenbereich in ihrer Organisation.

Anders als in der Vergangenheit, als der Einsatz mobiler IT-Lösungen meist Fachspezialisten vorbehalten blieb, treiben heute auch die Nutzer von Smartphones und Tablets die Entwicklungstrends sowie die Erschließung neuer Anwendungsgebiete in vielen Branchen und Organisationen, wie Architektur, Bauwesen, Bodenordnung,

Energieversorgung, Entsorgung, Forschung, Geographie, Geoinformatik, Geologie, Geomarketing, Hochschulen und Universitäten, Immobilienwirtschaft, Ingenieurbüros, Kartographie, Monitoring, Kommunen, Bundes- und Landesbehörden, Telekommunikation, Tourismus, Verkehr, Vermessung, Wasserwirtschaft, Umweltschutz, Land- und Forstwirtschaft, Betriebssteuerung sowie Logistik, voran. Durch die steigende Leistungsfähigkeit von internen GNSS-Modulen in Smartphones und Tablets, gerade bei den aktuellen Entwicklungen bei Galileo und gleichzeitig sinkenden Preisen bei hochwertiger externen Mehrfrequenzempfängern, wird die steigende Verbreitung dieser Technologien und durchgängiger Arbeitsprozesse im Gelände unterstützt.

Ziel des Leitfadens ist es, durch strukturierte Orientierungs- und Entscheidungshilfen einen schnellen Überblick zu den einzelnen Aspekten des Themas und zu durchgängigen Workflows zu geben. Gleichzeitig wird versucht, das Lösungsangebot für GNSS-Empfänger und robuste Tablet-PCs übersichtlich und vergleichbar darzustellen (Stichwort: „Entscheidungsunterstützung & Investitionssicherheit“). Die Anforderungen an mobile Systeme können allerdings je nach Branche, Anwendungsszenario und Anzahl der Nutzer sehr unterschiedlich sein. Der Leitfaden erhebt daher nicht den Anspruch einer vollständigen Marktübersicht. Im Einzelfall können zusätzliche Kriterien hinzukommen, die zu anderen Entscheidungsprozessen führen. In der letzten Version des Leitfadens wurde ein Kapitel auch den verschiedenen Softwarelösungen im Markt gewidmet, die auf die mobile GIS-Datenerfassung ausgerichtet war. Durch die allgemeine Verfügbarkeit von Daten im Gelände und die schnell wachsende Zahl von Apps rund um Navigation, Location-based Services und Neuerfassung von Daten ist die Anzahl der Softwareprodukte so stark angestiegen, dass der Anspruch, einen Marktüberblick zu geben, nicht mehr möglich ist. Daher haben wir in der aktuellen Version auf dieses Kapitel zur Software verzichtet.

Als Verfasser konnten aus dem Netzwerk des Runden Tisch GIS e. V. angesehene Experten von Unternehmen, Landes- und Kommunalbehörden sowie aus der Wissenschaft gewonnen werden. Mit großem persönlichem Einsatz haben diese Autoren an der Erstellung des neuen Leitfadens mitgewirkt. Sie haben durch ehrenamtliche Leistungen eine kostenlose Herausgabe des Leitfadens ermöglicht (Kontakt Daten siehe Anhang). Der Runde Tisch GIS e. V. bedankt sich sehr herzlich bei allen Herstellern und Anbietern von Hardwareprodukten, für die zur Verfügung gestellten Produktinformationen. Gerade die Beiträge aus der freien Wirtschaft vermitteln einen hervorragenden Gesamteindruck über den aktuellen Stand der Technik und das vielfältige Spektrum mobiler Anwendungen. Ein ganz besonderer Dank gilt allen Unternehmen, Organisationen und Behörden, die durch eine Anzeige die Finanzierung des Projekts gesichert und die Bereitstellung des Leitfadens als kostenlosen Download ermöglicht haben (siehe Verzeichnis der Anzeigen im Anhang). Schließlich bedankt sich der Runde Tisch GIS e. V. bei den MitarbeiterInnen Julia Maltan und Ben Cyffka der Firma GI Geoinformatik GmbH für die erfolgreiche Zusammenarbeit bei der gesamten Koordination von der Aktualisierung bis hin zum Layout und Herrn Gerold Olbrich vom Wichmann Verlag für das Lektorat. Die Herausgeber bedanken sich auch bei Frau Tanja Nyc und Dr. Gabriele Aumann für die hervorragende Koordination seitens des Runden Tisch GIS e. V.

Augsburg und München, Oktober 2023

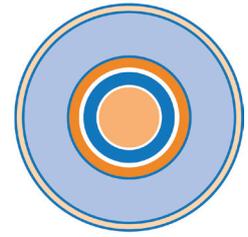


Dr. Klaus Brand



Prof. Thomas H. Kolbe

Profitieren Sie vom Netzwerk: Mitglied werden!



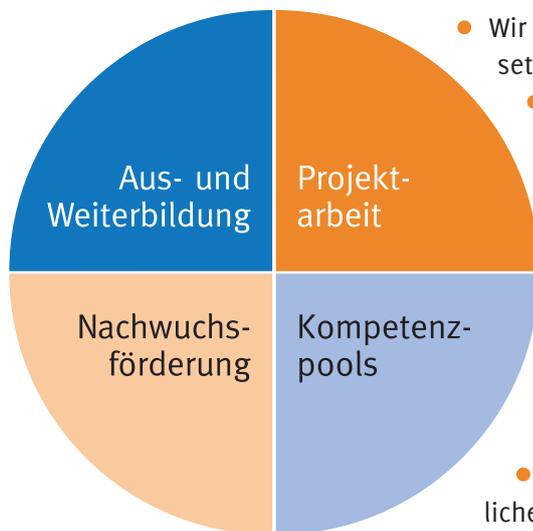
RUNDER TISCH GIS E.V.

Der Runde Tisch GIS e.V. ist eines der größten ehrenamtlich organisierten Netzwerke zum Thema Geoinformation in Deutschland. Werden Sie ein Teil dieses Netzes – persönlich, als Unternehmen, wissenschaftliche Institution, Gebietskörperschaft, Kommune oder Fachbehörde. Denn all diese Rollen finden sich schon jetzt unter unseren knapp 200 Mitgliedern. Beim Runden Tisch GIS finden Sie Partner für Ihre Projekte, einen breiten Erfahrungsaustausch und vielfältige Kontakte zu zahlreichen Entscheidern in der Geoinformationswirtschaft.

Die Arbeit des Runden Tisches GIS e.V. ruht auf vier Säulen. Mitglieder können darin eigene Akzente setzen und Mitstreiter für Ihre Interessen finden:

Als Mitglied des Runden Tisches GIS sind Sie stets der erste Ansprechpartner bei unseren zahlreichen Aktivitäten. Sie können das Expertenwissen in unseren Kompetenzpools nutzen und steigern. Ebenso steht Ihnen die Job- und Praktikantenbörse unserer Community zur Verfügung.

Und Sie profitieren von den guten Konditionen, die Sie bei unseren Veranstaltungen und Serviceangeboten als Mitglied genießen.



- Wir fördern das Vertrauen der Beteiligten und schaffen die Voraussetzungen für Kooperationen und den offenen Dialog.
 - Wir unterstützen und initiieren Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten.
 - Wir machen die Themen der Branche transparent.
 - Wir beschreiben zukunftsweisende Trends im Umfeld von Geodaten.
 - Wir bringen Anbieter, Anwender und Wissenschaft zusammen.
 - Wir können große Förderprojekte stemmen.
 - Wir fördern den studentischen und wissenschaftlichen Nachwuchs durch Stipendien und Preise.
- Wir verfolgen als gemeinnütziger Verein keine wirtschaftlichen Eigeninteressen und können deshalb unsere Themen mit einer hohen Glaubwürdigkeit transportieren.

Das Veranstaltungsprogramm des Runden Tisches GIS:

- Münchner GI-Runde
- Kommunales GIS-Forum in Neu-Ulm
- Mobiles GIS-Forum in Augsburg
- Geo@Aktuell
- 3D-Forum Lindau
- Weiterbildungskurse

Aktuelle Infos immer unter www.rundertischgis.de

1 Einleitung mobiles GIS

Verfasser: Dr. Klaus Brand, Vorstand Runder Tisch GIS e. V., Geschäftsführer GI Geoinformatik GmbH; Prof. Dr. Thomas H. Kolbe, Vorstandsvorsitzender Runder Tisch GIS e. V., TU München

Mit der steigenden Verfügbarkeit von Geodaten in Wirtschaft und Verwaltung ist der Wunsch nach einer mobilen Nutzung dieser Daten direkt vor Ort zum Standard geworden. Heute steht hierfür ein großes Spektrum leistungsfähiger mobiler Endgeräte zur Verfügung, das vom Smartphone bis hin zum robusten Hochleistungs-Tablet-PC und hochgenauen GNSS-Systemen reicht. In Abhängigkeit von Aufgabenstellung und verfügbaren Fachdaten werden unterschiedlichste mobile Endgeräte mit der passenden Anwendungssoftware kombiniert. Aufgrund der Vielfalt von Anforderungen aus den verschiedenen Einsatzbereichen und Arbeitsprozessen kann jedoch keine einheitliche Lösung entstehen. Der Anwender trifft vielmehr auf ein breites Angebot für jede der einzelnen Komponenten, aus dem er für seinen speziellen Bedarf auswählen muss. Mit diesen vielschichtigen Teilaspekten beim Einsatz von mobilen GIS-Lösungen und dem Zusammenspiel der einzelnen Lösungsbausteine befasst sich der Leitfaden mit Theorie und Praxis und deckt dabei das gesamte Spektrum von preiswerten Auskunftslösungen in Form von „Geo-Apps“ bis hin zu komplexen Expertenwendungen für die hochgenaue Datenerfassung ab.

Betrachtet man die GNSS-basierten Erfassungssysteme, wird deutlich, dass insbesondere die Lösungen zur Geodatenerfassung in den letzten Jahren eine deutliche Weiterentwicklung erfahren haben. Selbst für GIS-Anwendungen kann ein Genauigkeitsbedarf im Zentimeterbereich gefordert sein, der sich mit den heute angebotenen Systemen realisieren lässt. Zusätzlich zur genauen Erfassung im Feld spielt aber in den Anwendungen, die Daten mit zentralen GIS-Systemen zu synchronisieren, der Prozess des Datenaustauschs sowie eine sichere und einfache Bedienung durch vorkonfigurierte Systeme die entscheidende Rolle. Im zunehmenden Maße wird auch die Bereitstellung von Positionen, Routen oder Datenbankinhalten in Echtzeit erwartet, um Außendienstprozesse zu optimieren oder für Einsatzleitsysteme im Katastrophenschutz. Ähnlich verhält es sich mit dem Einsatz von UAV und Flugzeugen, die für die Erfassung von aktuellen räumlichen Daten aus der Luft unter Einsatz von Kameras und Sensoren verwendet werden können. Durch die Kombination von GNSS und Bodenreferenzpunkten können räumlich verortete Rasterdaten in kürzester Zeit erfasst und prozessiert werden. Auch die Erfassung mit terrestrischen mobilen Verfahren und die Massendatenerfassung von Punktwolken wird im Leitfaden vorgestellt.

Die einfache Bedienbarkeit ist nach wie vor das entscheidende Kriterium bei Anwendungen im Bereich von Außendiensttätigkeiten, Neuerfassung von Daten oder Vor-Ort-Kontrollen. Dies spiegelt sich im Trend, weg von breit angelegter Basissoftware hin zu „schlanker“ und aufgabenbezogener Anwendungssoftware, wider. Die Softwarehersteller und GIS-Anbieter haben den Wandel der Kundenbedürfnisse erkannt. Sie bieten mit Entwicklungsumgebungen oder einem Baukastenansatz die Möglichkeit, schnell maßgeschneiderte, einfach zu handhabende Anwendungen zu konfigurieren. Low-Code- oder No-Code-Lösungen eignen sich zunehmend auch für Individualanforderungen. Diese Ansätze haben zudem den Vorteil, dass man die laufenden Anforderungen aus Updates der Basistechnologie ohne zeitlichen Verzug gewährleisten kann. Über die Gewohnheiten aus der privaten Nutzung von Smartphones und Apps werden zunehmend auch die GIS-Fachwendungen bezüglich Usability und moderner Optik beurteilt. Dadurch besteht die Chance, aus den reinen Expertenwendungen herauszukommen und hochwertige Fachdaten auch für breite Nutzergruppen verfügbar zu machen.

Besonders interessant dürfte durch diese Entwicklungen der Einfluss des Bürgers – weg vom passiven Nutzer räumlicher Daten zum aktiven Lieferanten und Gestalter – auch im Bereich von Fachinformationen, werden. Der User-Generated Content (UGC), in der Wissenschaft auch Volunteered Geographic Information (VGI) genannt, wird bereits vielfältig genutzt, wie beispielsweise im Bereich Feedback von Bürgern zu defekter Infrastruktur (Beleuchtung, Straßenschäden u. Ä.) oder auch von kommerziellen Firmen im

Bereich Straßendaten, Baustellen und Verkehrsfluss. Auch wenn die Qualität, Aktualität und Herkunft der Information im Einzelfall geprüft werden muss, ist der Mensch als „Sensor“ direkt vor Ort für viele Aufgabenstellungen unersetzbar. Als Beispiel sei hier das Donauhochwasser in der Region Passau im Sommer 2013 genannt, bei dem sich freiwillige Hilfskräfte mittels webbasierter räumlicher Informationen über die aktuelle Situation ausgetauscht haben und die Verteilung der Helfer inklusive Befahrbarkeit von Zufahrtswegen organisiert haben. Die führenden Hersteller nehmen diese Trends auf. Sie bieten mittlerweile Plattformen mit geographischen Hintergrundkarten und Luftbildern sowie räumliche Grundfunktionalitäten an, die von Nutzergruppen durch eigene Inhalte, direkt vom mobilen Endgerät, ergänzt werden können. Diese Daten stehen dann der Allgemeinheit zur Verfügung. Damit verschmelzen Fachlösungen und -daten mit Hintergrundkarten wie OpenStreetMap oder anderen Open-Data-Diensten.

1.1 Aufbau des Leitfadens

Der Leitfaden „Mobile GIS – von der GNSS-basierten Datenerfassung bis zu Mobile Mapping“ umfasst 147 Seiten und ist in zehn Hauptkapitel und einen Anhang gegliedert. In den einführenden Kapiteln wird ein Überblick über die Ziele und die wesentlichen Inhalte des Leitfadens gegeben.

In Kapitel 1 „Einleitung“ werden grundlegende Begriffe mobiler Geoinformationssysteme (GIS) erklärt. Ferner werden technologische Trends und die prognostizierte Entwicklung des GNSS Market Reports der GSA vorgestellt.

Das Kapitel 2 „GNSS-Positionierung“ befasst sich ausführlich mit den theoretischen Grundlagen mobiler IT-Systeme, wie Positionierungstechnologien, der Genauigkeit von GNSS-Messungen, geodätischen Bezugssystemen und Transformationen. Neben Deutschland wird in dieser Auflage auch länderspezifisch auf Österreich und die Schweiz eingegangen. Zudem werden der aktuelle Stand und der Ausblick zu den Entwicklungen von Galileo gegeben.

Kapitel 3 wurde in der Version 3.0 des Leitfadens neu hinzugefügt und thematisiert die Anwendung von UAV (Unmanned Aerial Vehicles) unter dem Gesichtspunkt des Mobile Mappings.

Kapitel 4, „IT-Plattformen“, erläutert zunächst grundlegende Aspekte mobiler Hardware. Dies geht von Betriebssystemen über Bauartnormen bis zu Displaytechnologien.

In Kapitel 5 werden die wichtigsten Aspekte von Software – speziell für den Einsatz im Gelände – vorgestellt. Es gibt einen Überblick zu den verschiedenen Entwicklungsansätzen für Geo-Apps und bietet Entscheidungshilfen.

Kapitel 6 „IT-Sicherheit mobiler GIS-Anwendungen“ ist von zentraler Bedeutung für den praktischen Einsatz und die Verbreitung von mobilen Lösungen. Mobile Endgeräte können die Schwachstelle für die Sicherheit von zentralen IT-Plattformen bilden und müssen daher einer besonderen Betrachtung unterzogen werden. Das Kapitel gibt hierzu eine umfangreiche Orientierungshilfe, ergänzt durch Praxisbeispiele.

Kapitel 7 beinhaltet Anwenderbeispiele zum Einsatz von Mobilem GIS und Mobile Mapping in den Branchen Infrastrukturmanagement, Landwirtschaft und Forstwirtschaft. Die einzelnen Branchen werden von erfahrenen Experten vorgestellt und sollen Anregungen für das breite Einsatzpotenzial geben.

In Kapitel 8 werden aktuelle Produktbeispiele führender Hardwarehersteller vorgestellt. Die systematische und einheitliche Aufbereitung der eingereichten Produkte erleichtert den Vergleich untereinander. Mögliche Anwendungsbeispiele schließen dieses Kapitel ab.

Abgerundet wird der Leitfaden mit den Kapiteln 9 „Handlungsempfehlungen“ für die Planung und Auswahl von Systemen und dem Kapitel 10 „Checklisten“ mit seinem speziellen Service für die Leser zu Themen wie Hardware, Software, Betriebssystem und IT-Sicherheit. Diese Hilfen sind dafür gedacht, keinen Aspekt zu übersehen und eine Gewichtung der Kriterien vornehmen zu können.

1.2 Begriffsdefinitionen

Der Titel des Leitfadens „Mobile GIS“ ist aufgrund der Bandbreite der Inhalte bewusst sehr allgemein gewählt. Als Hilfe zur Abgrenzung von verwandten Begriffen sollen die folgenden Begriffsdefinitionen dienen.

1.2.1 Globale Navigationssatellitensysteme (GNSS)

Verfasser: Christian Röger, Uni Augsburg

Global Navigation Satellite Systems, kurz GNSS, umfassen neben dem US-amerikanischen GPS (Global Positioning System) auch das russische GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System), das chinesische Beidou (chinesisch ‚Großer Bär‘, Abkürzung BDS) und das europäische Galileo-System. Während in den Anfangszeiten globale Navigationssatellitensysteme größtenteils für militärische Zwecke genutzt wurden, was im Fall des amerikanischen GPS beispielsweise durch hinzugeschaltete Störsignale abgesichert wurde, sind GNSS seit dem Jahr 2000 auch für zivile Zwecke zugänglich. Heute sind GNSS-Empfänger in nahezu jedem Smartphone verbaut. Für die Positionierung eines GNSS-Empfängers sind mindestens vier Satelliten erforderlich. Diese Mindestanzahl kann nur dann erreicht werden, wenn sich mindestens 24 Satelliten eines Systems in ihren Umlaufbahnen um die Erde befinden. Satelliten senden durchgehend ihre aktuelle Position sowie ihre aktuelle Uhrzeit in Richtung Erde. Anhand dieser Informationen können GNSS-Empfänger Pseudo-Signallaufzeiten berechnen, die im Endeffekt als Basis für die Kalkulation des eigenen Standorts dienen. Dazu gehören in der Regel Länge, Breite und Höhe in unterschiedlichen Bezugssystemen mit unterschiedlichen Positionierungsgenauigkeiten. In der Regel sind GNSS-Positionierungen auf zehn Meter genau. Bei allen Systemen treten Messfehler auf, die durch die Einflüsse bei der Messung, u. a. Satellitenposition, Zeitdrift, Ionosphäre, Troposphäre oder Mehrwege-Effekt, hervorgerufen werden. Höhere Positionierungsgenauigkeiten sind mit einem differenziellen GNSS zu erreichen („DGPS“). DGPS beinhaltet das Senden von Korrektursignalen via Funk oder anderen Technologien.

GNSS-Empfänger finden sich heute in jedem Smartphone

Wichtig ist der Begriff „Geometric Dilution of Precision“ (GDOP), – ein Maß für die Eignung einer GNSS-Satellitenkonstellation für eine Messung. Hierbei ist ein niedriger GDOP-Wert ausschlaggebend für genaue Outdoor-Positionierungen (siehe z. B. Langley, R. B. (1999): Dilution of Precision. GPS World, 10(5): S. 52-59). Die Höhe des GDOP-Werts hängt von der relativen Position der verwendeten Satelliten zueinander sowie zum GNSS-Empfänger ab.

A-GPS ermöglicht unter anderem geringeren Energieverbrauch und Positionierung in Tunneln

Das europaweit fast durchgängig verfügbare Assisted Global Positioning System (A-GPS) wird in Mobiltelefonen und Smartphones verwendet, um die Outdoor-Positionierung schneller zu ermöglichen. Dies geschieht über die zusätzliche Nutzung des GSM-Mobilfunknetzes. Dem Empfänger werden über das GSM-Netz Hilfsdaten übermittelt. Ein Vorteil von A-GPS gegenüber GPS ist neben der schnelleren Positionierung mit höherer Genauigkeit ein geringerer Energieverbrauch. Auf Grundlage der zusätzlichen Sensoren eines Smartphones können Positionen interpoliert werden (z. B. bei der Fahrzeugnaviga-tion auch innerhalb von Tunneln, wo kein GNSS-Signal verfügbar ist).

1.2.2 Mobile Mapping im vorliegenden Leitfaden

Der Begriff steht ganz allgemein für die Erfassung raumbezogener Daten in Verbindung mit mobilen Plattformen. Bei der Geländeaufnahme oder der Erfassung von Bauwerken können dies Pkw (terrestrisch) oder Flugzeuge, Helikopter und UAV für Erfassung aus der Luft sein. Für die Erfassung von Innenbereichen von Gebäuden oder Höhlen kommen Lösungen auf Schiebevorrichtungen oder in Rucksäcken zum Einsatz. Auf diesen mobilen Trägerplattformen wird mit dem Einsatz von GNSS-Technologie und Bewegungssensoren versucht, eine möglichst genaue Position des Aufnahmestandorts zu erreichen. Neben Bildern mit verorteten Bildmittelpunkten können auch Laserscanner zur Datenerfassung verwendet werden. Diese Daten werden im Allgemeinen in Zwischenschritten prozessiert und durch Bildüberlagerung oder über vermessene Bodenreferenzpunkte möglichst genau verortet, um sie dann im GIS nutzen zu können.

Im vorliegenden Leitfaden wird im neuen Themenschwerpunkt auf die Kombination von Datenerfassung mit Kameras und Sensoren in Verbindung mit UAV eingegangen. Der Begriff UAS (Unmanned Aerial System) steht für die Betrachtung des Gesamtsystems. Der Begriff Drohne wird teilweise synonym verwendet, stammt jedoch ursprünglich aus militärischen Anwendungen, die diese Entwicklungen zu Beginn hauptsächlich geprägt haben. Der Bereich der Innenraumaufnahmen mit Laserscannern wird im Kapitel Indoor-Positionierung & lokale Positionierungssysteme aufgegriffen.

1.2.3 Mobile GIS im vorliegenden Leitfaden

Der Begriff „Mobile GIS“ im Verständnis dieses Leitfadens bezieht die unter LBS und Geo-Apps genannten Inhalte mit ein, ist aber bezüglich der thematischen Inhalte auf Fachdaten ausgerichtet. Reine Navigation zu einem Point of Interest oder auf öffentlichen Straßen bzw. reines Tracking von Routen fällt nicht darunter. Auch der Aufruf von statischen Karten über mobile Webseiten, ohne weitere räumliche Funktionalitäten, ist nur ein Randbereich von mobilen GIS. Anwendungen dagegen, in denen mittels räumlicher Funktionalität ein Arbeitsprozess unterstützt wird oder Fachdaten aus Kommunen und Verwaltung über eine App bereitgestellt werden, sind Bestandteile des Leitfadens.

1.2.4 Location-based Services (LBS)

Verfasser: Prof. Dr. Jukka M. Krisp, Uni Augsburg

Location-based Services (LBS) sind standortbezogene oder ortsbezogene Dienste. Dies beinhaltet Dienste, die anhand des Aufenthaltsorts (z. B. der Position eines Nutzers oder eines Orts von Interesse) standortabhängige Funktionalitäten bieten. Ein LBS ist nicht zwangsläufig mit der genauen Positionierung des Nutzers verbunden. Zum Beispiel kann eine Smartphone-Applikation mit dem aktuellen Wetter Informationen nahe Echtzeit an einer Position darstellen, die weit entfernt vom LBS-Nutzer liegt. Anwendungen zu LBS kommen aus den Bereichen Gesundheitswesen, Marketing, Tourismus, Unterhaltungsindustrie, soziale Netzwerke, Tracking sowie Indoor- und Outdoor-Navigation. Derzeit werden LBS mit Apps auf Smartphones assoziiert. Technische Entwicklungen bieten aber eine Vielzahl von Möglichkeiten, standortbezogene Informationen bereitzustellen. Dazu gehören auch Smartwatches (z. B. iWatch, Gear) oder „Wearables“, d. h. Technologie, die in Kleidung oder Schmuckstücken integriert ist. Die Positionserfassung verfügbarer Outdoor-LBS erfolgt i. d. R. via GSM-Positionierung und dessen Kombination mit GNSS (Assisted GPS), aber auch über WLAN-Zugangspunkte. Viele der derzeitigen Dienste nutzen Programmierschnittstellen (Application Programming Interface, API) zu Kartendiensten wie OpenStreetMap (OSM) oder zu kommerziellen Diensten wie Google Maps und Bing Maps, was wiederum Herausforderungen bzgl. der Kartographie und Geovisualisierung mit sich bringt. Ein wichtiger Trend innerhalb von LBS ist die Personalisierung von Diensten, die oft auf der Aufzeichnung der Nutzerbewegung und -interaktion beruht. Aktuell wird u. a. die Privatsphäre (privacy) diskutiert, da viele rechtliche Grundlagen des Datenschutzes länderspezifisch noch unklar sind.

LBS bieten Standortabhängige Dienste

LBS sind ein interdisziplinäres Forschungsfeld. Die ICA Commission on Location Based Services (LBS) hat eine neue „research agenda“ erarbeitet. Diese ist nun veröffentlicht und umreißt unter anderem die Entwicklung einer übergreifenden Forschungsagenda für das weitreichende Gebiet der „standortbezogenen Dienste“ / Location-based Services (LBS) (Huang et al. 2018). Die LBS-Forschungsagenda soll dazu beitragen, die Nutzung dieser Technologien zu fördern und die Rolle grundlegender Mechanismen zu untersuchen. Die Erarbeitung dieser Agenda war ein kollaborativer Prozess. Anregungen der LBS-Gemeinschaft wurden auf Sitzungen, u. a. den LBS-Konferenzen und der International Cartographic Conference (ICC) aufgenommen. Damit wurden „wichtige Herausforderungen für die Forschung“ gesammelt.

Insgesamt bilden sieben große Forschungsbereiche, gegliedert in zwanzig spezifische Themen, die Forschungsagenda. Dazu gehören u. a. der Bereich „Positionierung“. Dieser umfasst die Positionierung im Innen- und Außenbereich sowie Geräte mit mehreren Sensoren. „Kontextmodellierung und Kontextbewusstsein“ befasst sich mit „intelligenten“ Umgebungen und räumlicher Intelligenz der Umgebung. „Mobile Benutzeroberflächen und -interaktion“ prüfen die Interaktion zwischen Mensch und Computer, die Themen wie „Visualisierung“ und „Augmented Reality“ einschließt. In „Anwenderstudien und Evaluierung“ werden diese Aspekte berücksichtigt, um Benutzererfahrungen und mobile räumliche Wahrnehmung einzubeziehen. „Analyse von LBS-generierten Daten“ beschäftigt sich mit Fragen der Big-Data- und Bewegungs-Analyse sowie Fragen der Datenerfassung, einschließlich Geo-Tagging und Volunteered Geographic Information (VGI). Der Bereich „Soziale und verhaltensbezogene Auswirkungen von LBS“ befasst sich mit Datenschutz, rechtlichen und ethischen Fragen im Zusammenhang mit LBS. „Innovative Anwendungen“ beinhalten Vorschläge zu intelligentem Verkehr, mobiler Gesundheitsfürsorge, sozialen Netzwerken und autonomen Fahrzeugen. Der umfassende Artikel zu Forschungsfragen ist im Journal of Location Based Services veröffentlicht. (Band 12, Nr. 2, <https://doi.org/10.1080/17489725.2018.1508763>). Das Autorenteam besteht aus Hao-sheng Huang (Universität Ghent), Georg Gartner (TU-Wien), Jukka M. Krisp (Universität Augsburg), Martin Raubal (ETH Zürich) und Nico Van de Weghe (Universität Ghent). Das Journal of Location Based Services bildet zusammen mit der jährlichen LBS-Konferenz ein Forum für die Arbeit der Kommission und LBS-Studien im Allgemeinen. Die Kommission widmet sich Forschungsanstrengungen, um die Zukunft der mobilen Informationsgesellschaft „positiv“ zu gestalten.

Sieben große Bereiche bilden die Forschungsagenda

1.2.5 Geospatial Solutions

Verfasser: Dr. Klaus Brand, GI Geoinformatik GmbH

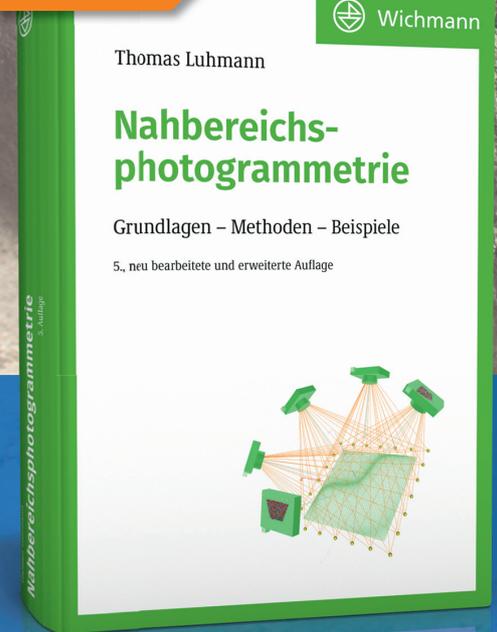
Dieser Begriff wird von Industrieunternehmen der Branche verwendet und stellt den Überbegriff für verschiedenste Technologien in Verbindung mit Positionierung dar. Unter dem Begriff „Geospatial Solutions“ ist die Entwicklung, Integration und Konfiguration von Software und Sensoren zu verstehen, mit der man Geodaten erfassen, speichern, verarbeiten und visuell darstellen kann. Die Zusammenstellung der Technologien und Schnittstellen richtet sich nach den Einsatzbereichen. Er beinhaltet auch Sensoren, wie Laserscanner, und die Kombination mit Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) und Fernerkundungstechnologie.



Wichmann



NEU



Technikwissen punktgenau: Grundlagen und Einsatzmöglichkeiten der Nahbereichsphotogrammetrie

Durch den zunehmenden Einsatz digitaler Bildaufnahme- und -analyseverfahren hat die Nahbereichsphotogrammetrie immer mehr an Bedeutung gewonnen. Dieses Buch bietet einen ausführlichen Einblick in das Themengebiet – von den mathematischen Grundlagen über Orientierungs- und 3D-Rekonstruktionsverfahren bis hin zu Auswertungs- und Messsystemen.

5., neu bearbeitete Auflage 2023
815 Seiten

96,- € (Buch/E-Book)
134,40 € (Kombi)

Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten. Sowohl das E-Book als auch das Kombiangebot (Buch + E-Book) sind ausschließlich auf www.vde-verlag.de erhältlich.



Bestellen Sie jetzt: (030) 34 80 01-222 oder www.vde-verlag.de/buecher/537732



1.2.6 Ausblick und Marktentwicklung

Der Nutzen eines Leitfadens hängt erfahrungsgemäß von der Dynamik der Marktentwicklung ab. Die wichtigsten Einflussfaktoren für die weitere Entwicklung mobiler GIS-Anwendungen sind:

- Innovationen und Verbreitung der Technologie,
- Verbindung neuer Technologien,
- flächendeckende Verfügbarkeit des schnellen Internets (4G- oder 5G-Netzwerk),
- Erschließung neuer Marktsegmente durch Dienste für neue Zielgruppen und sinkende Anschaffungskosten, auch in den hochgenauen Bereichen,
- kostenlose Verfügbarkeit von Geobasisdaten und Korrekturdaten der Landesvermessungsverwaltungen.

In der vorliegenden Ausgabe des Leitfadens sind die Innovationen der Technologie am besten aus dem Katalog für die Hardwareprodukte der Hersteller zu erkennen. Dies betrifft sowohl die modernen IT-Plattformen (Hardware und Betriebssysteme) als auch das breite Spektrum der GIS-Softwareprodukte zur mobilen Datenerfassung. Die angebotenen Softwareprodukte reichen von maßgeschneiderten Fachlösungen, einfachen Geo-Apps für ausgewählte Anwendungsszenarien bis hin zu universalen Softwarelösungen für die klassische Erfassung, Fortschreibung und Visualisierung von Daten im Feld. Ein starker Einfluss von Entwicklungstendenzen aus dem Consumermarkt für Smartphones und Tablets ist unverkennbar und wird sich zukünftig noch verstärken, besonders bei der intuitiven Usability.

Der laufende Wandel der Technologien und damit auch der Anwendungsbereiche wird besonders in den Beiträgen des Leitfadens zur Indoor-Positionierung und zu lokalen Positionierungsverfahren, einfach zugänglichen, räumlichen Datenbeständen und den Entwicklungen im Aufbau von Galileo deutlich. Gleiches gilt für die GIS-Datenerfassung mit UAV, die im Vergleich zu Luftbildbefliegungen mit Flugzeugen kurzfristig, kostengünstig und mit hoher Auflösung erfasst werden können. Besonders bei schwierig zugänglichen Gebieten wird ein weiterer Vorteil dieser Erfassungsmethodik schnell deutlich.

Der GNSS Market Report Issue 6, 2019 (<https://www.gsa.europa.eu/market/market-report>) der European Global Navigation Satellite Systems Agency GSA zeigt sowohl die technische Entwicklung als auch die Trends der nächsten Jahre auf. Der Bericht betont ein kontinuierlich steigendes Wachstum an GNSS-Empfängern. Er geht von einer Verdoppelung bei den Neuverkäufen bis 2029 aus. Das gilt nicht nur für einfache integrierte GNSS-Chips, sondern auch für die High-End-Receiver mit Zentimetergenauigkeit. Zudem wird die GNSS-Technologie und deren Entwicklung auch als Schlüssel für die Marktöffnung für den Einsatz von UAVs gesehen. Die systemübergreifende Nutzung von GNSS-Systemen und die Nutzung von Multifrequenz-Empfängern wird laut der Studie sicherer. Durch die steigende Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Positionsbestimmung wird auch dem Bereich der kommerziellen UAV-Anwendungen ein rasantes Wachstum prognostiziert.

Bei der Betrachtung einzelner Branchen und deren Einsatzpotenzial wird im Bericht besonders die Land- und Forstwirtschaft hervorgehoben. Neben der Maschinensteuerung, die in der Zwischenzeit zum Standard geworden ist, tritt immer mehr die kleinräumige Optimierung der Bewirtschaftung in den Vordergrund. Die Unterstützung der Wertschöpfungskette mit GNSS betrifft neben den Logistikprozessen auch alle Dokumentationsprozesse. GNSS wird als integraler Part für Wachstum in dieser Branche gesehen. Bei der EU-Förderflächenkontrolle vor Ort ist der Einsatz von GNSS-Systemen schon über ein Jahrzehnt zum Standard geworden. Neu ist die Einführung von Apps für den Landwirt, bei der mithilfe einer Foto-App der Landwirt selbst zur Unterstützung der Kontrollen beiträgt. Bei diesen Apps ist auf eine EU-konforme Entwicklung mit der entsprechenden Nutzerführung und Sicherheit zu achten. Der Mehrwert aller positionsbasierten Prozesse in der Landwirtschaft wird neben einer Steigerung der Produktivität vor allem auch in

der Reduktion des Energie-, Dünge- und Pestizideinsatzes gesehen, was sich im Ergebnis umweltschonend auswirkt.

Die satellitenbasierte Positionierung wird sich weiter schnell entwickeln und hat in vielen Branchen noch Potenzial, um Prozesse zu vereinfachen oder sicherer zu gestalten. Wichtig für diese Entwicklung ist die Vernetzung der Koordinaten aus den GNSS-Systemen z. B. mit Messwerten aus anderen Sensoren und die Integration dieser Daten in die vorhandenen Dateninfrastrukturen. Erst dann kann die GNSS-Technologie den vollen Nutzen für die Anwender entfalten.



ArcGIS Blog

Der Tech-Blog
für GIS-Expertinnen
& GIS-Experten

Wer interaktive Karten, Apps und Dashboards erstellt, setzt auf ArcGIS von Esri. Sie wollen up-to-date bleiben? Im ArcGIS Blog finden Sie die neuesten Produkt-Updates und praktische Anleitungen zur Visualisierung und Analyse von Geodaten.

Abonnieren Sie jetzt!



Praktische
Tipps, Tricks &
Anleitungen



Produkt-
Updates &
Funktionen



Neuheiten
rund um
ArcGIS



2 GNSS-Positionierung

Satellitenavigationssysteme sind bereits heute kaum mehr aus dem Alltag wegzudenken. Sobald es darum geht, eine uns unbekannt Adresse aufzusuchen, lassen wir uns vom „Navi“ im Auto oder dem Smartphone zu Fuß unterstützen. So einfach die Technik in der Bedienung auch ist, so kompliziert und faszinierend ist die dahinterstehende Technologie.

Wie ein Satellitenavigationssystem aufgebaut ist, wird im Folgenden anhand des europäischen Satellitenavigationssystems Galileo beschrieben, bevor das allgemeine Prinzip der Satellitenpositionierung eingehend erläutert wird. Eine Übersicht über bestehende und zukünftige GNSS-Dienste ergänzt die technischen Grundlagen. Wie die Position im Raum zu einer Position auf einer Karte wird, beschreibt der Abschnitt „Geodätische Bezugssysteme“. Abschließend werden lokale und Indoor-Positionierungssysteme als Ergänzung zu globalen Satellitenavigationssystemen ausführlich vorgestellt.

2.1 Das europäische Satellitenavigationssystem Galileo

Verfasserin: Bärbel Deisting, bavAIRa e. V.

Mit ihrem Beschluss im Jahr 1999 legte die Europäische Union den Grundstein für den Aufbau des europäischen Satellitenavigationssystems Galileo (Europäische Kommission 1999). Damit verfolgte sie das Ziel, das erste rein für zivile Zwecke konzipierte Satellitenavigationssystem aufzubauen, welches weltweit öffentlichen und privaten Nutzern zur Verfügung stehen wird (EU 2013). Mit diesem System sollte ein hochpräziser, garantierter Dienst angeboten werden, der weltweit auch in Krisenzeiten einsatzfähig bleibt. Des Weiteren setzte die Europäische Union mit der Entwicklung und dem Aufbau von Galileo auf eine stärkere Unabhängigkeit von den zu diesem Zeitpunkt existierenden globalen Navigationssystemen GPS und GLONASS. Das europäische System sollte unabhängig von den bestehenden Systemen arbeiten und somit, wie vom Europäischen Parlament und vom Rat betont, „zur strategischen Autonomie der Union“ beitragen (EU 2013).

Auftakt des europäischen Satellitensystems

2.1.1 Aufbau des Galileo-Systems

Der Aufbau des Systems umfasste im Wesentlichen folgende Phasen (EU 2013):

- Die Definitionsphase.
- Die Entwicklungs- und Validierungsphase bis 2013.
- Die Errichtungsphase, die im Jahr 2008 begann und eine vollständige Errichtung des Systems bis 2020 vorsieht. Hierzu gehört neben der Fertigstellung der Konstellation auch die Entwicklung der Bodeninfrastruktur.
- Die Betriebsphase, in diese fällt auch der Ausbau des Satellitenavigationssystems Galileo.

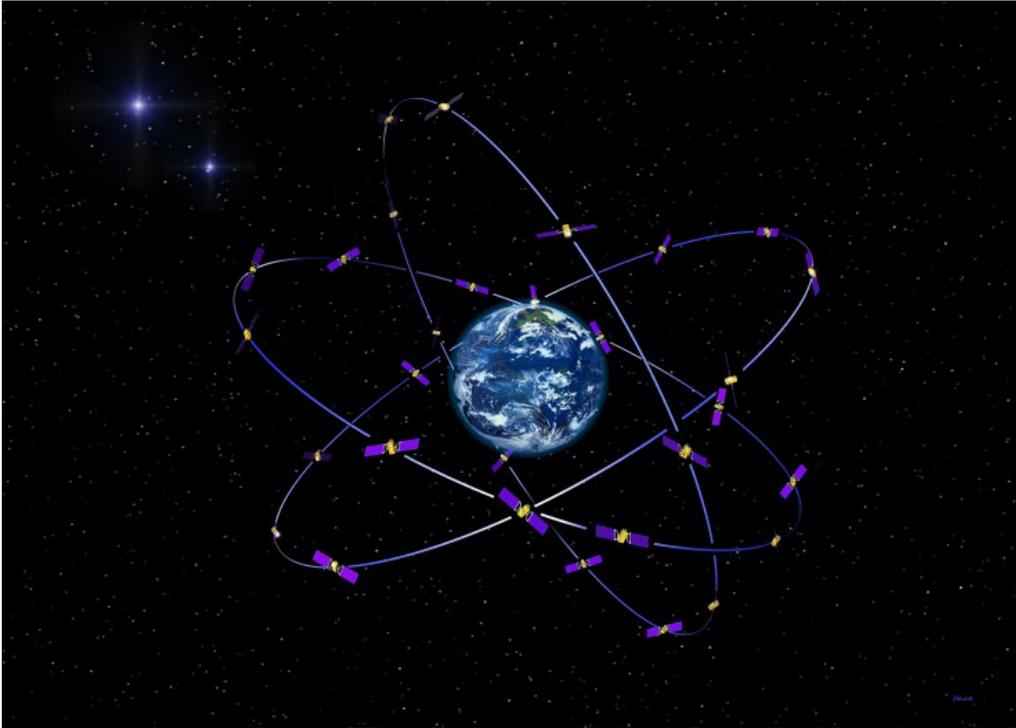
2.1.2 Die Galileo-Architektur

Wie in Raumfahrtmissionen üblich, so unterscheidet man auch im Bereich des europäischen Satellitenavigationssystems Galileo zwischen dem Raum-, dem Boden- sowie dem Nutzersegment.

Das Galileo-Raumsegment besteht aus 30 MEO (= Mean Earth Orbiting) Satelliten. Diese sind in einer Höhe von 23.222 km auf drei Bahnebenen verteilt. Auf jeder dieser Bahnen befinden sich neun operationelle Satelliten und ein aktiver Ersatzsatellit, der bei einem eventuellen Ausfall eines Satelliten dessen Funktion übernimmt. Die Satelliten sind gleichmäßig auf den drei Bahnebenen, die eine Bahnneigung von 56° aufweisen, verteilt und benötigen für eine Erdumrundung 14,4 Stunden. Diese Konfiguration wird auch als Walker 27/3/1 (+3 Ersatzsatelliten) Konstellation bezeichnet und garantiert eine weltwei-

System aus 30 Satelliten

te Abdeckung. Durch sie werden zukünftig überall auf der Welt immer mindestens vier Galileo-Satelliten sichtbar sein und eine Positionsbestimmung ermöglichen.



Galileo-Konstellation (Quelle: ESA)

Folgende Tabelle liefert einen Überblick zu Masse, Primärleistung und Größe der Galileo-Satelliten. Die ersten vier Galileo-Satelliten wurden von der Firma Astrium gebaut, der Bau der nächsten 22 Galileo-Satelliten wurde an das Unternehmen OHB vergeben.

	Satelliten 1-4	Satelliten 5-26
Masse	~ 700 kg	~ 733 kg
Primärleistung	1420 W	1900 W
Größe mit ausgeklappten Solarpanelen	2,74 m * 14,5 m * 1,59 m	2,5 m * 14,67 m * 1,1 m
Uhren	2 Wasserstoff-Maser-Uhren 2 Rubidium-Uhren	

Technische Daten der Galileo-Satelliten (Quelle: ESA 2017)

Die Nutzlast der Galileo-Satelliten besteht aus hochpräzisen Uhren (Atomuhren), der Signalerzeugungs- und der Übermittlungseinheit. Jeder Satellit verfügt über vier Atomuhren: je zwei Rubidium-Standards und je zwei Wasserstoff-Maser. Im Regelfall liefert die Wasserstoff-Maser die Bordzeit, während die übrigen Uhren als Back-up dienen.

Hochpräzise Zeitmessungen sind essenzieller Baustein

Galileo hängt auch von einer umfangreichen Bodeninfrastruktur ab; hierzu gehören „alle Einrichtungen, die den Betrieb des Systems auf der Erde sicherstellen und die Qualität der gesendeten Navigationsinformationen gewährleisten“ (ESA 2014-1). Hauptbestandteile des Bodensegments sind die zwei (redundanten) Galileo-Kontrollzentren in Oberpfaffenhofen und Fucino (Italien), welche für „die Kontrolle der Satellitenkonstellation, die Verarbeitung des Integritätssignals, die Synchronisation der Atomuhren an Bord der Satelliten sowie die gesamte Datenverarbeitung aller internen und externen Elemente verantwortlich sind“ (Deisting & Hein 2006, S. 69-75). Des Weiteren sind auch ein Netzwerk von Sende- und Empfangsstationen Bestandteil des Bodensegments. Betreiber

Redundante Kontrollzentren gewährleisten Ausfallsicherheit

des Galileo-Kontrollzentrums in Oberpfaffenhofen ist die DLR GfR mbH, ein Tochterunternehmen des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e. V., das im Jahr 2010 von der Spaceopal GmbH den Auftrag für den Betrieb erhalten hatte. Ende des Jahres 2016 wurde zwischen der European GNSS Agency (GSA) im Auftrag der Europäischen Kommission und der Spaceopal GmbH ein Zehnjahresvertrag für den weiteren Betrieb von Galileo abgeschlossen.

Das Galileo-Nutzersegment setzt sich aus den Anwendern unterschiedlichster Bereiche zu Land, zu Wasser, in der Luft und im Weltraum zusammen. Es umfasst zum Beispiel „Empfängertechnologien, lokale Elemente, Zusatzdienste, die die Galileo-Signale mit Kommunikationsanwendungen, digitalen Karten, anderen Funktionen und weiteren Anwendungen kombinieren“ (Deisting & Hein 2006, S. 69-75). Die Dienste von Galileo sind so konzipiert, dass sie unterschiedlichsten Anforderungen gerecht werden.

2.1.3 Galileo-Dienste

Galileo wird für die unterschiedlichsten Anwender verschiedene Dienste anbieten. Geplant waren ursprünglich fünf Galileo-Dienste, ein offener, ein kommerzieller sowie ein öffentlich regulierter Dienst. Ferner ein sicherheitskritischer Dienst sowie der Such- und Rettungsdienst. Der frühe offene und der öffentlich regulierte Dienst sollten den Nutzern bereits in der frühen Phase von Galileo zur Verfügung stehen, der kommerzielle erst mit der vollständigen Satellitenkonstellation im Jahr 2020 (Europäische Kommission 2014). Nach den Aussagen der Europäischen Kommission im Sommer 2013 sollten die ersten Dienste nach den Starts weiterer Satelliten Ende 2014 operabel sein (Europäische Kommission 2013-1).

Der offene Dienst (Open Service) ist, ähnlich dem zivilen GPS, frei verfügbar und gebührenfrei. Er wurde vor allem für Anwendungen des Massenmarkts entwickelt und liefert Positionsbestimmungs- und Synchronisierungsinformationen. Er kann weltweit von jedem genutzt werden, der mit einem geeigneten Empfänger ausgestattet ist.

Frei verfügbare Open-Service Dienste im Angebot

Der öffentlich regulierte Dienst (Public Regulated Service – PRS) ist ein verschlüsselter und stabiler Dienst, der für hoheitliche Zwecke, wie beispielsweise Anwendungen der Polizei, Feuerwehr, Rettungsdienste, Justiz und sonstiger Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS), entwickelt wurde. Es ist geplant, diesen Dienst in einer Pilotphase den beteiligten EU-Mitgliedsstaaten zur Verfügung zu stellen (Europäische Kommission 2013-2). Der kommerzielle Dienst (Commercial Service) wurde im Unterschied zum offenen Dienst für professionelle und kommerzielle Anwender entwickelt und soll höhere Leistungen sowie kostenpflichtige Mehrwertdienste liefern, d. h., die Nutzer erhalten zusätzliche navigationsbezogene Daten, wie beispielsweise Korrekturdaten, Integritätsinformationen etc.

2.1.4 Galileo im Zusammenspiel mit anderen Systemen

Inzwischen gibt es vier globale und einige regionale Satellitennavigationssysteme, die in den letzten zehn Jahren neu entwickelt, errichtet und/oder modernisiert wurden. Auch wenn die Europäische Union immer wieder die Unabhängigkeit von anderen Systemen als ein Hauptargument für den Aufbau von Galileo ins Feld führte, so wurde stets die Interoperabilität und Kompatibilität mit anderen Systemen, wie beispielsweise GPS, betont.

Unabhängig, aber kompatibel zugunsten von Genauigkeit und Ausfallsicherheit

Die Vielzahl und Bandbreite der Anforderungen an Navigationssysteme und die Notwendigkeit einer weltweiten Verfügbarkeit machen deutlich, dass ein einzelnes System allein diese kaum abdecken kann. Durch eine Nutzung mehrerer Systeme bietet sich eine höhere Genauigkeit wie auch eine höhere Ausfallsicherheit. Die Vielzahl der Systeme kommt letztendlich den Nutzern zugute.

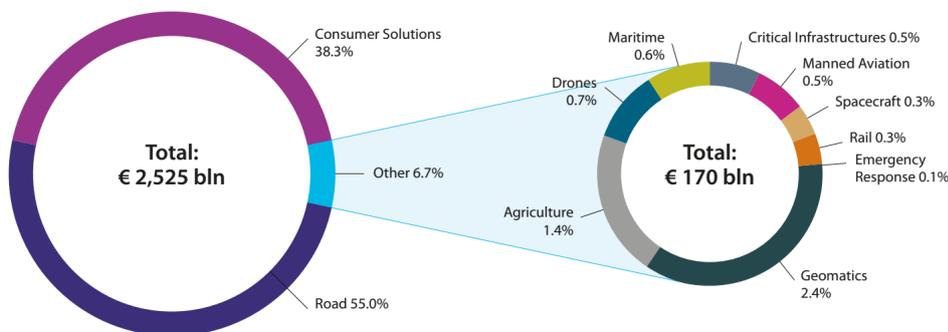
2.1.5 Galileo-Märkte und Anwendungsbereiche

In den letzten Jahren verzeichnete der GNSS-Markt ein reges Wachstum, das sich laut der Europäischen GNSS-Agentur in der nächsten Dekade weiter fortsetzen wird (GSA 2019). Dies gilt sowohl für den Gerätebereich als auch für Dienstleistungen und ist durch die sogenannten Markttrends, wie Digitalisierung, Big Data oder künstliche Intelligenz bedingt (GSA 2019). Der Trend zeigt außerdem, dass sich durch die Kombination von GNSS mit anderen Raumfahrttechnologien, wie Copernicus/Erdbeobachtung, viele neue Einsatzmöglichkeiten und Anwendungen bieten, beispielsweise im Bereich Klimawandel. Die Europäische Kommission hat die Entwicklung derartiger Anwendungen mit der Auflage von Förderprojekten in den letzten Jahren unterstützt.

Die Anwendungsgebiete für GNSS sind vielfältig. Die European GNSS Agency (GSA) hat in den Marktberichten der letzten Jahre Kernmärkte von GNSS-Anwendungen identifiziert. Im Jahr 2010 waren die Umsätze in den Anwendungsfeldern von GNSS (und damit auch Galileo) hauptsächlich im Bereich der Straße, gefolgt von den sogenannten standortbezogenen Diensten (Location-based Services, LBS), zu finden. Derartige Anwendungen finden sich überall dort, wo die Bereitstellung von gezielten Informationen in Abhängigkeit des Aufenthaltsorts des jeweiligen Endnutzers gefragt ist, wie beispielsweise im Tourismus- und Freizeitbereich.

Hatte sich der Trend des Jahres 2010 in den folgenden Jahren umgekehrt, was auf die steigende Anzahl mobiler Geräte mit GNSS-Modulen, wie beispielsweise Smartphones, Tablets, digitale Kameras, Laptops, Fitness- und mobile Navigationsgeräte, zurückzuführen war, so hatte sich diese Entwicklung ab 2017 wieder in Richtung Straße verschoben. Gründe hierfür waren die technischen Entwicklungen in den Bereichen verbundene Fahrzeuge (Connected Cars) und automatisiertes Fahren. Unverändert dominierten die standortbezogenen Dienste und Anwendungen im Bereich der Straße jedoch die GNSS-Einsatzgebiete.

Wachsender Markt mit unterschiedlichen Schwerpunkten



Weltweiter GNSS-Kernmarkt nach Einsatzgebieten (2019-2029) (Quelle: GSA)

Untersuchungen der GSA aus dem Jahr 2019 zeigen eine ähnliche Entwicklung: Im Bereich Straße und bei den sogenannten Verbraucherlösungen (Consumer Solutions) werden die größten Umsätze verzeichnet. Wesentliche Treiber im Bereich der Straße sind die sogenannten In-Vehicle Systeme (z. B. eCall Geräte in Fahrzeugen), Fahrerassistenzsysteme und das Flottenmanagement. Diesem folgen die sogenannten „Verbraucherlösungen“, die im Wesentlichen durch die standortbezogenen Dienste bei Smartphones und Tablets bedingt sind. In den übrigen Anwendungsbereichen dominieren Landwirtschaft und Geomatik. Deren wesentliche Anwendungen sind Variable Rate Technologies (VRT) (GSA 2019), die als ein Teil der präzisen Landwirtschaft den Landwirten eine effiziente Ausbringung von beispielsweise Dünger- und Saatgut ermöglichen. Haupteinnahmequellen in der Geomatik sind die Kataster- und Bauvermessung (GSA 2019). Aber auch der Bereich Drohnen kann ein Wachstum verzeichnen und ist damit noch vor den maritimen Anwendungen und der „bemannten“ Luftfahrt zu finden.

Bereiche Straße und Consumer Solutions dominieren GNSS-Markt

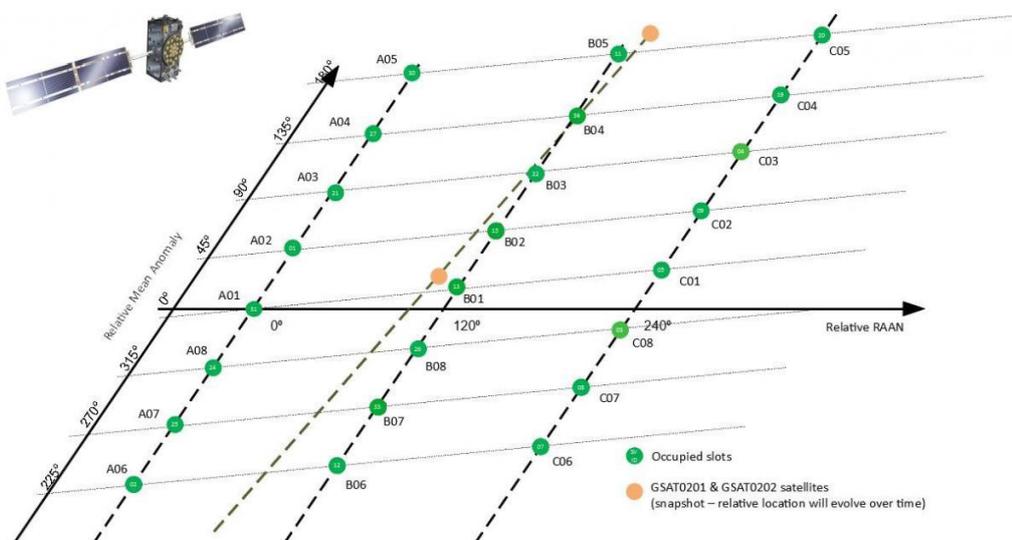
2.1.6 Errichtung und aktueller Stand

Nachdem die ersten beiden Galileo-Testsatelliten, die 2006 und 2008 in die Erdumlaufbahn gebracht wurden, um Tests durchzuführen und die Frequenzen zu sichern, ihren Zweck erfüllt hatten, folgte der Start der ersten beiden Galileo-Satelliten im Oktober 2011. Nach der erfolgreichen Inbetriebnahme erfolgte im Herbst 2012 der Transport zweier weiterer Galileo-Satelliten mit einer Sojus-Trägerrakete in ihre Umlaufbahn. Im März 2013 hatte Europas Zeitalter der Satellitennavigation nun einen historischen Meilenstein erreicht: Zum ersten Mal wurde eine Positionsbestimmung mittels Galileo durchgeführt. Der Aufbau des Systems sollte nun weiter zügig voranschreiten. Doch im Jahr 2013 kam es zu Verzögerungen bei den Starts der nächsten Satelliten.

Erste Galileo Positionsbestimmung 2013

Am 22. August 2014 wurden die nächsten beiden Galileo-Satelliten (5 und 6), die ersten beiden der sogenannten Aufbauphase, gestartet. Der Transport dieser beiden Galileo-Satelliten in ihre Umlaufbahn verlief nicht fehlerfrei. Beide landeten wegen eines technischen Defekts an der Trägerrakete in elliptischen Orbits – in einer Höhe zwischen 25.900 km und 13.713 km – fernab ihrer Zielpositionen (ESA 2014-2). Es erfolgten einige Manöver, um die Satelliten in geeignete Umlaufbahnen zu bringen. Im November 2014 erreichte Satellit 5 seinen neuen Orbit. Satellit 6 erreichte im März 2015 dieselbe korrigierte Umlaufbahn, seine neue Position ist ein Spiegelbild des fünften Satelliten auf der gegenüberliegenden Seite der Erde (ESA-GPS World 2015). Beide Satelliten befinden sich nun in Umlaufbahnen, die nicht denen der übrigen Galileo-Satelliten entsprechen. Im Gegensatz zu den übrigen Galileo-Satelliten überfliegen die beiden alle 20 Tage den gleichen Ort auf der Erde. Es werden Tests durchgeführt, die eine Einbindung dieser Satelliten prüfen und zeigen sollen, ob die beiden Satelliten für Navigation sowie Such- und Rettungsdienste verwendet werden können; die Entscheidung ist der Europäischen Kommission vorbehalten (ESA-GPS World 2015).

Die Starts der Satelliten 7 und 8 am 27. März 2015 sowie der Satelliten 9 und 10 am 10. September 2015 verliefen wieder planmäßig. Im Dezember 2015 und im Mai 2016 wurde die Galileo-Konstellation nochmals um je zwei Satelliten erweitert. Die Satelliten 5-14 wurden allesamt mit einer Sojus-Trägerrakete in ihre Umlaufbahn transportiert. Am 17. November 2016 wurden erstmalig vier Galileo-Satelliten auf einmal mit einer Ariane-5-Rakete in ihre Orbits transportiert. Die Satelliten wurden paarweise im Abstand von 20 Minuten ausgesetzt und anschließend in ihre Umlaufbahn manövriert. In den folgenden Monaten sollten sie verschiedenen Tests unterzogen und anschließend in die Konstellation integriert werden. Die nächsten erfolgreichen Starts am 12.12.2017 und am 25.07.2018 erfolgten ebenfalls mit einer Ariane-Rakete.



Galileo-Orbits und deren Belegung (Quelle: ESA & European GNSS Service Centre <https://www.gsc-europa.eu/system-service-status/orbital-and-technical-parameters>)

Nicht alle im Orbit befindlichen Satelliten sind verfügbar. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den momentanen Status der Satelliten, deren Uhren, ihre Orbits, das Startdatum und mit welcher Trägerrakete die Satelliten befördert wurden.

	Satellitenname	Typ	SV ID	Launch ID	Start	Trägerrakete	Orbit	Uhr	Status
1	GSAT0101	IOV	11	1	21.10.11	Sojus	B05	RAFS	verfügbar (in Betrieb)
2	GSAT0102	IOV	12	1	21.10.11	Sojus	B06	PHM	verfügbar (in Betrieb)
3	GSAT0103	IOV	19	2	12.10.12	Sojus	C04	PHM	verfügbar (in Betrieb)
4	GSAT0104	IOV	20	2	12.10.12	Sojus	C05	RAFS	nicht verfügbar seit 27.05.14
5	GSAT0201	FOC	18	3	22.08.14	Sojus	Ext01	PHM	Test – anderer Orbit
6	GSAT0202	FOC	14	3	22.08.14	Sojus	Ext02	PHM	Test – anderer Orbit
7	GSAT0203	FOC	26	4	27.03.15	Sojus	B08	PHM	verfügbar (in Betrieb)
8	GSAT0204	FOC	22	4	27.03.15	Sojus	B03	RAFS	nicht verfügbar seit 08.12.2017
9	GSAT0205	FOC	24	5	11.09.15	Sojus	A08	PHM	verfügbar (in Betrieb)
10	GSAT0206	FOC	30	5	11.09.15	Sojus	A05	PHM	verfügbar (in Betrieb)
11	GSAT0207	FOC	07	8	17.11.16	Ariane 5		PHM	verfügbar (in Betrieb)
12	GSAT0208	FOC	08	6	17.12.15	Sojus	C07	PHM	verfügbar (in Betrieb)
13	GSAT0209	FOC	09	6	17.12.15	Sojus	C02	PHM	verfügbar (in Betrieb)
14	GSAT0210	FOC	01	7	24.05.16	Sojus	A02	PHM	verfügbar (in Betrieb)
15	GSAT0211	FOC	02	7	24.05.16	Sojus	A06	PHM	verfügbar (in Betrieb)
16	GSAT0212	FOC	03	8	17.11.16	Ariane 5	C08	PHM	verfügbar (in Betrieb)
17	GSAT0213	FOC	04	8	17.11.16	Ariane 5	C03	PHM	verfügbar (in Betrieb)
18	GSAT0214	FOC	05	8	17.11.16	Ariane 5	C01	PHM	verfügbar (in Betrieb)
19	GSAT0215	FOC	21	9	12.12.17	Ariane 5	A03	PHM	verfügbar (in Betrieb)
20	GSAT0216	FOC	25	9	12.12.17	Ariane 5	A07	PHM	verfügbar (in Betrieb)
21	GSAT0217	FOC	27	9	12.12.17	Ariane 5	A04	PHM	verfügbar (in Betrieb)
22	GSAT0218	FOC	31	9	12.12.17	Ariane 5	A01	PHM	verfügbar (in Betrieb)
23	GSAT0219	FOC	36	10	25.07.18	Ariane 5	B04	PHM	verfügbar (in Betrieb)

	Satellitenname	Typ	SV ID	Launch ID	Start	Trägerrakete	Orbit	Uhr	Status
24	GSAT0220	FOC	13	10	25.07.18	Ariane 5	B01	PHM	verfügbar (in Betrieb)
25	GSAT0221	FOC	15	10	25.07.18	Ariane 5	B02	PHM	verfügbar (in Betrieb)
26	GSAT0222	FOC	33	10	25.07.18	Ariane 5	B07	PHM	verfügbar (in Betrieb)

Status der Galileo-Satelliten – Stand 9.7.2020

(Quelle: GSC – European GNSS Service Centre)

RAFS = Rubidium-Standard (Rubidium Atomic Frequency Standard)

PHM = Wasserstoff-Maser (Passive Hydrogen Maser)

Am 15.12.2016 twitterte das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. „Erste Dienste startklar: Das europäische Satelliten-Navigationssystem Galileo ist seit heute live!“. Mit einer Konstellation von 18 Satelliten gingen der offene Dienst und PRS im Dezember 2016 in den Pilotbetrieb. Der Galileo Such- und Rettungsdienst (SAR) wurde als Teil des Galileo-Probetriebs ebenfalls im Dezember 2016 gestartet und im Januar 2020 für betriebsbereit erklärt. Nun können Menschen in Not nicht nur geortet und ihre Position an die zuständigen Behörden weitergeleitet werden, sondern sie erhalten auch eine automatische Bestätigung, dass ihr Hilfeersuchen empfangen wurde (GSA 2020-2).

Seit 2020 Such- und Rettungsdienst betriebsbereit

Im Juli 2019 kam es zu einem rund einwöchigen Ausfall von Galileo. Verursacht wurde der Ausfall durch „eine Fehlfunktion der Anlagen in den Galileo-Kontrollzentren, die die Zeit und Bahnvorhersagen berechnen und für das Prozessieren der Navigationsnachricht verwendet werden. Die Störung beeinträchtigte verschiedene Elemente in den Kontrollzentren in Fucino (Italien) sowie am DLR-Standort in Oberpfaffenhofen“ (DLR 2019) und „führte zu einer vorübergehenden Unterbrechung der weltweit verfügbaren Galileo Navigations- und Zeitdienste, mit Ausnahme des Galileo Such- und Rettungsdienstes“ (DLR 2019). Mehrere Tage vergingen, bis der Probetrieb (Initial Service) von Galileo wiederhergestellt werden konnte. Eine unabhängige Kommission soll nun die genauen Ursachen des Ausfalls analysieren (DLR, 2019).

Die Fertigstellung der FOC-Konstellation war ursprünglich für 2020/2021 geplant. Allerdings zeigen aktuelle Informationen, dass der Prozess immer noch im Gange ist. Im Januar 2020 hatte der EU-Kommissar für den Binnenmarkt, Thierry Breton, in seiner Abschlussrede auf der 12. Annual Space Conference mitgeteilt, dass es bereits Vorreservierungen der Ariane 6 für zukünftige Starts von Galileo-Satelliten gebe. Man darf gespannt sein auf den weiteren Ausbau des Systems und die zweite Generation, die schrittweise bis 2030 eingeführt werden soll (EU 2018-1).

Zweite Generation befindet sich im Ausbau

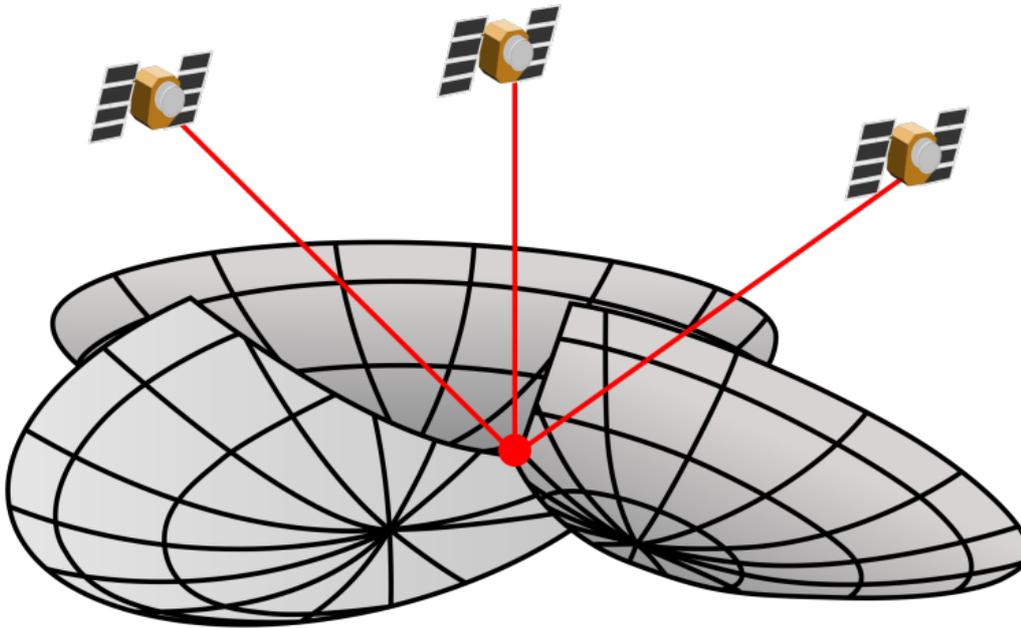
Literatur

- Deisting, B.; Hein, G. W. (2006): GALILEO – A European Project with International Impact. zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 5/2006, S. 65-79
- DLR (2019): https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2019/03/20190719_euroaeisches-satellitennavigationssystem-galileo.html
- ESA (2014-1): https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Die_Architektur_des_Galileo-Systems
- ESA (2014-2): http://www.esa.int/ger/ESA_in_your_country/Germany/Galileo-Satellit_sendet_Navigationssignale_von_neuer_Umlaufbahn
- ESA-GPS World (2015): <https://www.gpsworlWWd.com/sixth-galileo-satellite-reaches-corrected-orbit/>
- ESA (2017): http://m.esa.int/ger/ESA_in_your_country/Germany/Galileo_Europas_Unabhaengigkeit_und_Kooperation
- ESA (2020-1): https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Das_irdische_Netzwerk_von_Galileo
- ESA (2020-2): https://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo/Galileo_satellites
- ESA (2020-3): https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Services
- ESA (2020-4): [https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_High_Accuracy_Service_\(HAS\)](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_High_Accuracy_Service_(HAS))
- ESA (2020-5): https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_General_Introduction#GALILEO_Services
- Europäische Kommission (1999): Galileo, Involving Europe in a New Generation of Satellite Navigation Services. KOM (1999) 54 endg., Brüssel, 10.02.1999
- Europäische Kommission (2013-1): Grünes Licht für „europäisches GPS“: Erfolgreiche Positionsbestimmung mit Galileo. European Commission – IP /13/729, Brüssel, 24.07.2013
- Europäische Kommission (2013-2): Europe's GPS, opens up business opportunities and makes life easier for citizens. European Commission, MEMO/13/718, Brüssel, 24.07.2013
- Europäische Kommission (2017): Europäische Kommission, Durchführungsbeschluss (EU) 2017/224 der Kommission vom 8. Februar 2017
- Europäische Kommission (2019): Bericht der Kommission an das europäische Parlament, den Rat und den Rechnungshof, Management – und Leistungsbilanz des EU-Haushalts 2018, COM(2019) 299 final, Brüssel, 25.06.2019
- EU (2013): Verordnung (EU) Nr. 1285/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2013 betreffend den Aufbau und den Betrieb der europäischen Satellitennavigationssysteme und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 876/2002 des Rates und der Verordnung (EG) Nr. 683/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates, Amtsblatt L347/1, 20.12.2013
- EU (2016): OS SIS ICD, Issue 1.3, December 2016
- EU (2017): Durchführungsbeschluss (EU) 2017/224 der Kommission vom 8. Februar 2017 zur Festlegung der technischen und operativen Spezifikationen, durch die es ermöglicht wird, dass der kommerzielle, von dem System, das im Rahmen des Programms Galileo errichtet wurde, erbrachte Dienst die in Artikel 2 Absatz 4 Buchstabe c der Verordnung (EU) Nr. 1285/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates genannte Aufgabe erfüllen kann
- EU (2018-2): Durchführungsbeschluss (EU) 2018/321 der Kommission vom 2. März 2018 zur Änderung des Durchführungsbeschlusses (EU) 2017/224 zur Festlegung der technischen und operativen Spezifikationen, durch die es ermöglicht wird, dass der kommerzielle, von dem System, das im Rahmen des Programms Galileo errichtet wurde, erbrachte Dienst die in Artikel 2 Absatz 4 Buchstabe c der Verordnung (EU) Nr. 1285/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates genannte Aufgabe erfüllen kann
- GSA (2010): GNSS Market Report – 2010, issue 1, GSA, October 2010
- GSA (2012): GNSS Market Report – 2012, issue 2, GSA, May 2012
- GSA (2013): GNSS Market Report – 2013, issue 3, European Global Navigation Satellite Systems Agency, October 2013
- GSA (2015): GNSS Market Report – 2015, issue 4, European Global Navigation Satellite Systems Agency, March 2015
- GSA (2017): GNSS Market Report – 2017, issue 5, European Global Navigation Satellite Systems Agency, May 2017
- GSA (2019): GSA GNSS Market Report – 2019 , issue 6, European Global Navigation Satellite Systems Agency , October 2019
- GSA (2020-1): <https://www.gsa.europa.eu/galileo/services>
- GSA (2020-2): <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/galileo/services/search-and-rescue-sar-galileo-service>
- GSC (2018): <https://www.gsc.europa.eu/galileo/system>

2.2 Prinzip der Satellitenpositionierung

Verfasser: Julian Schmid, GI Geoinformatik GmbH

Im Prinzip ist die Satellitenpositionierung die Lösung einer geometrischen Operation. Der GNSS-Empfänger misst gleichzeitig die Distanzen zu unterschiedlichen Satelliten. Jede Distanz entspricht dem Radius einer Kugel um den Satelliten. Verschneidet man mindestens drei dieser Kugeloberflächen, entsteht ein Schnittpunkt, der sich auf der Erde befindet:



Theoretisches Prinzip der Satellitenpositionierung mit drei Satelliten und einem Schnittpunkt, an dem sich der Empfänger befindet (Quelle: Trex 2001)

Die Satelliten senden permanent Navigationsdaten mittels Mikrowellen auf die Erdoberfläche, den sogenannten C/A-Code (Coarse/Aquisition). Dieser beinhaltet Positionsdaten, Uhrenkorrektion, Bahndaten sowie einen Almanach. Zudem wird ein verschlüsselter P-Code (Precise) übertragen, der sowohl über eine zehnfach kleinere Wellenlänge als auch eine Verschlüsselung verfügt. Der P-Code ist militärischen Zwecken vorbehalten und kann nur mit dem entsprechenden Schlüssel (aus)gelesen werden. Aufgrund der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Satellitensignale mit Lichtgeschwindigkeit werden mindestens vier Satelliten für eine Positionsbestimmung benötigt. Die Satelliten besitzen hoch genaue Atomuhren, die untereinander synchronisiert sind. Damit die Laufzeit der Satellitensignale und somit die Distanz zu den Satelliten genau bestimmt werden kann, müsste der Empfänger über dieselbe Zeit und Genauigkeit der Satellitenuhren verfügen. Da die Uhr des Empfängers jedoch nicht die Genauigkeit der Atomuhren der Satelliten hat, wird die Zeit als weitere Unbekannte neben den Koordinaten in die Positionsberechnung einbezogen. Durch die Hinzunahme der Daten eines weiteren (vierten) Satelliten können alle Unbekannten ermittelt und die Position berechnet werden. Technisch kann diese Methode durch eine Vielzahl an Einflussgrößen unterstützt werden, sodass auch unter erschwerten Messbedingungen eine Positionsberechnung möglich ist. Moderne Satellitenempfänger unterstützen die Positionsberechnung durch aktive Satellitenverfolgung, barometrische Höhenmesser und Softwarealgorithmen, die automatisch Fehlmessungen identifizieren und herausrechnen.

Positionsbestimmungen hängen von zahlreichen Faktoren ab

2.3 Übersicht bestehender und zukünftiger GNSS-Dienste

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über bestehende GNSS-Dienste mit globaler Abdeckung. Auf länderspezifische Satellitennavigationssysteme, wie beispielsweise das „Indian Regional Navigation Satellite System“, wird nicht eingegangen.

	GPS	GLONASS	Galileo	Beidou (ehem. COMPASS)
Betreiber	USA	Russland	EU	China
Anzahl operabler Satelliten	31	23	22	35

Überblick GNSS (Quelle: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_GPS_satellites 17.01.2020, <http://www.sdcm.ru/smglo/grupglo?version=eng&site=extern> 17.01.2020, https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Galileo-Satelliten 17.01.2020, https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_BeiDou_satellites 17.01.2020)

Alle Satellitensysteme müssen permanent gewartet und erweitert werden. So werden ausgefallene Satelliten ersetzt, um die Verfügbarkeit weiterhin gewährleisten zu können. Die verbauten Atomuhren stellen dabei eine der größten Schwachstellen dar, welche sich auf die Lebensdauer und damit die Nutzbarkeit der Satelliten für die Positionsbestimmung auswirkt. Zu den Verbesserungen zählen beispielsweise neue Frequenzen, über die nahezu alle neuen Satelliten verfügen. Das L5-Frequenzband, eine neuere Entwicklung in der Satellitennavigation, bietet gegenüber den traditionellen Frequenzbändern L1 und L2 verbesserte Leistungsmerkmale.

Permanente Wartung gewährleistet ununterbrochene Verfügbarkeit

2.4 Geodätische Bezugssysteme

Verfasser: Roland Körber, GI Geoinformatik GmbH

Unter einem geodätischen Bezugssystem versteht man das vollständige Bezugssystem für die Positionierung eines Punkts auf der Erde, einschließlich Datum, Koordinatenbeschreibung, Koordinatensystem und möglicherweise einer Projektion.

Zum allgemeinen Verständnis befassen sich die nachfolgenden Kapitel mit diesen Themen, ohne dabei bis ins letzte Detail vorzudringen.

2.4.1 Transformationen

Nach ISO 19111 wird die Überführung von Koordinaten von einem Koordinatenreferenzsystem in ein anderes als Koordinatenoperation bezeichnet. Ändert sich dabei nur das Koordinatensystem, handelt es sich um eine Konvertierung. Ändert sich nur das Geodätische Datum, spricht man von Transformation. Werden Koordinaten in ein anderes CRS überführt, finden dabei meist eine Abfolge an Konvertierungen und Transformationen statt. Dabei ist zu beachten, dass der Übergang von einem Koordinatensystem in ein anderes bei gleichbleibendem Geodätischem Datum streng mathematisch definiert ist, so dass unabhängig von der verwendeten Software stets gleiche Ergebnisse erzielt werden.

Im Vorfeld von Transformationen sind häufig Konvertierungen notwendig, um die zu transformierenden Daten in das von der jeweils eingesetzten Software benötigte Koordinatensystem zu wandeln.

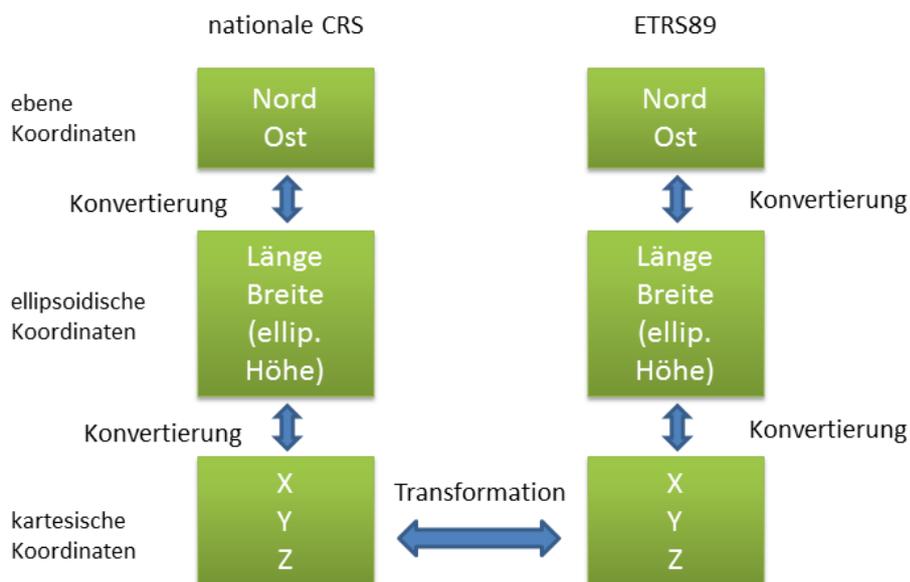
Die Überführung von beispielsweise Gauß-Krüger-Koordinaten im DHDN nach UTM Koordinaten im ETRS89 ist eine verkettete Koordinatenoperation, bei der sowohl mehrere Konvertierungen als auch eine Transformation durchzuführen sind.

Die Transformation von einem Geodätischen Datum in ein anderes, bei gleichbleibendem Koordinatensystem, ist nicht mathematisch streng, sondern abhängig von den erforderlichen variablen Transformationsparametern. Für Transformationen können verschiedene methodische Ansätze gewählt werden, welche sich grundlegend im mathematischen Modell unterscheiden. Generell wird zwischen parameterbasierten und gitterbasierten Transformationsmodellen unterschieden. Die gebräuchlichsten Transformationsmethoden im GIS-Bereich sind die 7-Parameter-Transformation nach Helmert und der gitterbasierte NTV2-Ansatz.

Bei der Helmert-Transformation beschreiben drei Parameter die Verschiebung der Achsen (dX, dY, dZ), drei Parameter die Rotation der Achsen (rX, rY, rZ) sowie ein Parameter den Maßstab (Stauchung/Dehnung der Achsen). So stehen für die Umrechnung beispielsweise von DHDN zu ETRS89 unterschiedliche Parametersätze zur Verfügung. Dies gilt es zu berücksichtigen, da es andernfalls zu unerwünschten Lageabweichungen kommen kann.

Bei der NTV2-Transformation handelt es sich um ein gitterbasiertes Verfahren, bei dem für jeden Stützpunkt des Gitters die Koordinaten in beiden CRS im Vorfeld eindeutig bestimmt wurden. Daraus resultieren zu jedem Gitterpunkt sogenannte Shiftwerte. Für die Transformation eines Punkts wird durch die bilineare Interpolation der Shiftwerte der umliegenden Gitterpunkte ein exakter Shiftwert berechnet. Die Genauigkeit dieser Umrechnung hängt dabei von der Maschengröße des Gitters und der Qualität der Parameter ab, welche zur Berechnung des Koordinatenshifts der Gitterpunkte führte.

Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) stellt für die Umrechnung von DHDN nach ETRS89 eine „Bundeseinheitliche Transformation für ATKIS (BeTA2007)“ auf Basis der NTV2-Methode zur Verfügung. Diese für ganz Deutschland gültige Methode definiert die Transformationsparameter aufgrund von Shiftwerten (Differenzen der geographischen Koordinaten zwischen DHDN und ETRS89) für den Übergang von DHDN nach ETRS89. Die NTV2-Methode BeTA 2007 umschließt dabei das Gebiet Deutschlands als Rechteck und hat eine Gitterweite von 6' x 10'. Die Shiftwerte wurden aus den hochgenauen Transformationsansätzen der einzelnen Länder abgeleitet, die dort für die landesspezifische Transformation von ALKIS-Daten zum Einsatz kommen. Für Höhenangaben (z. B. NHN-Höhen) sind eigene Koordinatenreferenzsystem- und Transformationsmodelle zu berücksichtigen.



Schematische Darstellung von Konvertierung und Transformation (Quelle: BKG-Informationssystem für europäische Koordinatensysteme (<http://www.bkg.bund.de/SharedDocs/Download/DE-BroschFlyer/BKG-CRSeu-Prospekt-DE,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/>))

Weitere Informationen hierzu finden Sie im Internet unter www.adv-online.de, www.crs-geo.eu und www.bkg.bund.de sowie in der einschlägigen Fachliteratur.

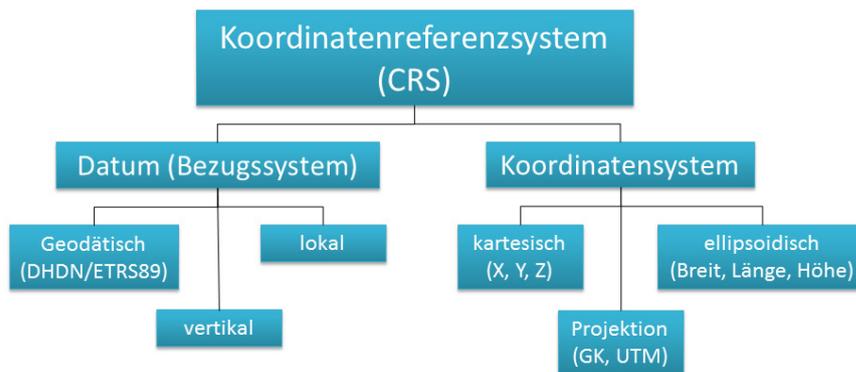
Für detaillierte Informationen zum Bezugssystemwechsel auf ETRS89/UTM beachten Sie auch den gleichnamigen Leitfaden des Runden Tisch GIS, der seit November 2016 unter www.rundertischgis.de/publikationen/leitfaeden zur Verfügung steht.

2.4.2 Koordinatenreferenzsysteme in Deutschland

Bei den Anwendern von Geodaten hat sich der Begriff Koordinatenreferenzsystem (engl. Coordinate Reference System, CRS) etabliert. Nach ISO 19111 handelt es sich dabei um ein mit der Erde verbundenes Bezugssystem zur modellhaften Beschreibung der räumlichen Punktlage. Ein CRS und dessen Parameter sind eindeutig festgelegt und nicht veränderbar. Sollten sich Variablen ändern, so wird ein neues CRS definiert. Über den EPSG-Code können anhand einer weltweit gültigen Schlüsselnummer alle Koordinatenreferenzsysteme eindeutig zugeordnet werden. Ein CRS besteht aus einem Koordinatensystem und dem Datum, das wiederum auch als Bezugssystem bezeichnet wird. Im Gegensatz zur geodätisch-wissenschaftlichen Sichtweise wird dabei nicht streng zwischen System und Rahmen unterschieden.

Mit dem Datum wird der Bezug zur Erde eindeutig definiert. Dabei werden ein Referenzellipsoid sowie dessen Nullpunkt, die Orientierung der Koordinatenachsen und der Maßstab eindeutig festgelegt. Hier unterscheidet man zwischen einem Geodätischen (ETRS89), einem vertikalen oder einem lokalen Datum.

Durch das Koordinatensystem wird bestimmt, auf welche Art, z. B. einem Punkt, Koordinaten zugewiesen werden. Punkte auf der Erdoberfläche können durch kartesische (X, Y, Z), ellipsoidische (Breite, Länge, Höhe) oder projizierte (z. B. UTM) Koordinaten wiedergegeben werden.



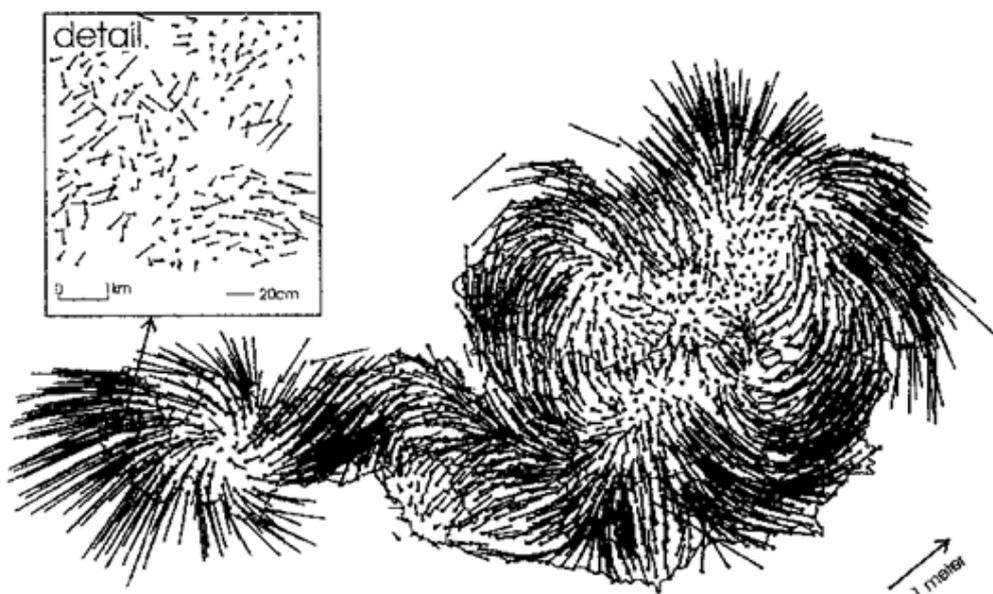
Aufgliederung Referenzsysteme nach AdV-Online.de/Geodätische-Grundlagen

2.4.3 Koordinatenreferenzsysteme in Österreich

Verfasser: Dr. Ekkehart Grillmayer, geoAT

Die Geobasisdaten in Österreich sind alle weitgehend einheitlich referenziert. Allen offiziellen Datenquellen liegt ein auf das MGI (Militärgeographisches Institut (der k&k Monarchie)) zurückgehendes Festpunktfeld zugrunde, welches vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) geführt wird. Grundlage dieses Festpunktfelds ist ein Bessel-Ellipsoid in einer speziellen Lagerung für Österreich, weshalb eine Koordinatenumrechnung im Grenzbereich zu Deutschland korrekterweise nur durch eine räumliche Transformation der geozentrischen Koordinaten (Transformation der gegenüber dem Erdkörper unterschiedlich gelagerten Achsenkreuze des Bezugsellipsoids) erfolgen sollte.

Die geographischen Koordinaten eines Punkts werden durch eine Gauß-Krüger-Abbildung verebnet. Die Zählung der Bezugsmeridiane beginnt dabei bei der Atlantikinsel Ferro (Hierro), womit man für Österreich drei Streifen zur Abdeckung benötigt (28, 31 und 34). Der Offset zu einer Längengradzählung von Greenwich beträgt $17^{\circ} 40'$, weshalb in vielen Datenbanken die unrunder Werte $10^{\circ} 20'$, $13^{\circ} 20'$ und $16^{\circ} 20'$ für die österreichischen Bezugsmeridiane geführt werden.



Darstellung von Restklaffungen zwischen errechneten Gauß-Krüger-Koordinaten und ihren für Katasteroperate offiziell zu verwendenden Koordinaten (Högger&Imrek 2002)

Diese teilweise historisch anmutende Festlegung hatte vor allem den Vorteil, dass das österreichische Bundesgebiet mit drei 3° breiten Streifen abgedeckt werden kann, wobei Wien als Region mit dem stärksten Grundverkehr und verhältnismäßig hohen Grundpreisen nahe bzw. auf einem Bezugsmeridian liegt. Bei einer standardisierten Längengradzählung von Greenwich läge Wien am Streifenrand.

Das Festpunktfeld weist aufgrund seiner Entwicklung und der ursprünglichen Anlage für die gesamte Monarchie erhebliche Spannungen von mehreren Metern auf (auch die Topographie in Österreich leistet keinen unerheblichen Beitrag zu dieser Problematik). Dies und die Vorschriften zur Führung der Katasteroperate haben zur Folge, dass man bereits bei Projekten mit einer Ausdehnung von wenigen Kilometern nicht mehr mit einer einheitlichen Transformation für den Übergang von GNSS-basierten Daten auf Daten im Landessystem zurechtkommt. In der Abbildung sind die Restklaffungen zwischen den homogen mittels einer 7-Parameter-Transformation mit anschließender Verebnung errechneten Gauß-Krüger-Koordinaten der Festpunkte 1. – 3. Ordnung und ihren für Katasteroperate offiziell zu verwendenden Koordinaten dargestellt.

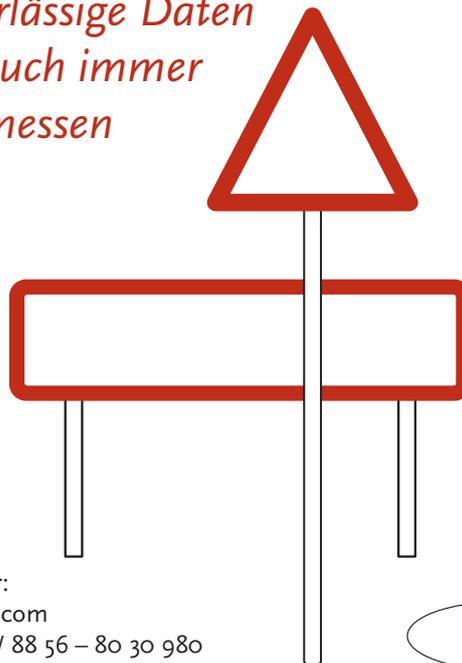
Die ebenfalls bereits angesprochenen Gridlösungen basierend auf NTV2-Technologie können hier teilweise Abhilfe schaffen (entsprechende Daten werden vom BEV angeboten). Die Wirksamkeit dieser Methode, dadurch Übereinstimmung mit Daten des Katasters zu erreichen, bleibt jedoch auf einen Genauigkeitsbereich von ca. 30 cm beschränkt. Für viele Anwendungen erscheint dies jedoch, besonders in Anbetracht der schwer handhabbaren Alternativlösungen, akzeptabel. Gemäß den europäischen Richtlinien für geodätische Basisdaten werden die Festpunkte zunehmend auch im ETRS geführt. Seit März 2017 werden auch für alle mittels RTK-GNSS bestimmten Grenzpunkte des Katasters zusätzlich zu den GK-Koordinaten ETRS-Koordinaten in der aml. Koordinatenbank hinterlegt. Einige Energieversorger haben bereits 2007 damit begonnen, ihre Leitungsdaten zusätzlich auch in ETRS89 zu führen. Hauptargument dafür ist die Überführbarkeit der Daten bei Veränderungen der übrigen Plandaten, welche im Zuge der Homogenisierung des Festpunktfelds zwangsläufig auftreten werden. Dies wird in den kommenden Jahren zur Homogenisierung des Festpunktfelds und zunehmend auch jener des Katasters führen, jedoch ist dies aufgrund der mit dem Kataster verbundenen rechtlichen Bestimmungen nicht kurzfristig zu erreichen. In weiterer Folge wird das österreichische System der Landesvermessung eine UTM-Abbildung benutzen, wodurch ein weiterer Schritt in Richtung zur Vereinheitlichung von Geobasisdaten im EU-Raum gesetzt werden soll. Das ETRS89 wird in Österreich durch einen ETRF 2002.56 realisiert.



DIE Stab-Lösung: ppm 10xx GNSS Sensor



*zuverlässige Daten
wo auch immer
Sie messen*



Mehr unter:
ppmgmbh.com
Tel: 00 49 / 88 56 – 80 30 980

2.4.4 Koordinatenreferenzsysteme in der Schweiz

Verfasser: Dr. Urs Wild, swisstopo

In der Schweiz werden die folgenden geodätischen Referenzsysteme und -rahmen verwendet:

CHTRS95: Swiss Terrestrial Reference System 1995 (global)

Neues, global gelagertes Bezugssystem der Schweizerischen Landesvermessung LV95, welches zum Zeitpunkt $t_0 = 1993.0$ exakt mit ETRS89 identisch ist. Das System umfasst die Definition des Bezugsellipsoids (GRS80), mit Lagerung (Position und Orientierung) in Z_0 und deren zeitlicher Änderung. CHTRS95 legt auch ein neues, potenzialtheoretisch strenges, orthometrisches Höhensystem (LHN95) fest. CHTRS95 wird durch ein flächendeckendes GNSS-Landesnetz mit 104 Haupt- und 103 Verdichtungspunkten und durch das 31 Permanentstationen umfassende Automatische GNSS-Netz Schweiz (AGNES) realisiert. Der hochgenaue Bezugsrahmen erfüllt alle Anforderungen bezüglich der absoluten Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Koordinatensätze im Zentimeterbereich.

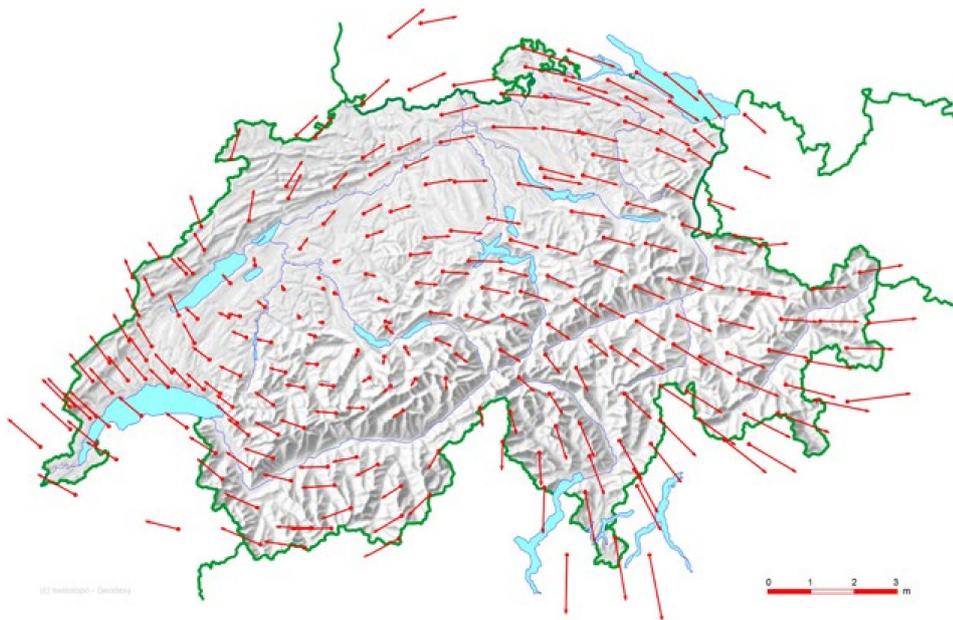
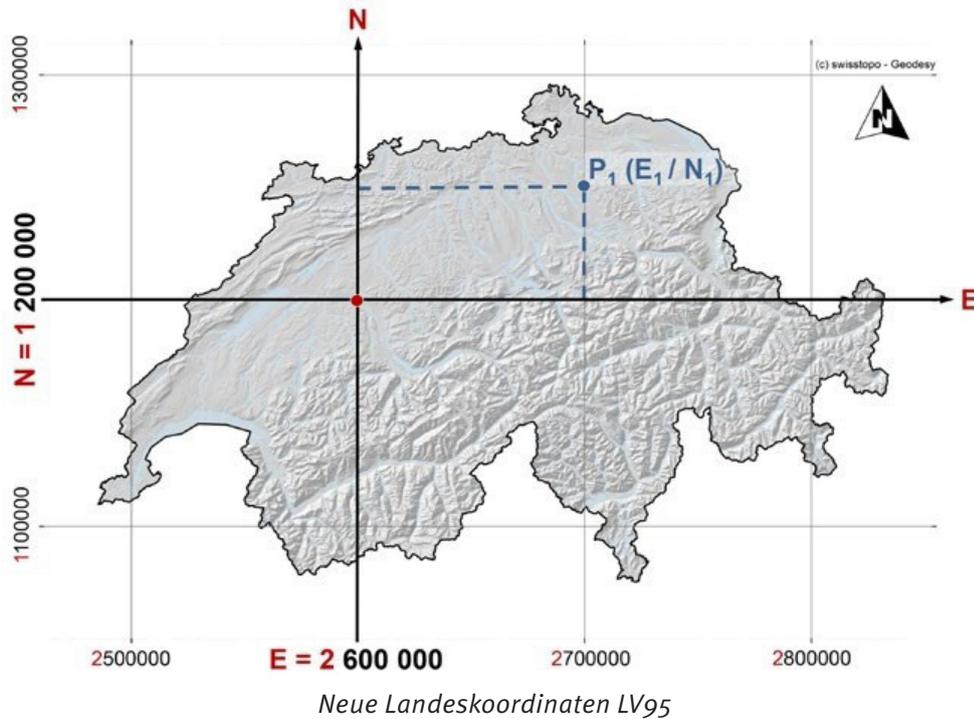
CH1903: Bezugssystem der alten Landesvermessung 1903 (lokal)

Altes Bezugssystem, welches 1903 festgelegt und eingeführt wurde. Bis Ende 2016 bildete es die Grundlage für die Amtliche Vermessung, bis Ende 2020 wurde es im gesamten Geodatenbereich durch das neue Bezugssystem CH1903+ (vgl. unten) ersetzt.

Das System umfasst die Definition eines Bezugsellipsoids (Bessel 1841), mit Lagerung (Position und Orientierung) im alten Fundamentalpunkt (alte Sternwarte Bern), die Transformation in CHTRS95 sowie die Schweizerische winkeltreue schiefachsige Zylinderprojektion (Swiss Grid). CH1903 legt auch das alte Gebrauchshöhensystem LNO2 fest, welches als Ausgangshorizont die Höhe des „Repère Pierre du Niton“ im Hafen von Genf mit dem Höhenwert 373.6 m verwendet. CH1903 wird durch die Landestriangulation LV03 realisiert, welche ab ca. 1900 aufgebaut wurde. Der Fundamentalpunkt dieses Fixpunktnetzes ist die alte Sternwarte in Bern (Landeskoordinaten 600 000 m / 200 000 m).

CH1903+: Bezugssystem der neuen Landesvermessung 1995 (lokal)

Neues, lokal gelagertes Bezugssystem der Schweizerischen Landesvermessung LV95, welches seit 2016 die Grundlage für die Amtliche Vermessung bildet. CH1903+ verwendet dasselbe Ellipsoid (Bessel 1841) wie CH1903. Die räumlichen Koordinatenachsen X, Y, Z werden direkt von CHTRS95 durch drei Translationen abgeleitet. Das Kartenprojektionssystem (Swiss Grid) ist identisch zu CH1903, wobei zur besseren Unterscheidbarkeit der Koordinaten von LV03 ein Offset von 2'000'000 bzw. 1'000'000 angebracht wird (vgl. die erste Abbildung auf der folgenden Seite). Als Ausgangspunkt für die Höhen dient der neue Fundamentalpunkt der Geostation Zimmerwald. CH1903+ wird durch die neue Landesvermessung LV95 (= flächendeckendes GNSS-Landesnetz mit 104 Haupt- und 103 Verdichtungspunkten) realisiert. Für die offizielle Transformation zwischen den beiden Bezugsrahmen LV03 und LV95 wurde ein Transformationsdatensatz erstellt (vgl. die zweite Abbildung auf der folgenden Seite). Dieser besteht aus einer klar definierten mathematischen Beziehung (Transformationsalgorithmus „FINELTRA“ – FINite ELEmente TRAnsformation) und aus sogenannten Passpunkten, deren Koordinaten in beiden Bezugsrahmen 1 & 2 bestimmt wurden. Der Datensatz steht in verschiedenen Datenformaten (z. B. NTV2 oder als DLL zum Einbau in Applikationen) zur Verfügung.



Differenzen LV95 – LV03

Bei Arbeiten, deren Genauigkeitsanforderungen unter 50 Zentimeter liegen (zum Beispiel in der amtlichen Vermessung), ist die Verwendung dieses präzisen Transformationsdatensatzes zwingend. Für geringere Genauigkeitsansprüche zwischen 0,5 und 5 Meter reichen einfachere Transformationsmodule mit einer Annäherung an die exakte Lösung. Bei Daten mit einer Genauigkeit von schlechter als 5 Metern sind die Differenzen zwischen dem heutigen und dem neuen Bezugsrahmen sozusagen unbedeutend. Hier gilt es jedoch, die neuen Bezeichnungen (E / N) zu berücksichtigen und die bestehenden Koordinatenwerte zu erhöhen (+2 000 000 m / +1 000 000 m).

Der Bezugsrahmenwechsel LV03/LV95 wurde in der Schweiz auf der Stufe Fixpunkte (Amtliche Vermessung) bis Ende 2016 abgeschlossen. Bei den zahlreichen GIS-Daten (z. B. Netzinformationssysteme in der Strom- oder Wasserversorgung) erfolgte die definitive Umstellung bis Ende 2020.

Hochgenaue Arbeiten erfordern stets präzise Transformationsdaten

2.5 Genauigkeit von GNSS-Messungen

Verfasser: Roland Körber, GI Geoinformatik GmbH

Bei der Erfassung von Daten mittels GPS/GNSS sollte man die damit verbundenen technologisch bedingten Ungenauigkeiten und deren Ursache berücksichtigen. Neben den sogenannten systembedingten Fehlerquellen hängt die Genauigkeit in der Praxis vor allem von den umgebungsbedingten Fehlern ab. Besonders bei der räumlichen Ersterfassung von Informationen sollten die Genauigkeitsansprüche im Vorfeld definiert werden. Je nach Anforderung und Einsatzbereich kann die entsprechende Korrekturtechnologie verwendet werden.

Die Auswirkungen dieser Fehlerquellen lassen sich mithilfe unterschiedlicher Technologien verringern bzw. eliminieren und dadurch die Positionsgenauigkeit steigern. Dem Anwender stehen je nach verwendetem Empfänger unterschiedliche Korrekturdienste (Echtzeit und Postprocessing) zur Verfügung. Hierbei gibt es kostenpflichtige und kostenfreie Dienste mit unterschiedlichen Genauigkeitsstufen. Der ursprünglich für die Küstenschifffahrt entwickelte terrestrische Korrekturdienst Beacon ist deutschlandweit kostenlos nutzbar und wird durch Mittelwelle übertragen. Mit ihm kann eine Genauigkeit von 0,5-3 m erreicht werden. Eine weitere Möglichkeit der kostenfreien Korrektur ist das System EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service). Dieses System besteht aus mehreren geostationären Satelliten. GNSS-Empfänger können dieses Signal zur Steigerung der Lagegenauigkeit auf 1-3 m verarbeiten. Bei der Nutzung dieser Korrekturdatendienste spricht man von differenziellem GNSS (bzw. GPS). Ist eine Genauigkeit von unter einem Meter erforderlich, dann reicht differenzielles GNSS nicht mehr aus. Hierfür muss auf sogenannte Echtzeitverfahren wie Real-Time-Kinematik-(RTK-)Dienste zurückgegriffen werden.

Unterschiedliche Empfänger bieten verschiedene Korrekturvarianten

2.6 Genauigkeit von autonomen Lösungen

Verfasser: Roland Körber, GI Geoinformatik GmbH

Es wurde bereits das Prinzip der GNSS-Positionsbestimmung erläutert. Bei Laufzeitmessungen ist mit einigen Störgrößen zu rechnen. Systembedingte Störgrößen (Uhren-, Bahn-, Ionosphären-, und Troposphärenfehler) können Ungenauigkeiten von bis zu 16 m in der Positionsbestimmung verursachen. Mehrwege- oder Multipath-Fehler und Signalunterbrechungen sind sogenannte umgebungsbedingte Fehler, sie sich vor allem bei Anwendungen in der Praxis bemerkbar machen. Die Einflüsse dieser Fehler können hardwareseitig, z. B. durch eine abschirmende Bodenplatte im Gerät, und softwareseitig, z. B. durch Algorithmen, verringert werden. Die Positionsbestimmung mit einer autonomen Lösung, sprich es werden keine Korrektursignale verwendet, hat aufgrund der oben genannten Einflüsse eine relativ geringe Genauigkeit von 5-10 m. Je nach Umgebungsbedingung und verwendeten Empfängern kann diese aber auch um ein Vielfaches höher liegen.

Hard- und Softwarekonzepte erhöhen die Messgenauigkeit enorm

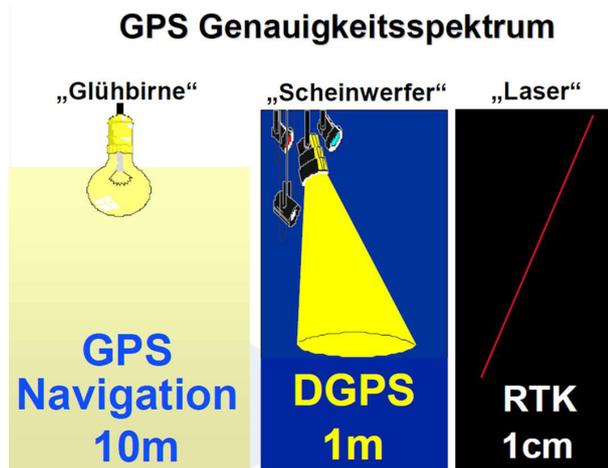


Illustration des Genauigkeitsspektrums

2.7 Genauigkeitssteigerung durch differenzielle Korrektur

Verfasser: Andreas Brünner, LDBV Bayern

Zur Erreichung höherer Genauigkeiten macht man sich die Tatsache zunutze, dass der GNSS-Fehlerhaushalt einer starken räumlichen Korrelation unterliegt. Auf benachbarten Stationen sind die Fehlereinflüsse der GNSS-Positionierung sehr ähnlich. Grundprinzip der differenziellen GNSS-Verfahren ist, die Fehlereinflüsse auf einem GNSS-Empfänger mit bekannter, festgehaltener Position (Referenzstation) zur Korrektur der Messungen eines oder mehrerer Empfänger (Rover) zu verwenden, die sich im Umfeld der Referenzstation befinden. Dabei werden die Codemessungen korrigiert (DGPS bzw. DGNSS). Bei Verwendung frei verfügbarer Korrekturdaten (z. B. EGNOS) mit einem Abstand von bis zu 300 km zur nächsten Referenzstation kann eine 3D-Positionsgenauigkeit von 0,5-3 m erreicht werden. Bei Nutzung eines Korrekturdatendienstes, der eine virtuelle Referenzstation in der unmittelbaren Umgebung des Nutzers generiert (z. B. SAPOS-EPS), sind mit relativ einfachen Empfängern Genauigkeiten von 30-80 cm möglich.

Um höchste Genauigkeiten im Zentimeterbereich zu erzielen, wird eine genauere Entfernungsmessung zu den Satelliten benötigt, die sogenannte Trägerphasenmessung (relative Positionierung bzw. RTK). Die Entfernung zur Referenzstation darf in Abhängigkeit von dem vorherrschenden Fehlerhaushalt eine Länge von 10-20 km nicht überschreiten. Das wichtigste Messprinzip ist die Auflösung der Trägerphasenmehrdeutigkeiten (Initialisierung) durch die Doppeldifferenzbildung. Dabei werden viele Fehlereinflüsse eliminiert. Die entfernungsabhängigen Fehler (z. B. durch den Signalweg in der Ionosphäre) dürfen nicht zu groß werden. Neben der höheren Genauigkeit ist ein weiterer Vorteil differenzieller Messverfahren das wiederholbare Positionsergebnis im dauerhaften Referenzsystem der Referenzstationen. Das Ergebnis aller auf dem SAPOS-Referenzstationsnetz der deutschen Landesvermessung basierenden DGNSS-Dienste entspricht beispielsweise dem amtlichen Koordinatenreferenzsystem ETRS89 (DREF91).

Es existieren verschiedene differenzielle Messverfahren. Sie können in Echtzeit (DGPS/DGNSS oder RTK) oder im Postprocessing (nachträgliche Auswertung) erfolgen. Beim Postprocessing werden die Stationskoordinaten nachträglich aus den aufgezeichneten Satellitenmessdaten berechnet. Bei den Echtzeitverfahren erfolgt die Auswertung dagegen direkt im Feld ohne zeitliche Verzögerung quasi „in Echtzeit“. Dazu ist in der Empfängerfirmware eine geeignete Auswertesoftware integriert. Im Falle von differenziellen Messverfahren und im Falle der relativen Positionierung müssen bei der Echtzeitauswertung allerdings die Korrekturdaten (DGPS/DGNSS) bzw. Referenzdaten (relative Positionierung) über geeignete Kommunikationswege an den Rover im Feld übertragen werden. DGNSS/DGPS-Verfahren können mit allen handelsüblichen GNSS-Geräten für GIS-Anwendungen angewendet werden. Für die relative Positionierung werden hochwertige, geodätische GNSS-Empfänger mit Trägerphasenmessung benötigt.

Die Wirtschaftlichkeit aller differenziellen Messverfahren kann weiter gesteigert werden, wenn statt einer eigenen, temporären Referenzstation die Referenzdaten eines Referenzstationsnetzbetreibers (z. B. SAPOS) bezogen werden kann. Eine Weiterentwicklung der differenziellen Positionierung stellt das „Precise Point Positioning“-Verfahren (PPP) dar. Dabei werden die verschiedenen GNSS-Fehler (Satellitenbahnfehler, Satellitenuhrfehler, Code- und Phasen-Biases, ionosphärische und troposphärische Refraktionseinflüsse) global oder regional modelliert. Man spricht deshalb auch von einer korrigierten Positionierung im Zustandsraum (SSR – State Space Representation), da im Gegensatz zu DGNSS- und RTK-Verfahren der Fehleranteil nicht mehr durch direkten Vergleich mit den Beobachtungen einer konkreten Referenzstation (OSR = Observation Space Representation) eliminiert wird. Die Verbesserung der Position erfolgt am Rovergerät oder bei nachträglicher Auswertung (Postprocessing) durch iterative Anwendung des Fehlermodells und führt innerhalb einer Konvergenzzeit zur gewünschten Genauigkeit.

SSR-PPP-Verfahren haben viele Vorteile gegenüber den OSR-Verfahren. Die Korrekturdaten können regional oder sogar weltweit – je nach Korrekturmodell – über Broadcastmedien ausgesendet werden, die Qualität der Daten kann an die verfügbare Bandbreite an-

Messfehler können mit Referenzdaten ausgeglichen werden

Referenzdaten können von speziellen Netzbetreibern bezogen werden

gepasst werden. Die Konvergenzzeit zur Zentimeterqualität (vergleichbar mit RTK) kann durch hoch performante Fehlermodelle regional auf wenige Minuten beschränkt werden. Dafür ist auch weiterhin ein dichtes Referenzstationsnetz erforderlich. Derzeit werden mehrere weltweite SSR-PPP-Dienste über Satellitenkommunikation in gerätespezifischen Komplettlösungen angeboten.

2.7.1 Echtzeitverfahren

Der wesentliche Vorteil der Echtzeitmessverfahren liegt in der Möglichkeit, Absteckungsarbeiten im Feld erledigen zu können. Außerdem erreichen sie eine wesentlich höhere Wirtschaftlichkeit als die Postprocessing-Messverfahren. Der Nachteil der Echtzeitmessverfahren liegt in der Abhängigkeit von einer geeigneten Kommunikationsverbindung, um die Korrekturdaten (DGPS/DGNSS) bzw. Referenzdaten (RTK) an den Rover im Feld zu übertragen. Bei PPP-Echtzeitdiensten mit satellitenbasierter Kommunikation muss eine Sichtverbindung zum geostationären Kommunikationssatelliten bestehen. Für viele Anwendungen im Bereich der topographischen Datenerhebung für Geoinformationssysteme (GIS) sind Genauigkeiten zwischen 0,3-3 m ausreichend. Hierfür sind Echtzeitmessverfahren nach dem Prinzip des differentiellen GNSS gut geeignet.

Die dafür notwendige Hardware ist für den Nutzer preislich günstiger als ein geodätischer RTK-Empfänger. Um DGNSS-Spitzengenauigkeiten von 0,5 m oder sogar besser zu erreichen, verwenden spezielle Empfänger das Verfahren der Trägerphasenglättung. Hierbei misst der GNSS-Empfänger zusätzlich zu seinen Code-Pseudoentfernungen auch die dazugehörigen Trägerphasenbeobachtungen. Diese werden allerdings nicht als selbstständige Messgrößen weiterverarbeitet, wie bei der relativen Positionierung, sondern dienen zur Reduktion des Messrauschens und der Mehrwegefehler der Code-Pseudoentfernungen. Die Code-Pseudoentfernungen werden mithilfe der Trägerphasenmessungen „geglättet“. Diese Empfänger sind zwar teurer als ein einfacher DGPS-Navigationsempfänger, aber trotzdem noch deutlich günstiger als eine geodätische Ausrüstung. Die präzise, zentimetergenaue GNSS-Vermessung in Echtzeit (Real Time Kinematic, RTK) basiert auf der relativen Positionierung mit Trägerphasenbeobachtungen auf mehreren Frequenzen. Die Referenzstationsdaten müssen dazu über eine geeignete Kommunikationsverbindung, wie 70-m-Funk, 2-m-Funk oder Mobilfunk zum Rover übertragen werden. Mit RTK werden Genauigkeiten von 1-3 cm in der Lage und 2-5 cm in der Höhe erzielt. Der entscheidende Schritt zu diesen Genauigkeiten ist die erfolgreiche Lösung der Doppeldifferenz-Mehrdeutigkeiten, während der Rover sich in Bewegung befindet. Diese Art der Mehrdeutigkeitslösung wird auch als On-the-fly-Initialisierung (OTF) bezeichnet. OTF-Initialisierungszeiten liegen heute deutlich unter einer Minute und betragen teilweise sogar nur wenige Sekunden. Die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ist hoch und die Einsatzmöglichkeiten dementsprechend vielfältig:

- Messungen im Katasterfestpunktfeld,
- Kleinpunktvermessung (z. B. Grenzpunkte),
- Bestandsaufnahmen und Geländeaufnahmen (Topographie),
- GIS-Datenerhebungen,
- Absteckungsarbeiten entsprechend der RTK-Genauigkeit,
- Maschinensteuerung im Bauwesen und in der Landwirtschaft (Precision Farming).

Weltweite und regionale PPP-Echtzeitdienste, die von einigen GNSS-Herstellern für ihre Rover angeboten werden, erreichen in wenigen Minuten Konvergenzzeit eine für viele GIS-Anwendungen ausreichende Genauigkeit im Dezimeterbereich. Im SAPOS-Dienst der deutschen Landesvermessung werden die Echtzeitdienste EPS (DGNSS-Codekorrekturen) und HEPS (RTK) angeboten.

2.7.2 SAPOS – der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung

Verfasser: Andreas Brünner, LDBV Bayern; Hans-Georg Dick und Berthold Klausner, LGL Baden-Württemberg

Die Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland stellen mit dem Satellitenpositionierungsdienst SAPOS flächendeckend den amtlichen geodätischen Raumbezug Deutschlands bereit. Die SAPOS-Dienste liefern eine dreidimensionale Positionierung im Bezugssystem ETRS89/DREF91 in verschiedenen Genauigkeitsstufen. Durch die Verwendung internationaler Datenformate, verschiedener Kommunikationsmedien und Messverfahren steht der einheitliche geodätische Raumbezug für viele verschiedene SAPOS-Endgeräte grundsätzlich jederzeit zur Verfügung.

Grundlage

SAPOS nutzt als GNSS-Raumsegment derzeit das US-amerikanische NAVSTAR-GPS sowie das russische GLONASS und stützt sich auf ein flächendeckendes Netz permanent betriebener GNSS-Referenzstationen (SAPOS-Referenzstationen). Eine Erweiterung auf das europäische Satellitennavigationssystem Galileo ist beschlossen, die Einbeziehung der Daten des chinesischen Beidou beabsichtigt. Mit den über unterschiedliche Übertragungsmedien und -techniken bereitgestellten SAPOS-Daten können GNSS-basierte Positionsbestimmungen wesentlich genauer als mit der Nutzung der originären GNSS-Daten durchgeführt werden; die Positionierungsgenauigkeit verbessert sich von ursprünglich 5-15 m auf bis zu wenige Millimeter, je nachdem, welchen Servicebereich die Nutzer wählen. SAPOS-Referenzstationenpunkte und SAPOS-Dienste bilden zusammen das Produkt SAPOS.

Zusätzlich sind in den SAPOS-Diensten landesweite, rasterbasierte Geoidmodelle integriert. Diese ermöglichen einen definierten Übergang zum amtlichen Normalhöhenbezugssystem DHHN2016 (NHN).

SAPOS-Dienste bieten Genauigkeiten im Millimeterbereich

SAPOS-Dienste

Die folgenden SAPOS-Dienste werden bereitgestellt:

SAPOS EPS	<ul style="list-style-type: none">• Echtzeit Positionierungs-Service• Genauigkeit:<ul style="list-style-type: none">0,3-0,8 m (Lage)0,5-1,5 m (Höhe)• Datenübertragung: mobiles Internet (NTRIP)• Datenformat: RTCM 2.3
SAPOS HEPS	<ul style="list-style-type: none">• Hochpräziser Echtzeit-Positionierungs-Service• Genauigkeit:<ul style="list-style-type: none">1-2 cm (Lage)2-3 cm (Höhe)• Datenübertragung: mobiles Internet (NTRIP)• Datenformat: RTCM 3.1, RTCM 3.2 MSM• Online-Registrierung erforderlich

SAPOS GPPS

- Geodätischer Postprocessing Positionierungs-Service
- Bereitstellung der SAPOS-Daten zum Postprocessing durch den Nutzer
- Alternativ dazu stellt der Online-Berechnungsdiens GPPS Pro dem Nutzer die Positionierungsergebnisse nach Übermittlung der Messdaten bereit.
- Genauigkeit:
 - 1 cm bis zu wenigen mm im ETRS89, abhängig von Messdauer und Messbedingungen
- Datenübertragung:
 - Up- und Download vom und zum SAPOS-Webserver
 - Datenformat: RINEX 2.11, RINEX 3.04 (Messdaten) bzw. ASCII (Ergebnisse)
- Online-Registrierung erforderlich.

SAPOS verwendet international standardisierte Formate. Die technische Ausgestaltung der bundeseinheitlich verfügbaren Dienste wird detailliert in der SAPOS-Produktdefinition (vgl. <http://www.adv-online.de/Adv-Produkte/SAPOS/Veroeffentlichungen-SAPOS/>) veröffentlicht. Dort finden sich auch weitere umfangreiche Dokumentationen

2.7.3 Postprocessing

Postprocessing-Messverfahren unterscheiden sich hinsichtlich der Beobachtungsdauer, des Stationsabstands und des Auswertekonzepts bzw. der Auswertesoftware. In der Regel werden die Messdaten der Referenz- und Roverstationen nachträglich auf einem PC zusammengeführt und mit einer speziellen Software ausgewertet. Analog zu den Echtzeitdiensten werden Postprocessingdienste angeboten, die sich durch höhere Wirtschaftlichkeit und kontrollierte Zuverlässigkeit auszeichnen; diese Dienste ersetzen die nutzerseitige Auswertesoftware und berechnen Positionen direkt aus den aufgezeichneten und hochgeladenen GNSS-Beobachtungen der Kunden. Postprocessing kommt besonders dann zum Einsatz, wenn die Verfügbarkeit der Echtzeitdienste, z. B. durch eine mangelhafte Mobilfunkabdeckung, eingeschränkt ist oder wenn besonders hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit gefordert wird.

Die erreichbare Genauigkeit für die Roverkoordinaten hängt dabei von der Qualität der aufgezeichneten Satellitenbeobachtungen (Code- oder Phasenbeobachtungen, Anzahl und Geometrie der Satelliten), der Beobachtungsdauer und der Auswertesoftware ab. Werden reine Code-Pseudoentfernungsmessungen aufgezeichnet und korrigiert, können wie bei den DGPS/DNSS-Echtzeitmessungen mit kürzesten Messzeiten Positionsgenauigkeiten von 0,5-1 m erreicht werden.

Zur Auswertung von geodätischen Trägerphasenbeobachtungen ist eine Beobachtungsdauer von 5-15 min üblich; es werden Genauigkeiten von 1-3 cm in der Lage und 2-5 cm in der Höhe erzielt. Bei diesem präzisen Messverfahren werden zwingend Trägerphasenbeobachtungen auf zwei Frequenzen benötigt, da die Mehrdeutigkeitslösung auf der Bildung von Linearkombinationen der Trägerphasenbeobachtungen zweier Frequenzen beruht. Für das Postprocessing werden die Daten aller Referenzstationen zentral aufgezeichnet und für Kundenauswertungen zur Verfügung gestellt (GPPS). Im Berechnungsdienst (GPPS-Pro) werden die Roverbeobachtungen durch den Kunden hochgeladen und automatisch ausgewertet. Postprocessing-Auswertungen können grundsätzlich auch kinematisch erfolgen. Dabei werden keine diskreten Punkte koordiniert, sondern die Trajektorie der Roverantenne wird bestimmt, indem für jede Beobachtungsepoche eine Positionslösung geschätzt wird. Derartige kinematische Postprocessing-Auswertungen werden z. B. in der Photogrammetrie und beim Airborne Laserscanning in Verbindung mit entsprechender Spezialsoftware eingesetzt.

2.7.4 Swiss Positioning Service (swipos)

Verfasser: Dr. Urs Wild, swisstopo

Das Bundesamt für Landestopografie (swisstopo) bietet für die Schweiz mit dem Swiss Positioning Service (swipos) einen flächendeckenden GNSS-Positionierungsdienst in verschiedenen Genauigkeitsklassen und für verschiedene Anwendungen an:

- **swipos-NAV:**
Differenzieller DGNSS-Dienst mit Dezimeter- bis Metergenauigkeit für Anwendungen im Bereich GIS und Mapping.
- **swipos-GIS/GEO:**
RTK-Dienst mit Zentimetergenauigkeit für Anwendungen im Vermessungs- und Bauwesen, für präzise GIS-Datenerfassung (z. B. Leitungskataster) und Maschinensteuerungen (z. B. Baumaschinen, Landwirtschaft).
- **swipos-INFRA:**
Bezug von Messdaten einzelner AGNES-Stationen als Echtzeitdatenströme zur Weiterverarbeitung in entsprechenden Auswerteprogrammen. Anwendungsbereiche sind das Monitoring von Infrastrukturbauten (z. B. Straßen, Brücken, Staumauern) oder die Überwachung von Geländebewegungen (z. B. Rutschhänge, Felsstürze, Gletscher).
- **swipos-PP:**
Bezug von Messdaten der AGNES-Stationen als Dateien zur Weiterverarbeitung im sog. Postprocessing in entsprechenden Auswerteprogrammen. Anwendungsbereiche sind Vermessungen aller Art mit erhöhten Genauigkeitsanforderungen (Millimeter- bis Zentimetergenauigkeit).

Sämtliche Dienste beruhen auf den Daten des Automatischen GNSS-Netzes Schweiz (AGNES), welches aus 31 permanent betriebenen GNSS-Referenzstationen besteht. Seit 2015 sind alle Stationen mit Multi-GNSS-Empfängern ausgerüstet, welche die Satellitensysteme GPS, GLONASS, Beidou und Galileo empfangen können. Durch den Einbezug von GNSS-Referenzstationen im benachbarten Ausland ist swipos auch im Grenzgebiet der Schweiz mit unverminderter Genauigkeit verfügbar.

31 Referenzstationen unterstützen das GNSS-Netz der Schweiz

Das globale geodätische Bezugssystem für AGNES und swipos ist CHTRS95 (= Swiss Terrestrial Reference System 1995), welches mit ETRS89 (Epoche 1993) identisch ist. Als lokales geodätisches Bezugssystem wird CH-1903+ (= Bezugssystem der neuen Landesvermessung LV95) verwendet. Die Höhen beziehen sich auf das neue streng orthometrische Landeshöhennetz 1995 (LHN95).

Der Zugang zu den swipos-Diensten erfolgt über mobiles Internet (GPRS/EDGE/UMTS/LTE). Als Datenprotokoll wird Ntrip (= Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) verwendet, welches von allen marktüblichen GNSS-Empfängern unterstützt wird. Die Benutzer verbinden sich dabei auf den zentralen swipos-Server, wobei die verschiedenen Dienste über sog. Mountpoints (= Zugänge zu den entsprechenden Datenströmen) angeboten werden. Die Echtzeitdaten werden im Format RTCM 3.2 übertragen, die Daten für das Postprocessing im Format RINEX (= Receiver Independent Exchange Format).

Der Dienst swipos-GIS/GEO basiert auf der Methode der Virtuellen Referenzstation (VRS), bei welcher für den aktuellen Standort des Benutzers GNSS-Messungen aus den Daten der umliegenden AGNES-Stationen interpoliert werden. Dadurch können systematische Fehlereinflüsse, wie Bahnfehler der GNSS-Satelliten oder atmosphärische Einflüsse, weitgehend eliminiert werden.

Die swipos-Dienste sind kostenpflichtig (außer swipos-NAV) und bedürfen einer Authentifizierung mittels Benutzernamen und Passwort. Der Verkauf der swipos-Lizenzen erfolgt in der Schweiz über die GNSS-Empfängerhersteller (bzw. deren CH-Vertretungen).

2.7.5 Satellitenpositionierungssysteme in Österreich

Verfasser: Dr. Bernhard Zagel, Universität Salzburg, IFFB Geoinformatik – Z_GIS

In Österreich sind zwei bundesweit operierende GNSS-Positionierungsdienste bekannt: Neben dem durch das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) bereitgestellte APOS (Austrian Positioning Service) existiert mit EPOSA (Echtzeit Positionierung Austria) ein weiterer Service. EPOSA ist aus der Partnerschaft von Energie Burgenland AG, ÖBB Infrastruktur AG und Wiener Netze GmbH entstanden.

APOS wurde seitens des BEV auf Basis einer Kooperation zwischen den nationalen Vermessungsverwaltungen von Bayern, Baden-Württemberg, der Schweiz und Österreich zur länderübergreifenden Vernetzung von Referenzstationen ins Leben gerufen. Die APOS-Dienste wurden im Jahr 2006 zu offiziellen Produkten des BEV.

2.7.5.1 APOS – Austrian Positioning Service

APOS ist der GNSS-Positionierungsdienst des BEV, der GNSS-Signale (GPS, GLONASS und GALILEO) nutzt, zentral verarbeitet und daraus abgeleitete Parameter, z. B. in Form der „Virtuellen Referenzstation – VRS“, zur Verbesserung der Genauigkeit von satellitenbasierten Messungen zur Verfügung stellt. Jede APOS-Referenzstation ist koordinativ zentimetergenau bestimmt und mit hochwertigem geodätischem GNSS-Equipment ausgestattet. In der Servicezentrale werden für den durch APOS abgedeckten Bereich sowohl Stationsrohdaten für Postprocessing-Anwendungen bereitgestellt (APOS-PP) als auch individuelle Korrekturparameter für Satellitenbahnen, Satellitenuhren, Ionosphäre und Troposphäre in Form einer „Virtuellen Referenzstation (VRS)“ in Echtzeit berechnet (APOS Real Time). Mithilfe der VRS ergeben sich kurze Basislinien und somit kurze Messzeiten vor Ort. Ebenso wird das „Master Auxiliary Concept – MAC“ unterstützt. Durch Kooperationen mit allen benachbarten Vermessungsverwaltungen ist die Einbindung vieler grenznaher internationaler GNSS-Referenzstationen gegeben und somit sind flächendeckend und grenzüberschreitend homogene 3D-Koordinaten in ETRS89 gewährleistet. APOS bietet aktuell folgende Dienste an:

APOS-PP	<ul style="list-style-type: none">• APOS Postprocessing• Bereitstellung der APOS-Daten zum Postprocessing durch den Nutzer• Genauigkeit Lage: ± 1 cm ETRS89• Genauigkeit Höhe: $\pm 1,0-2,0$ cm ETRS89 abhängig von Messdauer und Messbedingungen• Datenformat: RINEX 2.10• Zugang via BEV Shop APOS
APOS-DGPS	<ul style="list-style-type: none">• APOS Real Time DGPS• Genauigkeit Lage: $\pm 0,5$ m ETRS89• Genauigkeit Höhe: $\pm 1,0-2,0$ m ETRS89• Datenübertragung: mobiles Internet (NTRIP via GPRS/UMTS)• Datenformat: RINEX 2.3 (VRS)

APOS-RTK

- APOS Real Time Kinematik
- Für hochgenaue Anwendungen mit Zweifrequenz Phasennessgeräten
- Genauigkeit Lage: $\pm 1,5$ cm ETRS89 | < 15 cm MGI
- Genauigkeit Höhe: $\pm 4,0$ cm m ETRS89 | < 15 cm MGI
- Datenübertragung: mobiles Internet (NTRIP via GPRS/UMTS)
- Datenformat: RTCM 3.1 (VRS, MAC)
- Bei Verwendung von APOS-RTK wird mittels GIS-Grid eine österreichweit einheitliche Transformation in das staatliche österreichische geodätische Bezugssystem MGI (für GIS Anwendungen) ermöglicht
- Zusätzlich besteht die Möglichkeit der Nutzung einer flächendeckenden 3D-Online-Transformation von ETRS89 in das System MGI der österreichischen Landesvermessung mit Dezimetergenauigkeit auf Basis der Grid-Technologie

APOS Real Time stellt die Daten über mobiles Internet (Ntrip via GPRS/UMTS) für VRS- und MAC-fähige Messgeräte bereit, d. h., nach Herstellung einer mobilen Internet-Verbindung zur APOS-Servicezentrale wird, um die individuelle VRS (bzw. MAC-Netzinformation) zentral berechnen zu können, die Näherungsposition vom Empfänger automatisiert übermittelt. APOS verwendet international standardisierte Formate. Die technische Ausgestaltung der bundeseinheitlich verfügbaren Dienste wird detailliert auf den Produktseiten des BEV (vgl. http://www.bev.gv.at/portal/page?_pageid=713,1571538&_dad=portal&_schema=PORTAL) veröffentlicht. Dort finden sich auch weitere umfangreiche Dokumentationen und Qualitätsberichte.

2.7.5.2 EPOSA – Echtzeit Positionierung Austria

Die Wiener Netze GmbH stellt für ganz Österreich die Nutzung der satellitengestützten Vermessung auf Basis der globalen Satellitennavigationssysteme (GNSS) GPS und GLO-NASS in den nachfolgenden Formen zur Verfügung:

- Korrekturdaten (VRS-Konzept) für Positionierungsbestimmungen in Echtzeit, im standardisierten Format RTCM.
- Aufzeichnungen von Messrohdaten an den EPOSA-Referenzstationen bzw. Bereitstellung von sogenannten virtuellen Referenzstationsdaten im RINEX-Format zur zeitversetzten Auswertung (Postprocessing-Mode) nach Verfügbarkeit.
- Auswertung aufgezeichneter Messrohdaten im RINEX-Format der Nutzer durch spezielle Korrekturalgorithmen in der EPOSA-Servicezentrale.

Die Ermittlung der Korrekturdaten erfolgt mithilfe der Messrohdaten homogener in Österreich (plus Stationen im nahen Ausland) verteilter GNSS-Referenzstationen. Diese sind mittels redundanter Datenleitungen an die beiden ebenfalls redundanten Servicezentralen angebunden. Als globaler Koordinatenrahmen der Referenzstationen und schließlich auch für die Nutzerposition im Feld dient die Realisierung ITRF2014 zur Epoche 2010.0 des „International Terrestrial Reference System“ ITRS.

Für die Überführung der ermittelten globalen ITRF-Koordinaten in das System der österreichischen Landesvermessung MGI stellt EPOSA ein sogenanntes Korrekturraster (Maschenweite 45“ x 45“) zur Verfügung. Dieses beschreibt in Bezug auf eine für ganz Österreich einheitliche 7-Parameter-Transformation die Abweichungen (Inhomogenitäten) zwischen ITRF und MGI.

Umfangreiche Informationen und Beschreibungen der einzelnen Dienste können hier bezogen werden: <http://www.eposa.at> | info@eposa.at

See your business potential. Solve your business challenges.

Räumliche Enterprise-Lösungen von VertiGIS.



Unsere Softwarelösungen und Dienstleistungen unterstützen Kunden aus den Bereichen Energieversorgung, Wasserwirtschaft, Landmanagement, Raumplanung, Behörden, Telekommunikation sowie Infrastruktur und Facility Management dabei, ihre Prozesse mit raumbezogenen Technologien zu verbinden.

VertiGIS™

vertigis.com

3 Mobile Datenerfassung mit Laserscanning

3.1 Terrestrisches Laserscanning

Verfasser: Wolfgang Wiedemann, M. Sc., Technische Universität München

Terrestrisches Laserscanning (TLS) ist ein polares, berührungsloses Messverfahren zur dreidimensionalen Vermessung, bei der mit einem Laserscanner die Umgebung rasterförmig abgetastet wird. Die Vielzahl der gemessenen Rasterpunkte bildet eine maßhaltige Punktwolke, welche die Objektgeometrie flächenhaft beschreibt. TLS ist ein aktives Messverfahren, das unabhängig von der äußeren Beleuchtungssituation arbeitet.

Durch den steigenden Bedarf an dreidimensionalen Daten – beispielsweise für die Erstellung von BIM-Modellen oder das autonome Fahren – gewann auch TLS in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung. Im Vergleich zur Messung dezidierter Einzelpunkte – wie sie etwa mit einem Tachymeter oder GNSS-System erfolgt – ist mit TLS die Erfassung eines gesamten, auch komplexen Objektraums mit vergleichsweise geringem Zeitaufwand möglich. Ebenfalls tragen die fortschreitende Miniaturisierung der Messgeräte bei gleichzeitiger Genauigkeits- und Leistungssteigerung und die verbesserte Nutzerfreundlichkeit zu einer Steigerung der Wirtschaftlichkeit bei der Datenerfassung bei. Durch die ständig anwachsende Rechenleistung bei der Datenverarbeitung und verbesserte Auswertesoftware ist es heutzutage möglich, die enormen Datenmengen von Laserscannern in ökonomisch sinnvollen Zeiten zu prozessieren. TLS kommt heute im Bereich der Bauaufnahme, der Qualitäts- und Beweissicherung, des Geomonitorings, der Erfassung von Straßenräumen und -oberflächen und vielen weiteren Gebieten zum Einsatz.

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Funktionsprinzipien und Arbeitsweisen sowie die Einsatzmöglichkeiten von terrestrischen Laserscannern.

3.1.1 Terrestrischer Laserscanner (Messinstrument)

Bei terrestrischen Laserscannern handelt es sich um polare Messsysteme, die – basierend auf der Messung von zwei unabhängigen Raumwinkeln und einer Raumstrecke – kartesische Objektpunktkoordinaten berechnen und dem Nutzer als Punktwolke in lokalen, kartesischen Instrumentenkoordinaten bereitstellen. Die einzelnen Geräte unterscheiden sich allerdings hinsichtlich der Methode zur Distanzmessung sowie dem Sichtfeld und der Bauform der Strahlableitvorrichtung.

3.1.1.1 Distanzmessverfahren

Terrestrische Laserscanner verwenden die bekannten Prinzipien des Pulslaufzeit- oder des Phasenvergleichsverfahrens (siehe Abb. 1) zur elektronischen Distanzmessung (vgl. Jöckel et al. 2008).

Beim Phasenvergleichsverfahren wird die Phasenlage einer kontinuierlichen, auf den Laser aufmodulierten, harmonischen Schwingung nach der Reflektion am Objekt analysiert. Die Phasenlage der vom Objekt reflektierten empfangenen Schwingung ist distanzabhängig. Das Phasenvergleichsverfahren ist auf mittlere Reichweiten (bis wenige 100 m) beschränkt, da der Eindeutigkeitsbereich der Streckenmessung auf die halbe Wellenlänge des auf den Laser aufmodulierten Signals (Maßstabswellenlänge) begrenzt ist. Das Phasenvergleichsverfahren ist sehr präzise, rauscharm und vor allem schnell.

Terrestrisches Laserscanning ist ein aktives polares Messverfahren

TLS eignet sich für die Erfassung komplexer Objekträume

Distanzen werden mit dem Pulslaufzeit- oder dem Phasenvergleichsverfahren bestimmt

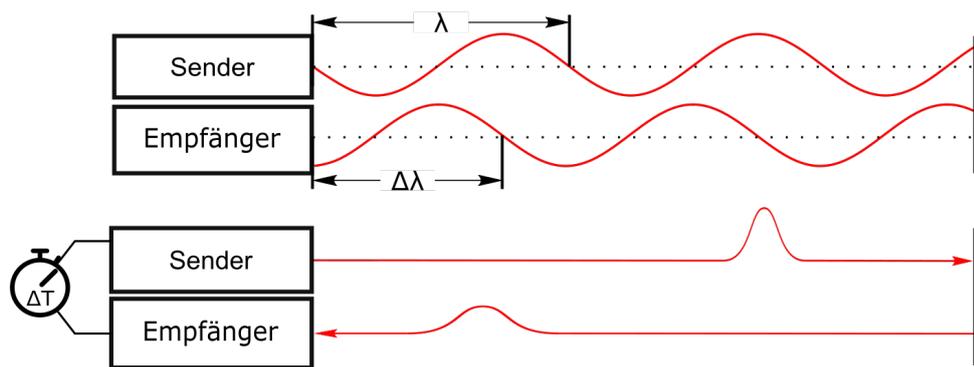


Abb. 1: Methoden der elektronischen Distanzmessung. Oben: Phasenvergleichsverfahren, unten: Pulslaufzeitverfahren.

Beim Pulslaufzeitverfahren wird ein einzelner, kurzer Laserpuls ausgesendet. Dieser wird an der Objektoberfläche reflektiert, sodass ein Teil des ausgesendeten Lichts zurück zum Scanner geworfen und dort von einer Empfangseinheit detektiert wird. Aus dem zeitlichen Abstand zwischen dem Aussenden und dem Empfangen des reflektierten Laserpulses sowie der bekannten Ausbreitungsgeschwindigkeit des Pulses in der Messatmosphäre kann die Objektdistanz berechnet werden. Das Pulslaufzeitverfahren eignet sich prinzipiell für die Messung beliebig großer Distanzen. In der TLS-Praxis ist die Reichweite – insbesondere durch die aus Sicherheitsgründen limitierte Laserleistung – auf ca. 6 km beschränkt.

Neben der großen Reichweite bietet das Pulslaufzeitverfahren auch die Möglichkeit, mehrere Reflektionen pro ausgesendetem Laserpuls zu erfassen. Dadurch wird es möglich, verschiedene Objekte entlang des Lichtpfads aufzulösen. Bei dieser Methode werden Systeme, die mehrere Echos (First- und Last-Puls) trennen können, und Systeme, welche den gesamten zeitlichen Energieverlauf des zurückgeworfenen Signals aufzeichnen, sog. Full-Waveform-Scanner, unterschieden (vgl. Pfeifer et al. 2015). Das Erfassen von verschiedenen Objektpunkten entlang des Laserstrahls erleichtert das Klassifizieren der Punktwolke und die Filterung von Störobjekten, wie z. B. Vegetation.

Triangulationsverfahren für die Distanzmessung sind für terrestrische Laserscanner unüblich und kommen nur in hochgenauen Nahbereichsscannern (Arbeitsbereich von wenigen Metern) für die Industrievermessung zum Einsatz.

Moderne Distanzmesseinheiten erreichen heute Messraten von bis zu 2 Millionen Punkten pro Sekunde. Neben der Distanz registrieren alle terrestrischen Laserscanner für jeden Messpunkt auch einen Intensitätswert, der das Verhältnis von ausgesendeter zu empfangener Energie widerspiegelt. Mit den Intensitätswerten lässt sich die rohe Punktwolke einfärben, sodass auch ohne zusätzliche Farbinformation (z. B. durch das Texturieren über Bildaufnahmen) unterschiedliche Oberflächenarten erkennbar sind. Unabhängig vom eigentlichen Messverfahren setzen nahezu alle Hersteller in ihren aktuellen TLS-Modellen für die Distanzmessung auf Laser der Klasse 1 im nicht sichtbaren, nahen Infrarot-Spektrum, welche ohne Gefahr für den Bediener und Dritte im öffentlichen Raum eingesetzt werden können. Ausnahmen sind im Bereich der Long-Range-Scanner für Messungen über mehrere Kilometer zu finden.

Pulslaufzeitverfahren sind mehrzielfähig

Die meisten terrestrischen Laserscanner sind augensicher und können gefahrlos betrieben werden

3.1.1.2 Strahlableitheit und Sichtfeld

Beim terrestrischen Laserscanning wird das Objekt mit einer vom Nutzer vorgegebenen Auflösung rasterförmig abgetastet. Dies geschieht meist durch ein zeilen- bzw. profilweises Auslenken des Laserstrahls in Kombination mit einer Rotation des Scankopfs. In Abhängigkeit der Bauart der dafür nötigen Strahlableitheit ergeben sich unterschiedliche Sichtfelder des Laserscanners (siehe Abb. 2).

In Abhängigkeit der Strahlableitheit haben Scanner ein unterschiedliches Sichtfeld

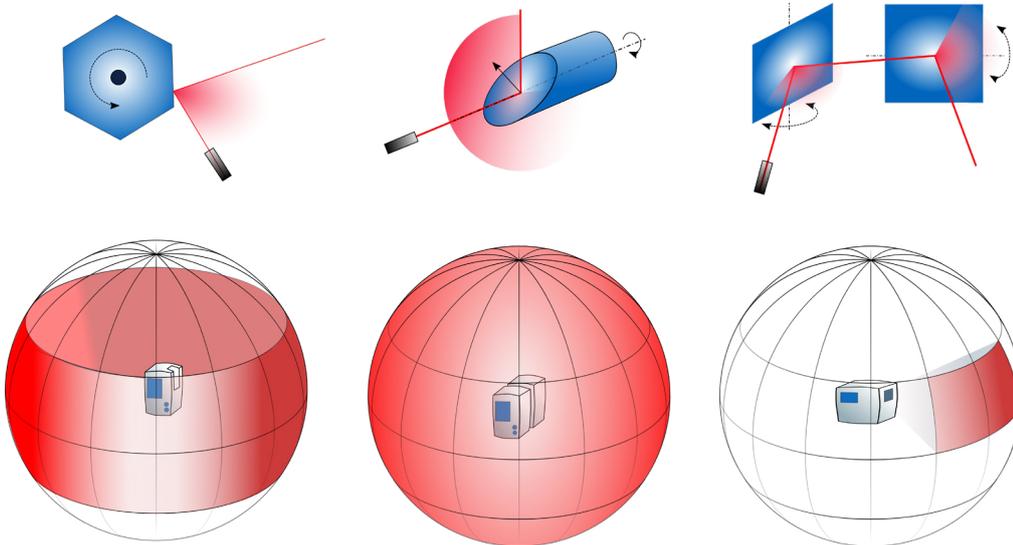


Abb. 2: Prinzip der Strahlableitung und Sichtfeld unterschiedlicher Laserscannerbauarten. Links: Panoramascanner mit Spiegelpolygon zur Strahlableitung, Mitte: Full-Dome-Scanner mit rotierendem 45°-Spiegel, rechts: Kamerascanner mit zwei alternierenden Spiegeln.

Bei sogenannten Panoramascannern erfolgt die Ablenkung des Laserstrahls durch ein rotierendes Spiegelpolygon, das den Laserstrahl in einer Profilebene auslenkt. Die Anzahl der Seiten des Spiegelpolygons und dessen Rotationsgeschwindigkeit bestimmen die Wiederholrate der Profilmessung. Konstruktionsbedingt ist bei diesem Scannertyp der Winkel der Strahlableitung und damit das Sichtfeld des Scanners begrenzt, wodurch nur ein panoramaförmiger Ausschnitt der Umgebung erfasst werden kann.

Bei sogenannten Full-Dome-Scannern, auch 360°-Scanner oder hemisphärische Scanner genannt, kommt für die Strahlableitung ein um 45° zum Laserstrahl geneigter Spiegel zum Einsatz, dessen Rotationsachse coaxial zum Laserstrahl angeordnet ist. Durch die Rotation des Spiegels ändert sich die Ausrichtung seiner Flächennormalen und damit auch die Reflektionsrichtung, sodass der Laserstrahl in jeder Richtung der Scanebene ausgelenkt werden kann. Mit dieser Art von Scannern kann, mit Ausnahme der Abschattungen des Gehäuses, die gesamte Umgebung erfasst werden. Die Profilmessrate ist dabei identisch mit der Drehzahl des 45°-Spiegels.

Beide Verfahren lenken den Laserstrahl nur in einer Ebene ab, wodurch ein zweidimensionales Messprofil entsteht. Um eine dreidimensionale Aufnahme zu erhalten, wird die erzeugte Profilebene um eine weitere unabhängige Achse rotiert, meist durch eine Drehung des gesamten Scankopfs. Für jeden Messpunkt werden zum Zeitpunkt der Streckenmessung die Drehwinkel um die beiden Achsen, bezogen auf einen gerätebezogenen Nullpunkt, mit Encodern registriert. Hier ähneln Laserscanner dem Aufbau eines Theodolits mit Vertikal- und Horizontalkreis bzw. Kipp- und Stehachse. Da diese Begriffe einen Bezug zum Schwerfeld und horizontiertem Gerät suggerieren, die meisten Scanner aber in einer beliebigen Raumlage betrieben werden können, werden die Achsen bei Laserscannern meist mit Primär- (Auslenkung innerhalb der Scanebene) bzw. Sekundärachse (Orientierung der Scanebene) bezeichnet.

Eine weitere Bauform sind sogenannte Kamerascanner, deren Sichtfeld auf ein begrenztes Raumsegment vor dem Scanner begrenzt wird, ähnlich dem Sichtfeld einer herkömmlichen, bildgebenden Kamera. Der Laserstrahl wird dabei über zwei kooperierende Spiegel, deren Rotationsachsen senkrecht aufeinander stehen, zeilen- und spaltenweise über das abzutastende Objekt gelenkt.

Anders als bei Full-Dome- oder Panoramascannern, steht bei Kamerascannern das gesamte Scannergehäuse still. Die Bauform findet vor allem im Bereich der Long-Range-Scanner für das Monitoring gebrauch.

Die Geschwindigkeit der Strahlablenkung und die Messrate des Scanners bestimmen die Dichte des entstehenden Punktrasters, welche vom Nutzer meist nur in herstellerseitig vordefinierten Stufen gewählt werden kann. Da hierbei im Wesentlichen Winkelinkremente zwischen den einzelnen Messpunkten im polaren System des Scanners vorgegeben werden, nimmt die Punktdichte mit steigender Distanz automatisch ab. Bei Bedarf – z. B. für die exakte Erfassung von Zielzeichen – können Ausschnitte der Punktwolke in höherer Auflösung gescannt werden. Dies ist als unabhängiger Scanprozess zu sehen; eine adaptive Steuerung der Rasterweite in Abhängigkeit der Objektdistanz während des Scans ist nicht möglich.

3.1.1.3 Terrestrische Laserscanner als Multi-Sensor-System

Neben den Komponenten zur Erfassung der 3D-Koordinaten haben moderne terrestrische Laserscanner vielfach ergänzende Sensoren und können als Multi-Sensor-System betrachtet werden.

So verfügen heute viele Scanner über integrierte Kameras zur Texturierung der Punktwolke mittels Echtfarbbildern bzw. HDR-Aufnahmen oder vereinzelt auch über Thermal-aufnahmen. Die Aufnahme der dafür nötigen Panoramabilder erfolgt dabei stets als unabhängiger Prozess vor bzw. nach dem Scan und nimmt zusätzliche Zeit in Anspruch.

Punktwolken können über Kamerabilder texturiert werden

Obwohl terrestrische Laserscanner theoretisch in beliebiger Raumlage betrieben werden können, verfügen einige Scanner über Neigungssensoren bzw. Kompensatoren, die eine exakte Horizontierung bei genähert horizontiertem Gerät erlauben. Dies reduziert die zu bestimmenden Freiheitsgrade bei der Registrierung der Punktwolken verschiedener Standpunkte.

Des Weiteren verfügen viele terrestrische Laserscanner heutzutage über zusätzliche Sensoren, wie beispielsweise GNSS, elektronischer Kompass, Barometer und Inertialmess-einheit, um während des Scans Informationen über den Scannerstandpunkt bzw. um die relative Bewegung zwischen aufeinanderfolgenden Scannerstandpunkten zu rekonstruieren. Manche Hersteller setzen dabei auch auf kameragestützte SLAM-Verfahren (Simultaneous Localization and Mapping). Diese Vorinformationen werden für die Registrierung der Einzelscans herangezogen, welche dadurch weitgehend automatisiert werden kann.

Zusatzsensoren vereinfachen die Registrierung

Trotz der steigenden Komplexität der Messgeräte vereinfacht sich deren Bedienung. Während früher für den Betrieb von TLS-Systemen Spezialsoft- und Hardware vonnöten war, setzen heutzutage die meisten Hersteller auf eine nutzerfreundliche Bedienung mittels einfach gehaltener Touch-Oberflächen am Gerät beziehungsweise auf eine App-Steuerung über handelsübliche Smartphones oder Tablets.

3.1.1.4 Genauigkeiten und Kalibrierung

Die Genauigkeit von terrestrischen Laserscannern unterscheidet sich je nach Modell und verwendetem Messmodus. Sie ist abhängig von der Winkel- und Distanzmessgenauigkeit des speziellen Scanners und kann mittels Varianzfortpflanzung aus den Formeln der Polarkoordinatenumformung berechnet werden. Während die Winkelmessgenauigkeit meist mit einem konstanten Wert für ein Scannermodell angegeben werden kann, ist die Distanzmessgenauigkeit sowohl von der zu messenden Entfernung als auch vom Rückstreuverhalten der abzutastenden Oberfläche abhängig. Die Messgenauigkeit verschlechtert sich mit zunehmender Distanz, da sich hier zum einen die Einflüsse der nicht restlich bestimmbar Atmosphäre verstärkt auswirken, und zum anderen die Signalstärke, einhergehend mit der Strahlaufweitung und der diffusen Reflektion am Objekt, abnimmt. Ein schlechtes Signal-Rausch-Verhältnis führt auch bereits im Nahbereich zu einem verstärkten Distanzrauschen auf Oberflächen mit geringer Reflektivität.

Leider gibt es bis heute keinen einheitlichen Standard für die Angabe der Messgenauigkeit von terrestrischen Laserscannern, der einen direkten Vergleich der Modelle verschiedener Hersteller ermöglicht, da in den Datenblättern meist unterschiedliche Parameter spezifiziert werden. Erste Anstrengungen zur Vereinheitlichung der unterschiedlichen Herstellerangaben wurden mittels vergleichender Untersuchungen (vgl. Wunderlich et al. 2014) und dem DVW-Merkblatt „Verfahren zur standardisierten Überprüfung von terrestrischen Laserscannern“ (vgl. Neitzel et al. 2014), welches eine praxisgerechte und objektive Methode zur Überprüfung der Genauigkeit von terrestrischen Laserscannern vorschlägt, unternommen. Diese Ideen fanden auch in der neuen ISO 17123-9 Eingang (vgl. ISO 2018), die ebenfalls ein objektives Verfahren für die Genauigkeitsüberprüfung terrestrischer Laserscanner schafft.

Sowohl das DVW-Merkblatt als auch die ISO 17123-9 beschränken sich auf die Überprüfung der Einhaltung spezifizierter Genauigkeitsanforderungen. Sollten die Genauigkeitsanforderungen nicht erreicht werden, ist eine herstellerseitige Kalibrierung bzw. Justierung des Gerätes nötig. Eine nutzerseitige Systemkalibrierung der Instrumente ist nicht vorgesehen. Entsprechende Kalibrierverfahren zur Genauigkeitsteigerung wurden und werden im wissenschaftlichen Bereich entwickelt, finden aber mangels Unterstützung in kommerziellen Softwarepaketen für die Datenauswertung keine weite Verbreitung in der Praxis.

3.1.2 Messstrategien beim TLS

TLS-Verfahren können in verschiedene Messstrategien unterteilt werden. Sie lassen sich in statische und kinematische Anwendungen gliedern. Dies kann sich sowohl auf den Scanner als auch auf das zu erfassende Objekt beziehen.

3.1.2.1 Statisches Laserscanning

Die klassische Definition von terrestrischem Laserscanning geht von einem festen Gerüststandpunkt für die Erfassung des dreidimensionalen (statischen) Objektraums aus. In diesem Messmodus ist die höchste Genauigkeit der Scanner zu erwarten.

Um den Objektraum vollumfänglich zu erfassen, müssen in den meisten Fällen mehrere statische Aufnahmen von unterschiedlichen Scannerstandpunkten aus erzeugt werden. Die dabei entstehenden Punktwolken liegen jeweils in einem scannerinternen Koordinatensystem vor und müssen in ein einheitliches Koordinatensystem überführt werden. Diese Verknüpfung der Scans wird als Registrierung und weiter – falls der Bezug zu einem übergeordneten Koordinatensystem hergestellt wird – als Georeferenzierung bezeichnet.

Die Genauigkeit eines Scanners ist abhängig vom Rückstreuverhalten der zu messenden Oberfläche

ISO 17123-9 definiert ein einheitliches Verfahren zur Überprüfung von Laserscannern

TLS kann in statische und kinematische Anwendungen unterteilt werden

Das Verknüpfen der Scans kann über definierte Zielzeichen – beispielsweise Kugel- oder sogenannte Black&White-Targets – erfolgen, welche von mehreren Standpunkten aus erfasst werden. Vorteil dieser Zielzeichen ist, dass sie meist von der Auswertesoftware automatisch detektiert werden können. Generell könnte jeder Punkt, der eindeutig in den zu verknüpfenden Punktwolken identifizierbar ist, der Registrierung manuell als Passpunkt hinzugefügt werden. Über die Koordinaten dieser identischen Passpunkte werden die Transformationsparameter für eine 3D-Starrkörpertransformation zwischen zwei Scanner-Koordinatensystemen geschätzt. Alternativ zur Verwendung von diskreten Passpunkten können auch daten-/punktwolkenbasierte Registrierungsverfahren verwendet werden. Diese erfordern eine hohe Überlappung der einzelnen Punktwolken. Bekanntester Vertreter dieser Verfahren ist der ICP-Algorithmus (Iterativ Closest Point), welcher versucht, den Abstand zwischen zwei Punktwolken schrittweise durch wiederholte Neuberechnung der Transformationsparameter zu minimieren.

Die Verknüpfungen mehrerer TLS-Standpunkte wird als Registrierung bezeichnet

Darüber hinaus lassen sich statische Laserscanner auch für die Überwachung von bewegten Objekten einsetzen. Diese Messstrategie kann hinsichtlich ihres Aufnahmemodus weiter unterteilt werden. Im 3D-Modus kann eine gesamte räumlich Szene bzw. ein vorausgewählter Ausschnitt wiederholt gemessen und auf Deformationen bzw. Änderungen untersucht werden. Im 2D-Modus lässt sich ein vordefiniertes Profil durch eine hohe Wiederholrate (in Abhängigkeit der Strahlableitfähigkeit 50 – 100 Hz) hochfrequent überwachen. Der 1D-Modus, mit fester Ausrichtung des Lasers in eine bestimmte Richtung, eignet sich aufgrund der extrem hohen Messrate (bis 2 MHz) punktuell zur Erfassung von Schwingungen in Strahlrichtung. Dies erfordert allerdings speziell konfigurierte Geräte und ist meist nicht als Standardapplikation in den handelsüblichen Scannern verfügbar.

3.1.2.2 Kinematisches Laserscanning, Mobile Mapping

Neben dem statischen Einsatz können terrestrische Laserscanner auch in Bewegung betrieben werden. Gemeinhin subsumiert man diese Anwendungen unter dem Begriff Mobile Mapping. Dabei werden terrestrische Laserscanner meist in einem 2D-Profilmessmodus (durch Fixierung der sekundären Rotationsachse) auf einer bewegten Trägerplattform eingesetzt. Durch die Bewegung des Profilschanners im Raum kann eine dreidimensionale Punktwolke erzeugt werden. Voraussetzung ist dabei, dass die Position und Ausrichtung des Scanners zu jedem Messzeitpunkt bestimmt werden. Diese sog. direkte Georeferenzierung erfolgt durch zusätzliche Sensorik außerhalb des Scanners, deren Hauptkomponenten im Außenraum meist IMUs und GNSS bilden. Für eine präzise Erfassung müssen die relativen Orientierungen der einzelnen Sensoren akkurat kalibriert werden (vgl. Heinz et al. 2020). Die Trägerplattformen für mobil eingesetzte terrestrische Scanner reichen von handgeschobenen Trolleys bis hin zu Booten oder Autos.

Mit mobilen TLS-Anwendungen können in kurzer Zeit große Flächen erfasst werden

Neben Mobile-Mapping-Systemen auf fahrbaren Plattformen gibt es auch personengelegene Systeme, die hauptsächlich im Innenraum Anwendung finden. Dabei kann es sich um Rucksack- oder handgeführte Systeme handeln. Hier wird die direkte Georeferenzierung, neben der Verwendung von IMUs, aufgrund fehlender GNSS-Signale oft über kamerabasierte SLAM-Verfahren gestützt.

Die mit mobilen Systemen erreichbaren Genauigkeiten können nicht an jene statischer Laserscans heranreichen, sind aber dennoch ausreichend für viele Kartierungs-, Dokumentations- und Vermessungsaufgaben, wie beispielsweise Flächenaufmaße oder die Erzeugung von Grundrissen. Durch die Möglichkeit, in kurzer Zeit große Flächen zu erfassen, ist der Einsatz von mobilen Verfahren trotz Genauigkeitsabstrichen oft sehr wirtschaftlich.

3.1.3 Datenverarbeitung und abgeleitete Produkte

Durch das effiziente und detaillierte Erfassen flächenhafter Strukturen mittels (mobilem) Laserscanning verlagert sich der zu erbringende Arbeitsaufwand und die aufkommenden Kosten von der Datenaufnahme im Feld hin zur Datennachverarbeitung/-auswertung im Innendienst. Die aufzubringende Zeit für die Auswertung und das Ableiten von Produkten übersteigt die Aufnahmezeit oft um ein Vielfaches.

Das Messergebnis aller TLS-Verfahren ist eine (texturierte) Punktwolke. Neben der teils erforderlichen Registrierung/Georeferenzierung werden die rohen Punktwolken in verschiedenen Vorverarbeitungsschritten oft von Ausreißern und Störobjekten bereinigt, auf die erforderliche Rasterweite ausgedünnt und auf die benötigten Ausschnitte reduziert, um die Datenmenge für nachfolgende Arbeitsschritte zu minimieren. Die reinen Punktinformationen können bereits für Visualisierungs- oder für Dokumentationszwecke dienen. Hier bieten die meisten TLS-Hersteller für ihr Punktwolkenformat einfach zu bedienende Online-Viewer an, die es erlauben, die Scans mit Kunden/Interessenten zu teilen, zu annotieren und einfach Maße abzugreifen. Auch lassen sich mit den bereinigten Punktwolken bereits numerische Analysen – wie etwa Kollisionsdetektionen oder Änderungs-/Deformationsanalysen – durchführen (vgl. Wunderlich et al. 2019).

Meist müssen die Punktwolken jedoch zu weiterführenden Produkten verarbeitet werden, die auf eine Reduzierung der Komplexität und der Datenmenge abzielen. Dazu werden Teile der Punktwolke durch mathematisch beschreibbare Geometrien – wie Linien, Flächen, Zylinder, Quader, Freiformflächen etc. – ersetzt. Die erzeugten Produkte reichen dabei von einfachen Grundrissplänen oder Fassadenansichten über detaillierte Building- Information-Modelle bis hin zur Kartierung ganzer Straßenzüge oder abgeleiteten Stadtmodellen. Man unterscheidet bei der Weiterverarbeitung der Punktwolken zwischen der einfachen Digitalisierung, bei der die Punktwolke als Zeichenvorlage dient, und einer echten Modellierung, bei der eine mathematisch beschreibbare Geometrie bestangepasst in die Punktwolke geschätzt wird. Die Modellierung erfolgt dabei fast immer in einem semiautomatischen Prozess, in dem der Nutzer eine anzupassende Geometrie sowie die Startpunkte für den Algorithmus vorgeben muss. Aufgrund der hohen Komplexität von Modellierungsprozessen ist ein vollständig automatisierter Auswerteprozess meist nicht möglich. Durch die Fortschritte im maschinellen Lernen und in der künstlichen Intelligenz können aber bereits Klassifizierungsaufgaben in komplexen, großräumigen Strukturen zuverlässig bewältigt werden (vgl. Reiterer et al. 2020).

Die Datenauswertung erfolgt meist nur semiautomatisch

Literatur

- Heinz, E.; Klingbeil, L.; Kuhlmann, H. (2020): Aufbau einer Einrichtung zur Kalibrierung und Evaluierung von Mobile Mapping Systemen. In: Wunderlich, T. (Hrsg.): Ingenieurvermessung 20. Beiträge zum 19. Internationalen Ingenieurvermessungskurs. München. Wichmann, Berlin/Offenbach
- ISO 17123-9: 2018 — Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 9: Terrestrial laser scanners
- Jöckel, R.; Stober, M.; Huep, W. (2008): Elektronische Entfernungs- und Richtungsmessung und ihre Integration in aktuelle Positionierungsverfahren (5. Auflage). Wichmann, Heidelberg
- Neitzel, F.; Gordon, B.; Wujanz, D. (2014): Verfahren zur standardisierten Überprüfung von terrestrischen Laserscannern. DVW-Merkblatt 7-2014. Online abrufbar unter: <https://www.dvw.de/veroeffentlichungen/merkblaetter>
- Pfeifer N.; Mandlbürger G.; Glira P. (2015): Laserscanning. In: Freedon W.; Rummel R. (Hrsg.): Handbuch der Geodäsie. Springer Reference Naturwissenschaften. Springer Spektrum, Berlin/Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-46900-2_44-1
- Reiterer, A.; Störk, D.; Wäschle, K.; Leydecker, A. (2020): Vollautomatisierte Auswertung von Mobile-Mapping-Daten mit Hilfe von Machine Learning. In: Wunderlich, T. (Hrsg.): Ingenieurvermessung 20. Beiträge zum 19. Internationalen Ingenieurvermessungskurs, München. Wichmann, Berlin/Offenbach
- Wunderlich, Th.; Wasmeier, P.; Ohlmann-Lauber, J.; Schäfer, Th.; Reidl, F. (2014): Objektivierung von Spezifikationen Terrestrischer Laserscanner. Blaue Reihe des Lehrstuhls für Geodäsie (20). Lehrstuhl für Geodäsie, Technische Universität München
- Wunderlich, T.; Raffl, L.; Wiedemann, W. (2019): Wiedererkennung – zwei Lösungen für die strenge Deformationsanalyse flächenhafter Beobachtungen der Ingenieurgeodäsie. In: Hanke, K.; Winold T. (Hrsg.): 20. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2019. Wichmann, Berlin/Offenbach

Anzeige

ArcGIS Consulting

Wir integrieren Esri ArcGIS Lösungen
in Ihre IT-Landschaft



Besuchen Sie
unsere Website
www.arc-greenlab.de

Unsere DIENSTLEISTUNGEN

Analyse Ihrer Daten,
Prozesse und Strukturen

Erstellung von Konzepten
für den ArcGIS Einsatz

Installation, Konfiguration,
Einrichtung, Systembetrieb
und Hosting

Geodatenservices
(CAD, GIS und BIM)

Schulungen und Workshops

Ihr NUTZEN

Individuelle und maß-
geschneiderte Lösungen

Schnelle und nachhaltige
Ergebnisse

Interne Fähigkeiten und
Kompetenzen entwickeln



3.2 Airborne Laserscanning

Verfasser: DI Frank Steinbacher, Steinbacher Consult Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG; Dr. Ramona Baran, AirborneHydroMapping GmbH

3.2.1 Grundlegend neue Entwicklungen der Technologie

Airborne Laserscanning oder kurz ALS hat sich in den letzten Jahrzehnten zu einer Standardtechnologie in der luftgestützten Vermessung entwickelt, mit der hochdetaillierte und genaue 3D-Punktwolken der Erdoberfläche gewonnen werden. Dabei werden nicht nur die Topographie, sondern auch Objekte wie Gebäude, Brücken u. a. sowie die Vegetation erfasst. Im Fall des klassischen topographischen Laserscannings wird das ausgesandte Lasersignal an der Erdoberfläche reflektiert (Abb. 1 links). Topographische Laserscanner verwenden zumeist eine Wellenlänge des nahen Infrarot-Spektrums (700-1400 nm) und messen Nadir also ohne Inklination des Laserstrahles, wie dies in Abbildung 1 (links) dargestellt ist. Bei Verwendung topographischer Lasersysteme ist man jedoch nicht in der Lage unter den Wasserspiegel zu messen, da das ausgesandte Lasersignal direkt an der Wasseroberfläche reflektiert wird. Deshalb wurden in den letzten zehn Jahren bathymetrische Laserscanner (auch Airborne Laserbathymetry, ALB) verstärkt neu bzw. weiter entwickelt, um insbesondere die Bathymetrie der Flachwasserzone mit einer dem topographischen Laserscanning vergleichbaren Qualität und Quantität zu erfassen. Diese Systeme verwenden dann oft eine Wellenlänge des grünen Spektralbereichs (532 nm) und eine Inklination des Laserstrahls (Abb. 1 rechts), um einen möglichst gleichförmigen Auftreffwinkel des Strahls auf der Wasseroberfläche zu gewährleisten und dabei den Verlauf der Gewässersohle sowie unter Wasser befindliche Objekte und Vegetation zu detektieren. Zudem kann mit solchen Sensoren neben der Bathymetrie gleichzeitig auch die Topographie erfasst werden, sodass auch der Begriff vom topo-bathymetrischen Laserscanning gebraucht wird.

Für Gewässerscans wurden bathymetrische Laserscanner stark verbessert

3.2.2 Klassische und erweiterte Anwendungsfelder

In der Regel können in Deutschland die ALS-Datensätze bzw. daraus abgeleitete 3D-Geodaten wie das Digitale Geländemodell (DGM) über die jeweiligen Landesvermessungsämter bezogen werden. Sie bilden dann die wesentlichen Grundlagen für weitere Anwendungen und Analysen. Dazu gehören u. a.:

- Bauplanung
- 3D-Stadt- und/oder Gebäudemodelle
- Standort- u. Sichtbarkeitsanalysen für Windkraftanlagen etc.
- Solardachkataster
- Landwirtschaft
- Forstwirtschaft
- Lärm- und Emissionsschutz
- Hydraulische Modellierungen in der Wasserwirtschaft

ALB-Datensätze bilden in erster Linie eine deutlich verbesserte Grundlage für die Erstellung von hydraulischen Netzen und daran anschließende Abfluss- und Strömungssimulationen beispielsweise im Rahmen des Hochwasserschutzes. Da in ALB-Daten neben dem Vorland auch die Gewässersohlgeometrie wiedergegeben wird (Abb. 2), müssen hydraulische Netze im Gewässerlauf nicht wie bisher über weite Strecken zwischen terrestrisch gemessenen Querprofilen interpoliert werden, deren Abstände in der Regel

zwischen 100 bis 200 m liegen. Damit wird der tatsächliche Geländeverlauf über und unter Wasser wenn auch vereinfacht aber deutlich realistischer als bisher in hydraulischen Modellnetzen abgebildet (Abb. 3). Des Weiteren eignen sich ALB-Daten besonders für Zwecke des Gewässermonitorings, wie es laut EU-Wasserrahmenrichtlinie durch wiederholte Vermessungen notwendig ist. Dazu gehört die Überwachung sowohl des Geschiebetransports und damit einhergehenden morphologischen Änderungen (Abb. 4) als auch die ökologische Entwicklung eines Gewässers. Zudem werden ALB-Daten für Habitatmodellierungen an Gewässern zugrunde gelegt, um z. B. die Auswirkungen von Renaturierungsmaßnahmen wie Flussaufweitungen auf die Entwicklung von Fischlaichplätzen detailliert evaluieren zu können. Die grundlegenden Anwendungsfelder für ALB in der Wasserwirtschaft sind also:

- Hydraulische Modellierungen
- Morphologische Modellierungen
- Gewässermonitoring
- Habitatmodellierung

Durch die gleichzeitige Abbildung der Topographie in ALB-Daten (Stichwort Topo-Bathymetrie) können diese ohne Weiteres wie ALS-Daten für die oben genannten Zwecke verwendet werden. Durch die Inklination des Laserstrahls bei der Datenaufnahme (Abb. 1) werden jedoch zudem Gebäudefassaden und andere Infrastrukturelemente sowie das Gelände unterhalb dichter Vegetation besser erfasst als mit klassischen ALS-Nadir-Systemen, sodass Nicht-Nadir-Daten besonders gut für den Einsatz bzgl. 3D-Stadt- u. Gebäudemodellierung, Solarpotenzialanalysen sowie in der Forst- u. Landwirtschaft geeignet sind.

ALB-Daten bilden Gelände über und unter Wasser realistischer ab

Nicht-Nadir-Daten ermöglichen eine verbesserte Erfassung von Fassaden und durch Vegetation bedecktes Gelände

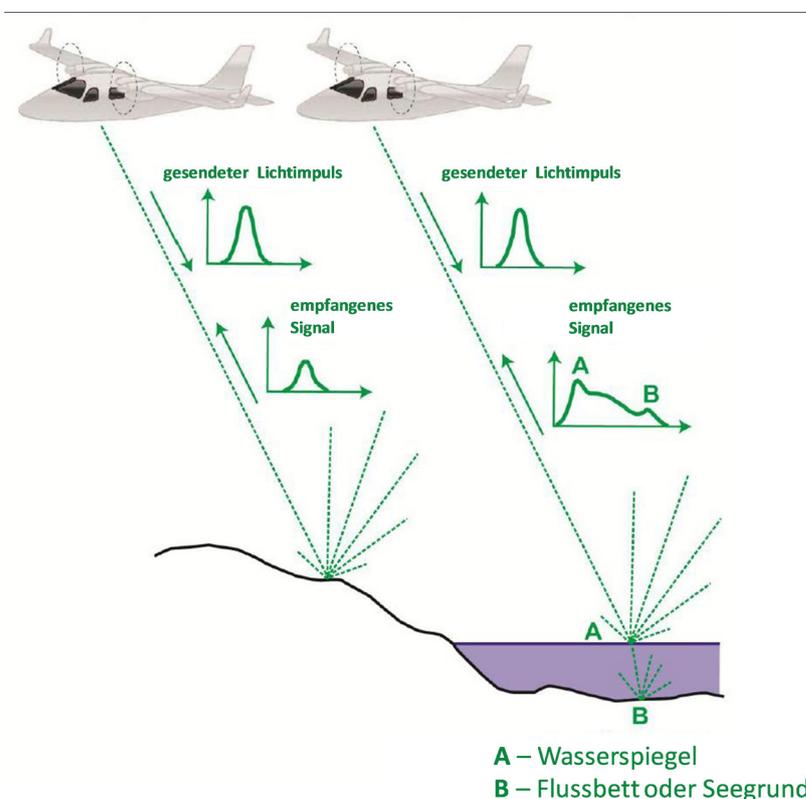


Abb. 1: Messprinzip zum luftgestützten topographischen (links) und bathymetrischen (rechts) Laserscanning

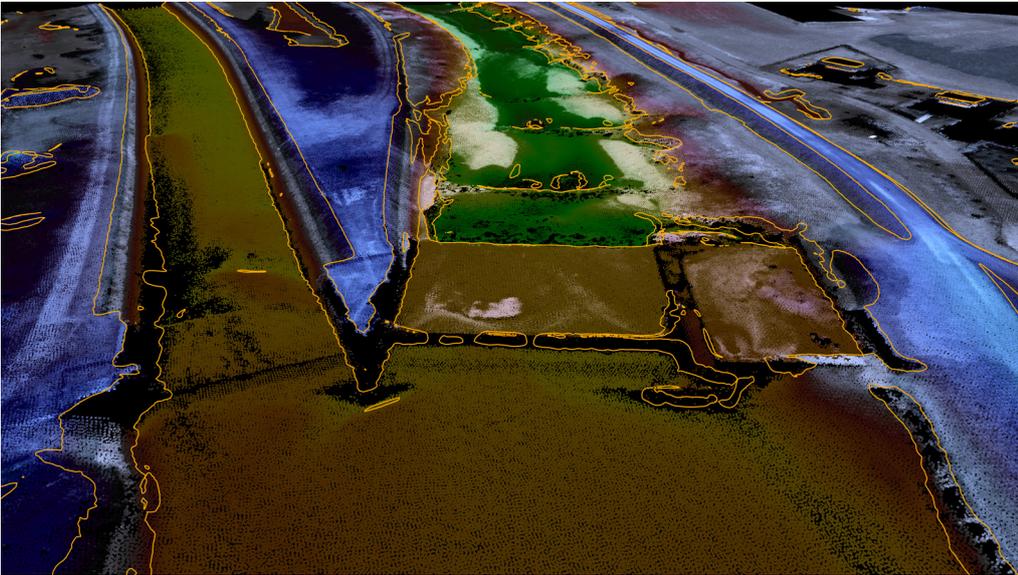


Abb. 2: Klassifizierte Geländepunkte über und unter Wasser aus einer topo-bathymetrischen Laserscanaufnahme der Mangfall bei Rosenheim eingefärbt nach Höhe. Abgeleitete Bruchkanten in Orange.

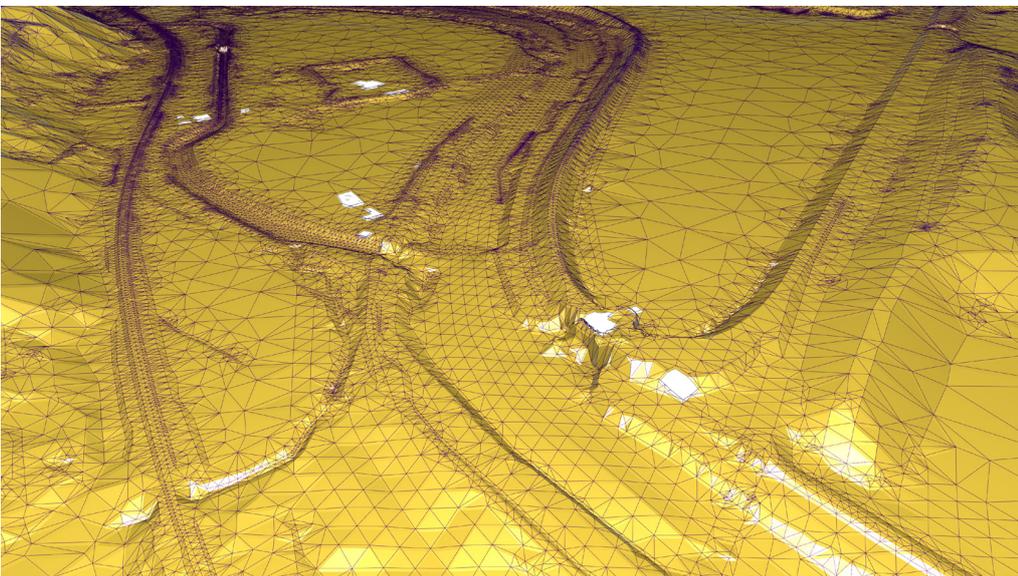


Abb. 3: Ausschnitt des auf Grundlage der topo-bathymetrischen Laserscanaufnahme abgeleiteten hydraulischen Berechnungsnetzes der Mangfall bei Rosenheim

3.2.3 Neue Wege der Datenprozessierung und Verknüpfung

3.2.3.1 Mehr Geländepunkte aus ALB-Daten

Topo-bathymetrische Lasersysteme wie der VQ-880-G (Riegler LMS) verarbeiten während der sogenannten Online-Prozessierung (OP) im Sensor selbst die Full Waveform (FWF; Abb. 1) in Echtzeit zu geometrischen Punktkoordinaten. Zudem werden die gesamten FWF-Daten als Bestandteil der Rohdaten abgespeichert. Die FWF liefert zusätzliche, intrinsische Informationen, die einen vertieften Einblick in die Geometrie der Gewässer- und Geländeoberfläche erlauben (Abb. 1 rechts). Der Fokus der nachträglichen FWF-Auswertung liegt vor allem auf größeren Wassertiefen und einer höheren Punktdichte in tieferen Bereichen, in denen die OP nur wenige oder keine Sohlpunkte ausgibt (Abb. 5). Aber auch in Bereichen dichter Vegetation können mittels FWF wesentlich mehr Bodeninformationen extrahiert werden als in der OP-Punktwolke allein detektiert wurden (Abb. 6).

Die Software HydroVISH stellt dabei derzeit auf dem Markt die einzig verfügbare Lösung für FWF-Prozessierungsketten dar. HydroVISH bietet hierbei flexible Möglichkeiten für eine effektive Datenauswertung und Visualisierung der Ergebnisse, vor allem wenn die Daten mehrere hundert Gigabyte bis mehr als ein Terabyte groß sind.

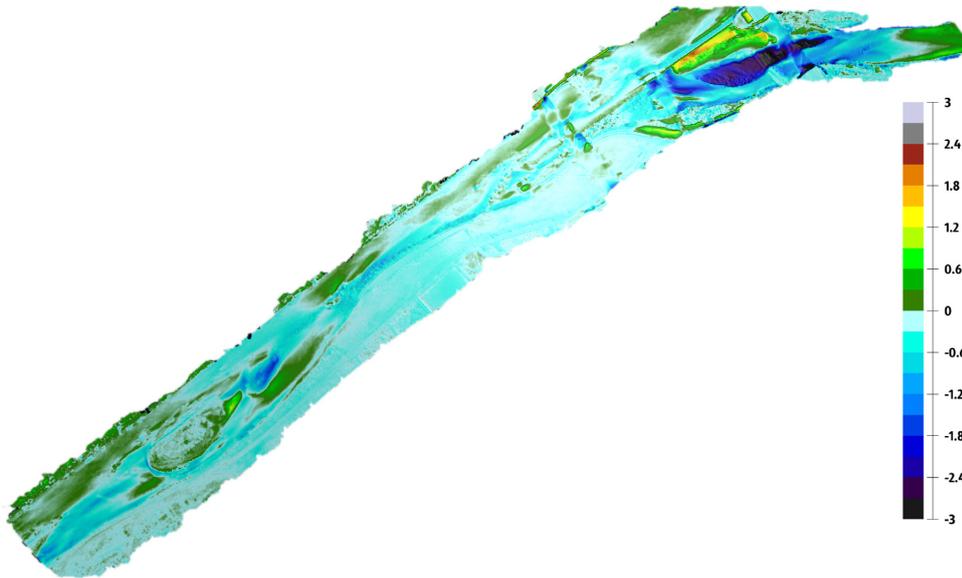


Abb. 4: Quantifizierung (Skala in m) des Sedimentations- und Erosionsmusters der Isar südlich des Deutschen Museums in München aufgrund des Hochwassers im Juni 2013 durch Differenzbildung zwischen zwei ALB-Datensätzen aus Oktober 2011 und Juli 2013.

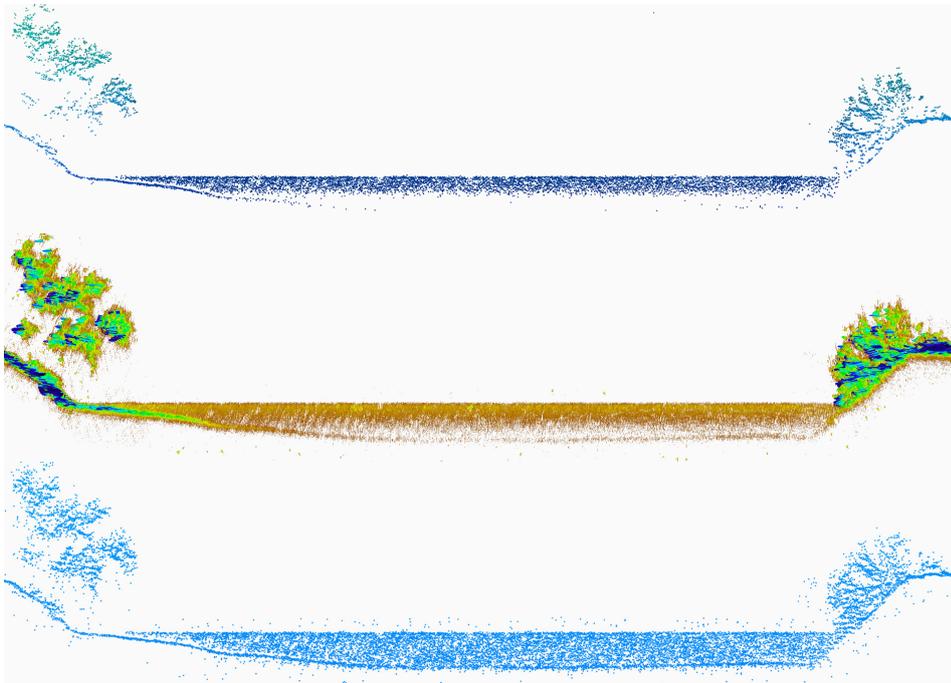


Abb. 5: Querschnitt durch die Donau. Punkte aus der OP bei der Datenaufnahme (oben), Verlauf der FWF-Signale mit erkennbarer Sohlgeometrie (Mitte) und Ergebnis der Punktextraktion aus der FWF (unten).



Abb. 6: Querschnitt durch dichte Ufervegetation. Punkte aus der OP bei der Datenaufnahme eingefärbt nach Höhe (links) und zusätzlich dargestellter Verlauf der FWF-Signale mit besser erkennbarer Geländegeometrie unterhalb der Vegetation (rechts).

3.2.3.2 Verschneidung von 2D- und 3D-Datenraum

Für integrative raumbezogene Analysen gewinnt die Verknüpfung von 2D-Daten, wie sie im GIS vorliegen (Flurkarte u. a.), mit 3D-Daten auf Grundlage von ALS-Befliegungen (Punktwolke, DGM u. a.) zunehmend an Bedeutung. Jedoch ohne performante Softwarelösungen bleibt der Zugriff auf diese 3D-Geomassendaten schwierig, vor allen Dingen deren Ansicht in Echtzeit. KomVISH als vereinfachte Version von HydroVISH bietet in diesem Kontext die Möglichkeit der Verschneidung und simultanen Darstellung verschiedener 3D-Geodaten (DGM, DOM, LoD2, Punktwolke u. a.) zusammen mit einfachen Analysewerkzeugen (Linien- & Flächenmessung, interaktive Schnittführung). Die integrierte Schnittstelle zu ArcGIS Pro & ArcMap erlaubt die interaktive Verknüpfung in den 2D-Datenbestand durch den Austausch von Linien- & Flächenmessungen oder Kommentaren (Abb. 7). Die Orientierung und Navigation wird zudem durch die direkte Verlinkung mit WMS-Diensten wie dem BayernAtlas und OpenStreetMap sowie dem Here-Kartenservice unterstützt.

Die Kombination von zwei- und dreidimensionalen Daten benötigt performante Softwarelösungen

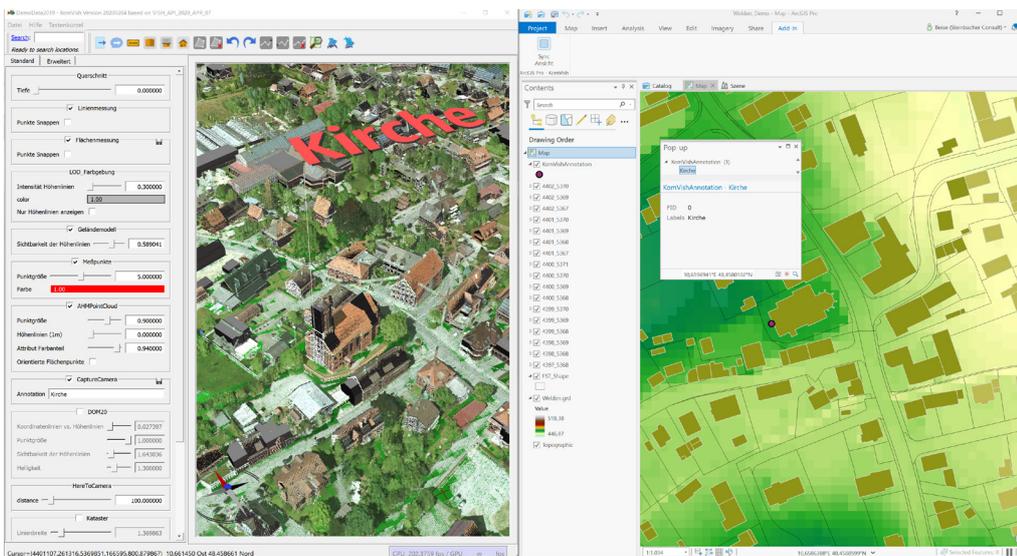


Abb. 7: Simultane Darstellung von 3D-Geodaten in KomVISH (rechts) und 2D-Daten (DFK & DGM) in ArcGIS Pro (links) sowie der Austausch von Informationen u. a. über Kommentarfunktion hier gezeigt am Beispiel der Verortung der Kirche

3.3 Mobile Datenerfassung mit Unmanned Aerial Systems (UAS)

Verfasser: FH-Prof. Dr. Gernot Paulus, Fachhochschule Kärnten, Geoinformation und Umwelttechnologien

„The future is unmanned“ – In den letzten Jahren sind eine Vielzahl von technologischen Innovationen im Bereich von unbemannten Systemen zur mobilen Erfassung von Geodaten zu beobachten. Die Basis für diese weltweite Entwicklung stellt einerseits ein klares politisches Bekenntnis zur zivilen Nutzung von kleinen, unbemannten Luftfahrzeugen und deren sichere Integration in die nationalen Lufträume und andererseits die immer größere Verfügbarkeit von unterschiedlichen unbemannten Flugplattformen in Kombination mit leistungsfähigen, leichten Sensoren und den entsprechenden Datenauswertungsmöglichkeiten dar. Besonders hervorzuheben ist hier die von der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (EASA) ausgearbeitete EU-Verordnung, mit der das Fliegen mit Drohnen in der EU einheitlich geregelt wird und die mit Juli 2019 vom EU Parlament gesetzlich verabschiedet wurde. Damit ergeben sich speziell im Zusammenhang mit einer mobilen Geodatenerfassung durch die schnelle, sehr zeitnahe und hochauflösende Datenbereitstellung für die unterschiedlichsten Anwendungsgebiete ungeahnte Möglichkeiten, aber auch große Herausforderungen. Ziel dieses Kapitels ist es, einen aktuellen Überblick über die verschiedenen Technologien und den Einsatz von unbemannten Luftfahrzeugsystemen für die mobile Geodatenerfassung zu geben.

UAS bieten zahlreiche neue Möglichkeiten der Geodatenerfassung

3.3.1 Begriffsdefinition

Im Zusammenhang mit unbemannten Luftfahrtsystemen werden sehr häufig unterschiedliche Begriffe verwendet. Bis vor einigen Jahren wurden diese Systeme in erster Linie militärisch genutzt, und dafür seit mehr als 80 Jahren die Bezeichnung „Drohne“ (engl. drone) verwendet. Diese militärische Bezeichnung geht auf eines der ersten ferngesteuerten Flugzeuge, eine „De Havilland DH82B Queen Bee“, die zum Luftabwehrtraining als realistisches Zielobjekt entwickelt und 1935 einem US Navy General vorgeführt wurde. In Anlehnung an die britische „Queen Bee“ wurde nun ein ähnliches System für das Luftabwehrtraining der US Navy entwickelt, das „Drohne“ genannt wurde (Zimmer 2013). Um für den zivilen Einsatz negative Assoziationen speziell vonseiten der Öffentlichkeit zu vermeiden, wurden in Europa Begriffe wie „Remotely Piloted Aircraft System“ (RPAS) oder in den USA „Unmanned Aerial Vehicle“ oder „Unpiloted Aerial Vehicle“ ((UAV) entspricht der eigentlichen Flugplattform) und „Unmanned Aerial System“ ((UAS) entspricht dem Gesamtsystem von Flugplattform, Sensorik, PilotInnen etc.) eingeführt. Aktuell ist zu beobachten, dass speziell umgangssprachlich in der Kommunikation mit der Öffentlichkeit und in den Medien der „Drohnenbegriff“ auch von offizieller Seite wieder häufiger verwendet wird. Wichtig dabei festzuhalten ist, dass sich im Sinne von „unbemannt“ zwar kein Pilot an Bord des Luftfahrzeugs befindet, sehr wohl aber zu jedem Zeitpunkt einer Flugmission eine verantwortliche Person über eine Bodenstation und/oder Fernbedienung die Kontrolle über das Luftfahrzeug ausübt. In weiterer Folge wird im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung der Begriff UAS (= Unmanned Aerial System = unbemanntes Luftfahrtsystem) verwendet.

Vor 80 Jahren wurden bereits Flugzeuge ferngesteuert



Eines der ersten ferngesteuerten Luftfahrzeuge und die „Ursache“ für die Einführung des Drohnenbegriffs – die „De Havilland DH82B Queen Bee“ (1935)

3.3.2 UAS-Systemkomponenten

Für eine erfolgreiche Geodatenerfassung ist ein Verständnis und Betrachtung des Gesamtsystems eines UAS sowie des Zusammenspiels der einzelnen Systemkomponenten wesentlich. Ein UAS besteht aus einer (1) Flugplattform, darunter versteht man das Luftfahrzeug inklusive aller Antriebskomponenten (z. B. Batterien). Die Flugplattform kann mit unterschiedlichen Zuladungen, diese werden allgemein als (2) „Payload“ bezeichnet, bestückt sein. Allgemein werden als „Payload“ alle Elemente eines UAS bezeichnet, die nicht für die Durchführung des Flugs selbst notwendig sind, aber zweckorientiert im Rahmen der spezifischen Missionsziele zum Einsatz kommen. Darunter versteht man einerseits verschiedene Sensorsysteme, die die aufgenommenen Daten entweder „on board“ (z. B. Kamerasensoren) speichern oder diese in Echtzeit (z. B. Videos) übertragen und andererseits „Frachten“, die mittels UAS verteilt (z. B. Düngemittel) oder transportiert (z. B. Medikamente) werden. Die Kommunikation und Kontrolle über die Flugplattform erfolgt durch einen (3) Piloten/Pilotin über eine (4) „Ground Control Station“ (i. e. Bodenstation). Über sogenannte (5) „Control bzw. Data links“ besteht eine Kommunikationsverbindung via Ground Control Station zwischen der Flugplattform und den Pilot/innen. Moderne und professionelle UAS sind heute mit (6) GNSS-basierten Positionierungssystemen in Kombination mit (7) Autopilotensystemen ausgestattet. Das GNSS-System liefert dabei die äußere Orientierung der Flugplattform (x-, y-, z-Position) und das Autopilotensystem über eine integrierte „Inertial Measurement Unit“ (IMU) die innere Orientierung (Yaw, Pitch, Roll) als Gesamtbeschreibung der Lage im Raum. Bei den GNSS-Systemen unterscheidet man Standard-GNSS-Genauigkeiten, Echtzeitkorrekturen (Real Time Kinematik Lösungen (RTK)) während des Flugs und Positionskorrekturen zur Verbesserung der Lagegenauigkeit nach der Mission durch ein Postprocessing mit Korrekturdaten von einer Referenzstation (Post Processing Kinematic; PPK). Autopilotensysteme sind für die Durchführung eines vordefinierten Flugmissionsplans verantwortlich. Es gibt jedoch schwierige Szenarien, in denen die UAVs unter Strukturen wie Brücken, in Minen und Gebäuden oder unter dichtem Blätterdach fliegen müssen oder in natürlichen oder städtischen Schluchten, in denen das GNSS-Signal teilweise oder vollständig blockiert wird. GNSS-Signale sind hier nicht überall verfügbar und können unter diesen speziellen Gegebenheiten nur vermindert empfangen werden oder sogar gänzlich fehlen. Es wurden nun bereits neue Methoden und Lokalisierungsalgorithmen entwickelt, um die UAV-Navigation in einer GNSS-empfangskritischen Umgebung zu handhaben, indem neue Ansätze zur visionsbasierenden Navigation wie visuelle Odometrie (Visual Odometry – VO) und/oder simultane Lokalisierung und Kartierung (Simultaneous Localisation and Mapping – SLAM) verwendet werden. Als (8) „Support Equipment“ werden unterstützende Systeme für Start (z. B. Katapult) oder Landung (z. B. Fallschirm, Fangnetz) bezeichnet. Speziell Fallschirmsystemen als zusätzliche Sicherheitskomponente für die Durchführung von UAS-Missionen kommt hier eine besondere Bedeutung zu (z. B. <https://dronerescue.com/>). Dieses „ganzheitliche“ UAS muss dann in weiterer Folge in einem Gesamtworkflow für eine mobile Geodatenerfassung eingebunden werden. Dieser Workflow wird exemplarisch in Kapitel 3.4 im Detail beschrieben.

UAS umfassen weit mehr als die eigentliche Flugplattform

3.3.3 UAS-Kategorien

UAS können nach unterschiedlichen Kriterien und Eigenschaften kategorisiert werden. Diese umfassen allgemein den „Airframe Type“, die Reichweite, die Einsatzflughöhe, die Flugzeit, die Art des Antriebs sowie das Höchstabfluggewicht (Maximum Take Off Weight – MTOW). Das Höchstabfluggewicht wird vom jeweiligen Hersteller festgelegt und setzt sich einerseits aus der eigentlichen Flugplattform inklusiv Antrieb sowie Kommunikations- und Positionierungs-/Navigationssystemen zusammen und andererseits aus dem möglichen Payloadgewicht. Das MTOW ist eine wichtige Kennzahl und ein zentrales Kriterium im Zusammenhang mit luftfahrtrechtlichen Genehmigungen von UAS. Das maximale Payloadgewicht wird ebenfalls vom UAS-Hersteller festgelegt und ist entscheidend für die Wahl und Größe von geeigneten Sensoren, mit denen je nach Anforderung für die Durchführung von spezifischen Missionen das UAS bestückt werden kann. Nachfolgende Tabellen geben einen Überblick über die angesprochenen UAS-Kategorien, die von Blyenburgh (2016) im Rahmen einer weltweiten Studie zusammengestellt wurden.

UAS unterscheiden sich je nach Anwendungsgebiet stark voneinander

RPAS Categories	Acronym	Range (KM)	Flight Altitude (m)	Endurance (hours)	MTOW (kg)	Currently Flying
Tactical						
Nano	n	< 1 ¹	100	< 1	< 0.025	yes
Micro	μ	< 10	250	1	< 5	yes
Mini	Mini	< 10	150 ^b – 300 ^a	< 2	< 30 (150 ^b)	yes
Close Range	CR	10 – 30	3.000	2 – 4	150	yes
Short Range	SR	30 – 70	3.000	3 – 6	200	yes
Medium Range	MR	70 – 200	5.000	6 – 10	1.250	yes
Medium Range Endurance	NRE	> 500	8.000	10 – 18	1.250	yes
Low Altitude Deep Penetration	LADP	> 250	50 – 9.000	0,5 – 1	350	yes
Low Altitude Long Endurance	LALE	> 500	3.000	> 24	< 30	yes
Medium Altitude Long Endurance	MALE	> 500	14.000	24 – 48	1.500	yes
Strategic						
High Altitude Long Endurance	HALE	> 2.000	20.000	24 – 48	(4.500 ^c) 12.000	yes
Special Purpose						
Unmanned Combat Aerial Vehicle	UCAV	approx. 1.500	10.000	approx. 2	10.000	yes
Offensive	OFF	300	4.000	3 to 4	250	yes
Decoy	DEC	0 – 500	5.000	< 4	250	yes
Stratospheric	STRATO	> 2.000	> 20.000 & > 30.000	> 48	TBD	no
Exo-stratospheric	EXO	TBD	> 30.000	TBD	TBD	no
Space	SPACE	TBD	TBD	TBD	TBD	no
TBD = To Be Defined ^a = according to national legislation ^b = in Japan ^c = Predator B						

UAS-Kategorien bezogen auf Reichweite, Flughöhe, Flugzeit und Höchstabfluggewicht (nach Blyenburgh 2016)

RPAS Categories	Airframe Types				Optionally piloted	Propulsion					
	Rotary Wing	Fixed Wing	Other	Lighter-than-air		Piston-Av Gas	Piston-Diesel	Turboprop	Jet-turbine	Electric Solar	Other
Tactical											
Nano	•		D, E							•	
Micro	•	•	D, E			•				•	M
Mini	•	•	D, K	•		•				•	
Close Range	•	•	D, F, K	•		•				•	
Short Range	•	•	H, T	•	•	•					•
Medium Range	•	•			•	•	Y		•		
Medium Range Endurance	•	•			•	•	Y		•		
Low Altitude Deep Penetration		•				•			•		
Low Altitude Long Endurance		•				•					Hy
Medium Altitude Long Endurance	•	•				•	•	•	•		Hy
Strategic											
High Altitude Long Endurance		•		•	•	•			•	•	Hy

Special Purpose										
Unmanned Combat Aerial Vehicle	•	•						•		
Offensive		•			•					
Decoy	•	•			•			•		
Stratospheric		•		•						
Exo-stratospheric		•								
Space	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD
D = Shrouded Fan		E = Flapping Wing			F = Gyroplane			G = Tilt Rotor		
H = Rotor Wing		K = Motorised Parafoil			M = Chemical Muscle			T = Tilt Body		
TBD = To Be Decided		Y = Desired			Hy = Hydrogen					

UAS-Kategorien bezogen auf Airframetyp und Antriebsart (nach Blyenburgh 2016)

3.3.3.1 UAS Airframe Types

Eine ausgezeichnete Übersicht über unterschiedliche UAS-Systeme liefert der jährlich erscheinende Report „RPAS – Remotely Piloted Aircraft Systems – The Global Perspective“ (Blyenburgh 2016). Hier finden Sie eine exemplarische Übersicht über derzeit im Einsatz befindliche UAS-Flugplattformen.

Rotorbasierte UAS: Helikopter



Helikoptersystem (Bildquelle: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2017>)



Helikoptersystem (Bildquelle: <https://www.altusintelligence.com/orc2>)

Multirotorsysteme

Hier werden, je nach Anzahl der Rotoren, Quad-, Hexa- oder Octocopter unterschieden. Aufgrund des vertikalen Starts und der vertikalen Landung wird diese UAS-Kategorie auch als „Vertical Take Off & Landing“ (VTOL) UAS bezeichnet.



Hexacopter Multirotorsystem (Bildquelle: <https://www.multirotor.net/en/press>)



Hexacopter Multirotorsystem (Bildquelle: FH Kärnten & Viewcopter)

Flächenflugsystem (Fixed-Wing)



Flächenflugsystem (Bildquelle: FH Kärnten)

Hybride Systeme

Diese stellen eine Kombination zwischen Flächenflugsystemen und VTOL Systemen dar.



Hybrides UAS (Bildquelle: <http://www.skyrouav.com>)



Hybrides UAS (Bildquelle: <https://wingtra.com/>)

Flügelchlagsysteme (Ornithopter, „Flapping Wings“)

Diese bionisch inspirierten Systeme basieren auf Flügelbewegungen analog zum Vogelflug und werden zum Beispiel sehr erfolgreich im Bereich von Flughäfen zur Vogelabwehr während Start- und Landung eingesetzt.

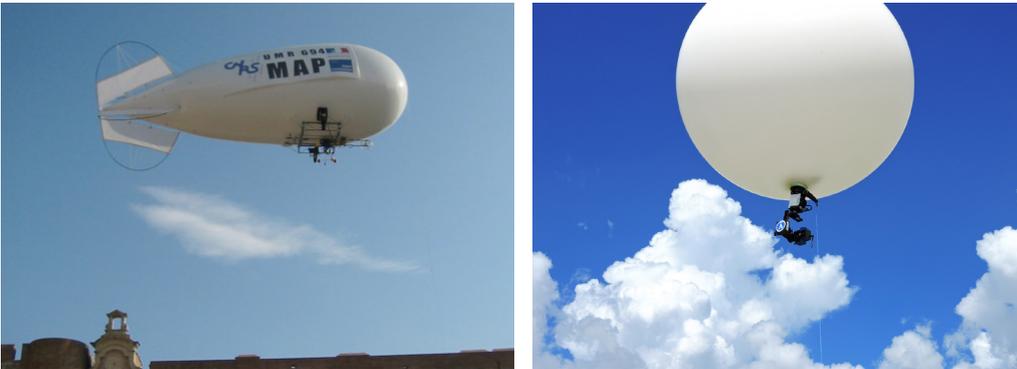


Flügelchlagsystem „Robird“

(Bildquelle: <https://clearflightsolutions.com/services/bird-control>)

Ballon- und Zepelinsysteme (Lighter-Than-Air, BLIMPS)

Unter einem „BLIMP“ versteht man ein nicht starres Luftschiffsystem, das mit Gas (meist Helium) befüllt ist. Diese Systeme können an der Leine („Tether“) oder im Fall von Luftschiffen auch mit einem Antrieb ausgestattet sein. Die Kombination von Ballon und Winddrachen („Helikite“) gewährleistet selbst bei hohen Windstärken eine stabile Position in der Luft und kann daher sehr gut für Langzeitmonitoring-Fragestellungen eingesetzt werden.



Links: BLIMP (Bildquelle: <http://www.gamsau.map.archi.fr>) und rechts: Ballonmappingsystem (Bildquelle: <https://apicworld.com>). Unten: Ballonmappingsystem Helikite (Bildquelle: FH Kärnten).



3.3.3.2 Payload – UAS-Sensoren

Aktuell wird für die mobile Datenerfassung mit UAS eine Vielzahl von unterschiedlichsten Sensoren für eine breite Palette von Anwendungsgebieten eingesetzt. Speziell in den letzten Jahren hat die rapide fortschreitende Miniaturisierung immer kleinere, leichtere und auch kostengünstigere Sensoren zu Tage gebracht. Es ist davon auszugehen, dass sich dieser Trend in den nächsten Jahren noch verstärkt fortsetzen wird. Eine erfolgreiche UAS-Sensorintegration ist abhängig von den Kapazitäten der jeweiligen UAS-Flugplattform hinsichtlich der maximalen Zuladung, die noch eine sichere Missionsdurchführung für eine definierte Flugdauer erlaubt. Hersteller moderner UAS-Systeme setzen heute vermehrt auf modulare Konzepte, sodass unterschiedliche Sensoren ähnlich einem „Baukastensystem“ verwendet werden können. Dabei kommt dem einfachen und robusten Handling der Sensoren beim Ein- und Ausbau speziell bei professionellem Einsatz im Produktionsbetrieb eine besondere Bedeutung zu. Verschiedene UAS-Hersteller bieten häufig Gesamtintegrationssysteme an, die jedoch die Integration von Sensoren oder Software (z. B. Flugplanung) anderer Hersteller entweder nicht oder nur mit sehr viel technischem Aufwand ermöglichen. Es wird empfohlen, hier die „Offenheit“ der einzelnen UAS-Systeme hinsichtlich Systemintegration genau zu prüfen.

Rapider technischer Fortschritt ermöglicht immer leistungsfähigere Systeme

Für die mobile Geodatenerfassung wird hier im Detail ein exemplarischer Überblick über die folgenden in UAS integrierte Sensorkategorien gegeben. Diese sind meist mit einem spezifischen Anwendungsszenario verbunden und reichen von einfachen Sensoren bis hin zu hochkomplexen Messsystemen, die zusätzlich spezielles Know-how hinsichtlich Bedienung notwendig machen. Weitere wichtige Fragestellungen beim Einsatz von Sensoren sind die Sensorkalibrierung, notwendige Prozessierungsschritte in Zusammenhang mit Auswertung und Visualisierung der erfassten Daten (z. B. im GIS) und auch die Validierung der Sensordaten. Angesichts der zunehmenden Rolle die UAS bei der Datenerfassung für Umweltstudien spielen, bestehen die zentralen Herausforderungen darin, die Datenerfassung zu harmonisieren und standardisierte Anleitungen für die Datenerfassung bereitzustellen sowie Protokolle zu erstellen, die für ein breites Spektrum von Umgebungen und Bedingungen anwendbar sind. In diesem Zusammenhang arbeitet ein Netzwerk von Wissenschaftlern im Rahmen des COST Harmonious-Projekts zusammen (<https://www.costharmonious.eu>), um harmonisierte Kartierungsstrategien zu entwickeln und zu fördern und operative Anleitungen zu verbreiten, um die beste Praxis für eine nachhaltige Datenerfassung und -auswertung zu gewährleisten (Tmusic et al. 2020).

Komplexere Sensorik setzt Fachkenntnisse voraus

3.3.3.3 Kamerasysteme

Kamerasysteme stellen den aktuell am weitesten in UAS integrierten verbreiteten Sensortyp dar. Dabei liegt die Bandbreite bei sehr kostengünstigen, einfachen „Consumerkameras“ bis hin zu sehr teuren Spezialekameras (Hyperspektral- und Thermalkameras). Grundsätzlich wird je nach Anwendung die Aufnahme von perspektivischen Einzelbildern (z. B. für touristische Aufnahmen oder zur visuellen Inspektion von Infrastrukturen), sich überlappende Einzelbilder für photogrammetrische Auswertungen (z. B. für die Generierung von photogrammetrisch abgeleiteten 3D-Punktwolken, Digitalen Oberflächenmodellen und Orthophotos) und die Erfassung und/oder die Übertragung von Echtzeitvideoaufnahmen (z. B. für Filmaufnahmen oder spezielle Überwachungsanwendungen) unterschieden. Sowohl Einzelbilder als auch Videoaufnahmen können hier, je nach Grad der Integration in das UAS, georeferenziert vorliegen. Professionelle UAS mit Autopilotsystemen liefern hier für jedes Bild die innere und äußere Orientierung. Hier ist analog zu einer klassischen Bildflugplanung für die Erstellung eines Flugplans mit einer Flugplanungssoftware die Kenntnis der spezifischen Kameraparameter notwendig.

Die Wahl einer spezifischen Kamera wird vom jeweiligen Anwendungsszenario und der spezifischen Aufgabenstellung bestimmt.

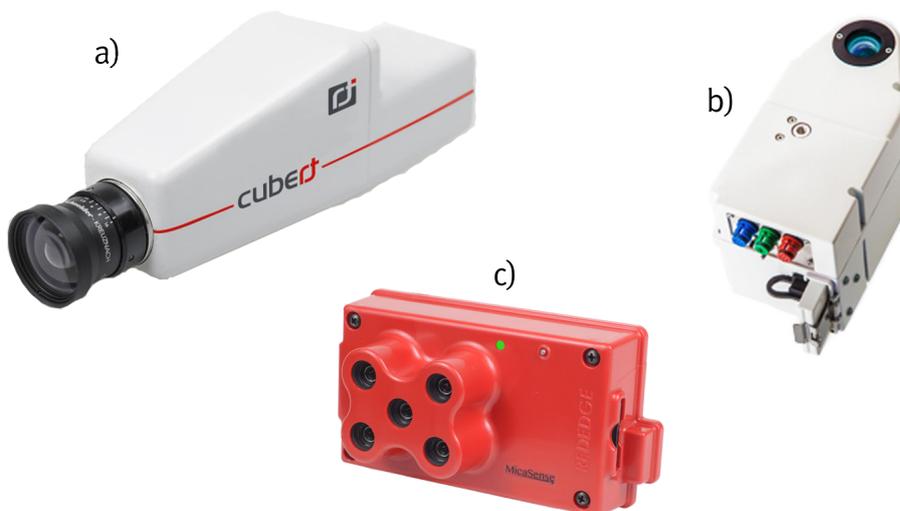
- Für klassische Luftbildaufnahmen und photogrammetrische Anwendungen werden digitale RGB-Kameras von unterschiedlichen Herstellern verwendet. Für vegetationsbezogene Anwendungen spielt die Erfassung des nahen Infrarotbereichs (NIR) des elektromagnetischen Spektrums eine wichtige Rolle. Dafür können modifizierte RGB-Kameras, bei denen der NIR-Filter entfernt wird, verwendet werden.
- Spezielle Multispektralkameras, die neben dem RGB-Spektrum zusätzliche enge, festgelegte Spektralbandbreiten im NIR aufnehmen, d. h., mit einer Aufnahme werden 5 Spektralbereiche gleichzeitig aufgenommen, stellen eine weitere UAS-Sensorinnovation dar.

Die Miniaturisierung hat speziell im Bereich von Hyperspektralkameras massiven Einzug gehalten. Diese Kameras weisen ein Gewicht von unter 1 kg auf und erlauben die gleichzeitige Aufnahme von ganz spezifischen, meist im Bereich von 450 nm – 900 nm frei wählbaren spektral hochauflösenden Einzelkanälen. Die spektrale Auflösung liegt im Bereich von 1 nm und wird im Rahmen der Missionsplanung entsprechend programmiert. Als Ergebnis liefern diese Sensoren georeferenzierte n-dimensionale „Image Data Cubes“, die dann im Rahmen eines aufwendigen Postprocessings für jeden Spektralkanal ein georeferenziertes Bildraster liefern, die dann mit Raster-GIS-Analysen und Methoden der digitalen Bildauswertung weiter bearbeitet werden können (z. B. Berechnung von spezifischen Indizes etc.). Beim Einsatz von Multi- und Hyperspektralkameras kommt der radiometrischen Kalibrierung eine wesentliche Bedeutung zu. Nachfolgende Abbildung zeigt exemplarisch multi- und hyperspektrale Kamerasysteme, die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über den Unterschied zwischen RGB, Multi- und Hyperspektralkameras.

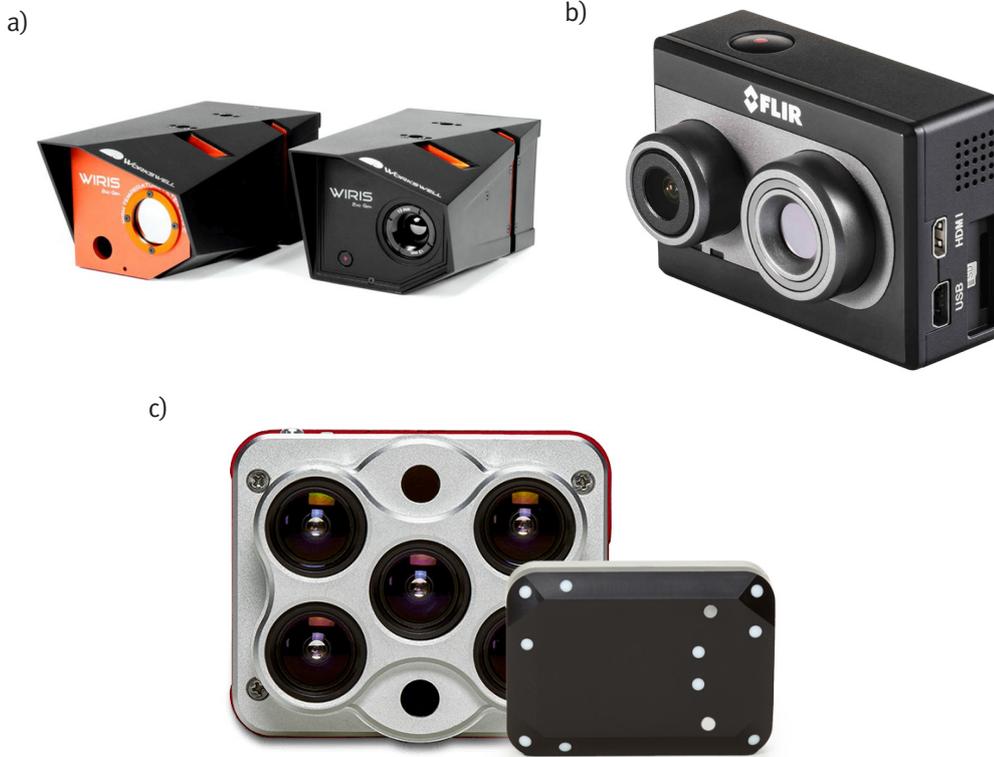
Miniaturisierung von Hyperspektralkameras ermöglicht Einsatz auf UAS

		RGB/CIR	Spectral	
		Uncharacterized bands	Multispectral (MS) Several characterized bands	Hyperspectral (HS) Many characterized, continuous bands
Image-frame	Bands or band packaged (sequentially) captured as two dimensional image frames		mini-MCA, MicaSense RedEdge	Rikola hyperspectral camera
Snapshot	All bands simultaneously captured as two dimensional image frames covering the same area	(Modified) RGB cameras	Characterized (modified) RGB cameras	UHD, SM5X5

Übersicht über die verschiedenen Kategorien von spektralen Kamerasystemen (Aasen et al. 2015)



Thermalkameras werden für unterschiedliche Anwendungen im Bereich der Landwirtschaft über Personenerkennung bis hin zu speziellen Inspektionsanwendungen von Industrieanlagen und Versorgungsinfrastruktur (z. B. Stromtrassen) eingesetzt. Neueste Entwicklungen umfassen hier die Integration und gleichzeitige Aufnahme von Multispektraldaten und Thermalinformation mit einem Sensor.



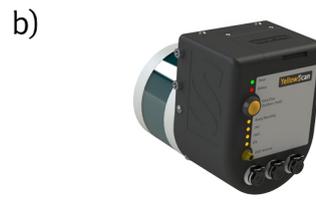
Ausgewählte Thermalkamerasysteme a) WIRIS, b) FLIR, c) Integriertes Multispektral-Thermalkamerasystem (Micasense Altum mit DLS-Lichtsensor)

3.3.3.4 Laserscanner

Die rasante Entwicklung der Miniaturisierung hat mittlerweile auch die Hersteller von Laserscanning-Systemen (LiDAR: Light Detection and Ranging) erfasst. So stehen aktuell Laserscansysteme im kg-Bereich für die UAS-Integration zur Verfügung. Wichtige Impulse gehen von Anwendungen im Bereich „Autonomes Fahren“ aus, wo immer kostengünstigere LiDAR-Sensoren für die berührungslose Abstandsmessung für den Massenmarkt entwickelt werden. Diese neue Sensorgeneration verwendet ein innovatives optoelektronisches Systemdesign mit rotationsfreien photoelektrischen Komponenten, das im Vergleich zu alternativen mechanischen LiDAR-Einheiten signifikant geringere Produktionskosten aufweist. Weiterhin kommt ein nicht-repetitives horizontales Abtastmuster zum Einsatz, das sich erheblich von den repetitiven linearen Abtastmustern herkömmlicher LiDAR-Sensoren unterscheidet. Die Bereiche, die innerhalb des „Field of Views“ (FOVs) dieser Sensoren abgetastet werden, wachsen mit zunehmender Integrationszeit, wodurch die Wahrscheinlichkeit steigt, dass Objekte und andere Details innerhalb des FOVs erkannt werden.

Nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über ausgewählte UAS-taugliche LiDAR-Systeme.

Innovationen aus der Automobilbranche ermöglichen kostengünstige Integration von LiDAR-Systemen



Ausgewählte UAS-LiDAR-Systeme: a) Riegl miniVUX-1UAV, b) YellowScan, c) Velodyne LiDAR Puck, d) Routescene LidarPod, e) LIVOX Optoelektrisches System mit rotationsfreien photoelektrischen Komponenten

Weiterführende Links

- Riegl: <http://www.riegl.com/products/unmanned-scanning>
- YellowScan: <https://www.yellowscan-lidar.com>
- Velodyne LiDAR: <https://velodynelidar.com/products>
- Routescene: <https://www.routescene.com/the-3d-mapping-solution/uav-lidar-system>
- LIVOX: <https://www.livoxtech.com/showcase/1>

3.3.4 UAS-Datenerfassungsworkflow

Ein typischer UAS-basierter Datenworkflow setzt sich aus vier Phasen zusammen.

1. UAS-Flugmissionsplanung

In dieser ersten Phase werden alle notwendigen Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Durchführung der Mission geprüft und ein Flugplan erstellt. Die Kriterien dafür umfassen (a) Zielsetzung der Mission als Grundlage für die Auswahl der UAS-Plattform und der notwendigen Sensoren inklusive der benötigten Auflösung und Genauigkeiten; (b) Evaluierung des zu befliegenden Gebiets hinsichtlich der notwendigen rechtlichen Genehmigungen, Wettersituation, Zufahrtsmöglichkeiten, Bebauung, Hindernisse, räumliche Ausdehnung, Geländecharakteristika/Topographie, mögliche Start- und Landeplätze; Verteilung von Passpunkten (Ground Control Points (GCP)); (c) Erstellung eines Flugplans. Dafür wird eine meist vom UAS-Hersteller empfohlene oder ins Gesamtsystem integrierte Flugplanungssoftware verwendet, die als Ergebnis einen auf GNSS-Waypoint-Koordinaten basierten Flugplan liefert. Dieser ist abhängig von der räumlichen Ausdehnung, der spezifischen Flugdauer des UAS, der benötigten Auflösung sowie der notwendigen Überlappung zwischen den einzelnen Flugstreifen. Als räumliche Planungsgrundlage für die Flugplanerstellung werden meist verschiedene über WMS-Dienste eingebundene Basemaps (z. B. staatliche Orthophotodienste, Google, BING etc.) verwendet. Hier ist besonders auf die Aktualität der Grundlagendaten zu achten, eine Vor-Ort-Begehung speziell bei Gebieten, wo keine lokale Expertise vorliegt, ist in jedem Fall zur Vermeidung von unliebsamen Überraschungen im Sinne eines „Field Checks“ ratsam. Dafür sind jedoch zusätzliche Zeit- und Personalressourcen zu berücksichtigen. (d) Technischer UAS-Check: Dabei sind vor der eigentlichen Mission im Gelände alle technischen Geräte auf Funktionstüchtigkeit zu prüfen. Das beinhaltet zum Beispiel die Ladung aller notwendigen Batterien (UAS, Sensor, GNSS, etc.) oder den Check von Speicherkarten zur Datenaufzeichnung.

Die Missionsplanung ist die Basis eines erfolgreichen UAS-Einsatzes

2. UAS-Flugmission

In der 2. Phase wird dann die Flugmission durchgeführt. Wichtig ist hier die Mitführung der gültigen Betriebsbewilligung/Aufstiegsgenehmigung. Je nach Art der Mission ist für die sichere Durchführung neben dem Piloten/der Pilotin eine weitere Person als BeobachterIn der Lagesituation oft sehr hilfreich. Für den strukturierten Ablauf und Durchführung einer UAS-Mission hat sich ein Vorgehen nach Checkliste sehr bewährt. Diese Checklisten werden entweder vom UAS-Hersteller bereitgestellt oder sollten je nach Workflow und Missionsart individuell im Vorfeld entwickelt werden. Je nach Witterungssituation oder durch geänderte Verhältnisse im Einsatzgebiet können Adaptierungen von Start- und Landeplatz bzw. vom Flugplan selbst notwendig werden. Je nach Flugplanungssoftware kann hier eine im Gelände funktionierende Internetverbindung notwendig sein. Werden Passpunkte aufgenommen, so müssen diese entweder vor der Mission in Form von Passpunktmarken ausgelegt werden oder entsprechend eindeutig im Luftbild zu identifizierende markante Geländepunkte eingemessen werden. Weiterhin ist es sehr ratsam, bereits im Gelände während oder im Anschluss an die Mission eine erste zumindest qualitative Validierung der erfassten Daten durchzuführen (z. B. sind alle Fotos und Logfiles vorhanden?).

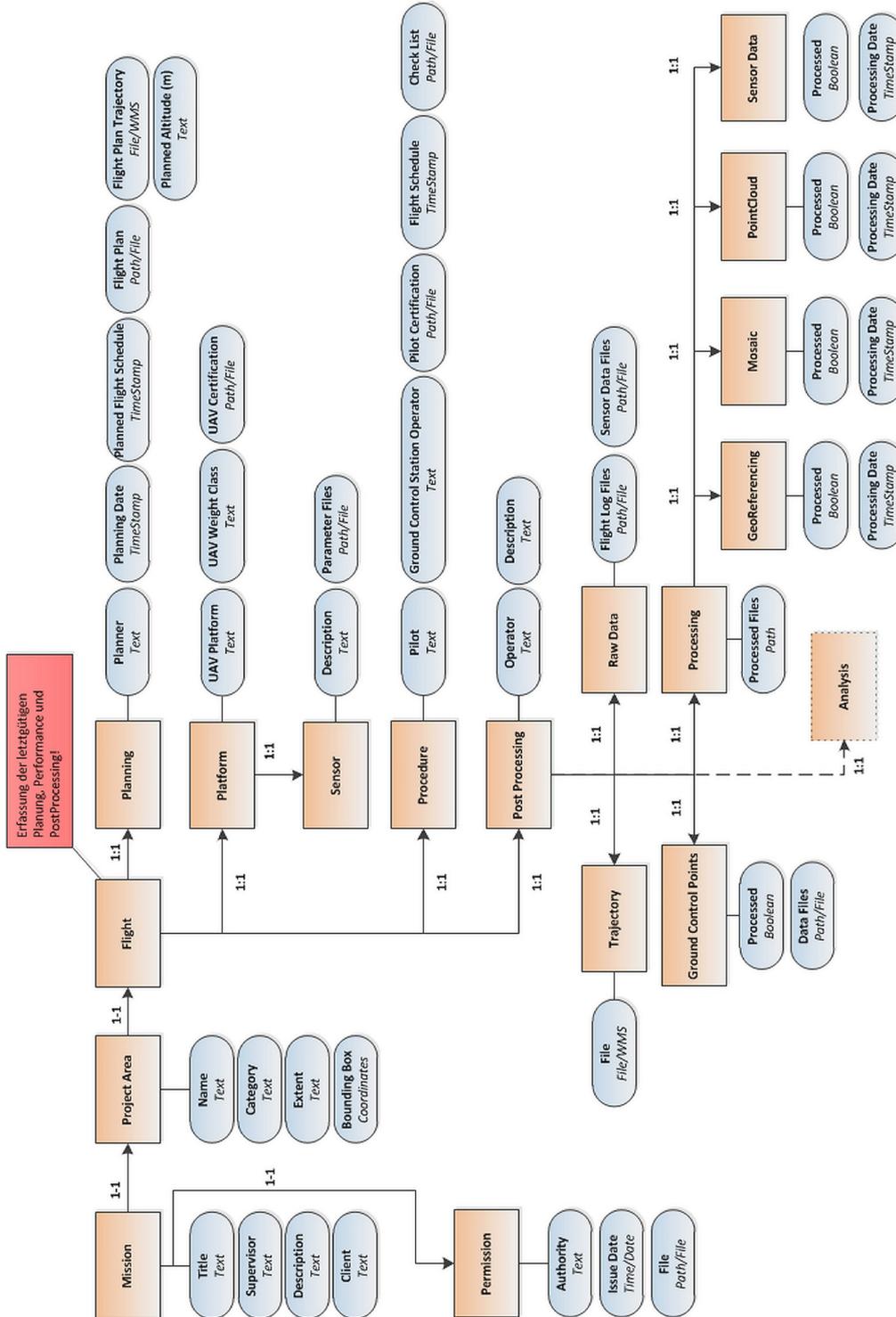
3. UAS-Datenprozessing

Die Datenprozessierung gliedert sich wieder in 2 Phasen. In einem ersten Schritt werden die während der Flugmission erfassten Rohdaten vorprozessiert. Je nach verwendetem UAS kann das die Generierung eines DGPS korrigierten Logfiles der UAS-Trajektorie im Zuge eines Postprocessings durch Verwendung von Korrekturdiensten und die damit verbundene Verbesserung der Genauigkeit der räumlichen Lage der Kameratriggerpunkte beinhalten. Die fertig vorprozessierten Daten sind nun bereit für die weitere Datenauswertung. Welche spezifischen Datenauswertungsverfahren angewendet werden, hängt wieder sehr stark von der Art der verwendeten Sensoren und erfassten Daten ab.

Im nächsten Kapitel wird exemplarisch auf die photogrammetrische Generierung von multidimensionalen Punktwolken und Modellen, Digitalen Oberflächenmodellen und Orthophotos eingegangen.

4. Metadatendokumentation

Die Metadatenerfassung stellt die letzte Phase und einen sehr wichtigen Teil einer vollständigen UAS-Dokumentation vor. Ziel ist es, alle im Zusammenhang mit einer UAS-Mission relevanten Informationen in strukturierter Form zu dokumentieren. Das sollte grundsätzlich alle Phasen einer UAS-Mission umfassen, um im Falle von auftretenden Schwierigkeiten und Problemen auf alle relevante Daten schnell Zugriff zu haben.



Konzeptionelles Modell einer Metadatenstruktur zur Dokumentation von UAS-Systemen (Paulus et al. 2014)

Aus rechtlicher Sicht kann das Führen eines Missionslogbuchs verpflichtend vorgeschrieben sein, in dem Basisinformationen, wie Ziel und Ort der Mission, Anzahl der Aufstiege, Start- und Landezeiten, verantwortliche Personen (Missionsverantwortliche Person, PilotInnen etc.), dokumentiert werden müssen. Dieses Betriebshandbuch ist auch wichtig für die Erfassung der gesamten Betriebsstunden, die für die fristgerechte Durchführung der vom Hersteller vorgeschriebenen Wartungszyklen notwendig sind. Ein zentraler Punkt ist auch die strukturierte Ablage aller im Zusammenhang mit der Mission stehenden Daten angefangen vom Flugplan, den verwendeten Sensoren, den Logfiles, den Rohdaten und den finalen Ergebnissen der Datenauswertung. Ein Vorschlag und ein konzeptionelles Modell einer Metadatenstruktur für die Dokumentation von UAS-Missionen ist bei Paulus et al. (2014) zu finden (siehe vorangegangene Abbildung).

3.3.5 Photogrammetrische Generierung von 3D-Punktwolken, Digitalen Oberflächenmodellen und Orthophotos

Bereits 2012 wurde im Rahmen eines Staff Working Documents (SWD 2012) der Europäischen Kommission zur Vorbereitung einer europäischen Roadmap zur Integration von zivilen UAS in das europäische Luftfahrtsystem (EC-RPAS 2013) auf das riesige Potenzial von UAS-basierten Dienstleistungen im Sinne von „... creating new markets of aerial services, in the same way that the iPad created an entirely new and unpredicted market for mobile data services“ (SWD 2012). Wir erleben heute durch die Kombination und den skalierten Einsatz von vergleichsweise kostengünstigen UAS, Sensoren, leistungsfähiger Software und Hardware völlig neue Möglichkeiten für eine flexible, schnelle und hochauflösende Geodatenerfassung und Generierung von hochqualitativen lokalen Informationsprodukten, die in dieser Fülle und Qualität vor einigen Jahren noch undenkbar war. Wir sehen in diesem Zusammenhang eine Dezentralisierung und im weitesten Sinne auch eine „Demokratisierung“ in der Verfügbarkeit von speziell kleinräumigen und lokalen aktuellen, hochauflösenden Geodaten wie zum Beispiel Orthophotos, die völlig neue Ansätze für die Nachführung von Geodaten und die Integration von UAS-generierten Content in Geodateninfrastrukturen bieten.

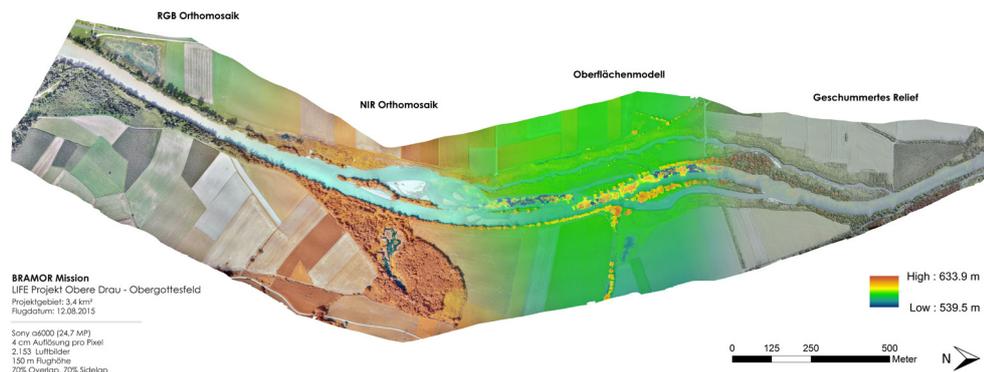
Eingliederung von UAS-basierten Dienstleistungen in das europäische Luftfahrtsystem

Als ein exemplarisches Beispiel sei hier Structure from Motion (SfM) als eine „Renaissance der Photogrammetrie“ bedingt durch die neuen UAS-Technologien näher beschreiben.

Structure from Motion (SfM) ist eine digitale topographische Erfassungsmethode, die sich aus neuen Ansätzen der Computer Vision und der traditionellen Photogrammetrie entwickelt hat. Mit SfM besteht die Möglichkeit, vergleichsweise einfach und kostengünstig qualitativ hochwertige, sehr dichte 3D-Punktwolken als Grundlage für die Generierung von 3D-Modellen, digitalen Oberflächenmodellen und Orthophotos zu erfassen. Die Attraktivität von SfM ist weiterhin in der nun ebenso kostengünstigen Verfügbarkeit von Hardware und Software, der im Vergleich zu anderen digitalen Methoden schnellen Datenerfassung sowie der Anwendbarkeit über viele Maßstabsbereiche hinweg begründet. In der einfachsten Anwendungsform von SfM ist eine digitale Standard-Consumerkamera und ein Desktop-PC mit frei verfügbarer Open-Source-Software ausreichend, um lokale 3D-Repräsentationen einfach und schnell zu erzeugen. Wie bei jeder kamerabasierten Datenerfassung spielen Umgebungsparameter, wie Lichtverhältnisse und Witterungsbedingungen, eine große Rolle. Diese Parameter liegen nicht im Einflussbereich der Datenerfassung und werfen grundsätzliche Fragen nach der Datenreproduzierbarkeit auf (Carrivick et al. 2016, Fonstad et al. 2013).

Unter „Structure from Motion“ ist grundsätzlich nicht eine einzige Methode, sondern ein ganzer Workflow, in dem unterschiedliche Algorithmen zum Einsatz kommen, zu verstehen. Dabei bezieht sich SfM auf einen Arbeitsschritt im Gesamtworkflow, daher schlagen Carrivick et al. (2016) die Bezeichnung „SfM-MVS“ (Structure from Motion – Multi View Stereo) vor, um den ganzheitlichen Ansatz dieses Workflows hervorzuheben. Weiterführend sei hier auf die ausgezeichnete methodische Übersicht über SfM mit vielen praktischen Anwendungsbeispielen im Lehrbuch „Structure from Motion in the Geosciences“ (Carrivick et al. 2016) verwiesen. Nachfolgende Abbildung zeigt beispielhaft

2 typische SfM-Datenauswertungen, die im Zuge eines Gewässermonitoringprojekts für ein EU-LIFE-Gebiet an der Drau sowie im Rahmen einer Infrastrukturinspektion für eine komplexe Stützmauer im Liesertal in Kärnten durchgeführt wurden.



Typische SfM-basierte Auswertungen von UAS-RGB-Bilddaten. Hochauflösendes Fließgewässermonitoring EU LIFE-Projekt Obere Drau, Obergottesfeld, Kärnten.



Typische SfM-basierte Auswertungen von UAS-RGB-Bilddaten. Infrastrukturinspektion einer komplexen Stützmauer im Liesertal, Kärnten (Paulus et al. 2017).

Mittlerweile ist eine breite Palette von SfM-Software verfügbar. Diese kann grundsätzlich in folgende drei Kategorien eingeteilt werden, für die es sowohl kommerziell entwickelte als auch Open-Source-basierte Lösungen gibt:

- Stand-alone-Softwarepakete, die den gesamten SfM-Workflow unterstützen.
- Individuelle verfügbare Algorithmen der einzelnen Arbeitsschritte. Das betrifft in erster Linie Open-Source-Produkte.
- Webbasierte Lösungen, wo die Einzelbilder in einer cloudbasierten Architektur serverseitig prozessiert werden, und die fertigen Ergebnisse zum Download bereitgestellt werden.

Exemplarische Auswahl von kommerziell entwickelten populären SfM-Lösungen

- MetaShape (Agisoft): <https://www.agisoft.com>
- Pix4D: <https://www.pix4d.com>
- Menci: <https://www.menci.com/en/photogrammetry-software.html>
- Drone2Map (ESRI): <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-drone2map/overview>
- Photomesh (Skyline): <https://www.skylinesoft.com/photomesh>
- ContextCapture (Bentley): <https://www.bentley.com/en/products/brands/contextcapture>
- CapturingReality (RealityCapture): <https://www.capturingreality.com>
- SURE (nFrames): <https://www.nframes.com>

Exemplarische Auswahl mittels Open Source entwickelter populärer SfM-Lösungen

- MESHROOM (ALICEVISION Framework): <https://alicevision.org/#meshroom>
- VisualSfM: www.cwu.me/vsfm
- MicMac: <http://micmac.ensg.eu/index.php/accueil>

3.3.6 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die rechtlichen Rahmenbedingungen stellen aufgrund der sich rasant entwickelnden Technologien eine große Herausforderung für den zivilen Einsatz und den kommerziell erfolgreichen Betrieb von UAS dar. Die gute Nachricht ist, dass es seit ca. vier Jahren in der EU sowie in den USA von politischer Seite her ein klares positives Bekenntnis und den gesetzlichen Auftrag an die nationalen Luftfahrtagenturen zur Integration von UAS in den jeweiligen nationalen Luftraum gibt. In der Europäischen Union existiert seit 2013 eine Roadmap zur Integration von zivilen UAS in das europäische Luftfahrtsystem. In vielen Ländern weltweit gibt es bereits entsprechende Regularien bzw. werden diese gerade ent- und/oder weiterentwickelt. Die rechtlichen Rahmenbedingungen umfassen drei Punkte, die leider in unterschiedlichen gesetzlichen Richtlinien definiert sind: (1) alle Fragen zum technisch sicheren Betrieb eines UAS innerhalb des nationalen Luftraums (dazu sind auch PilotInnenqualifikation, Schutz von kritischen Infrastrukturen und Versicherungsfragen (verpflichtende Haftpflichtversicherung) zu zählen); (2) die Nutzung der mittels UAS generierten Daten – zentrales Stichwort ist hier die Gewährleistung des Schutzes der Privatsphäre und (3) der Schutz der Umwelt. Aus technischer und luftfahrtrechtlicher Sicht sind die bestimmenden Kriterien für die Ausstellung einer UAS-Betriebsbewilligung generell der Einsatzzweck („Einsatz dient nicht zum Zweck des Flugs selbst im Sinne einer Nicht-Freizeit- und Hobbybeschäftigung“), das Höchstabfluggewicht (darin sind auch die verwendeten Sensoren berücksichtigt) sowie die Besiedelungsdichte des geplanten Einsatzgebiets.

Grundsätzlich kann festgestellt werden: Je schwerer das UAS und je dichter besiedelt das geplante Einsatzgebiet ist, umso höher sind sowohl die technischen Anforderungen an das UAS (z. B. Redundanz) als auch an die Qualifikation der PilotInnen. Bisher war der UAS-Betrieb fast ausschließlich im Sichtflugbereich (Visual Line of Sight – VLOS) bis zu Flughöhen im Bereich von 150 m rechtlich möglich. Dabei muss der/die PilotIn ohne technische Hilfsmittel in ständigem direkten Sichtkontakt mit dem UAS stehen. Je nach Größe des UAS ergibt sich daraus ein ungefährender Radius von 1 km um den Start/Landepunkt als grober Richtwert für das Gebiet, das mit einem UAS-Flug ohne Zwischenlandung im rechtlichen Sinne korrekt befliegen werden darf. Weitere Szenarien, die nur vereinzelt national erlaubt bzw. im Erprobungsstadium waren, ist ein erweiterter Sichtflugbetrieb (Extended Visual Line of Sight – EVLOS) und der autonome Einsatz über den Sichtflugbetrieb hinaus (Beyond Line of Sight – BLOS). Speziell ein möglicher BLOS-Betrieb ist aus kommerzieller Sicht sehr interessant, bedeutet jedoch hohe technische UAS-Systemanforderungen (z. B. selbstständige Hinderniserkennung und Einleitung von Ausweichmanövern, i. e. „Detect & Avoid“) und die zukünftige Einrichtung eines Air Traffic Management Systems für UAS (U-Space). Das betrifft die vieldiskutierten Logistikzenarien von Pizzazustellungen über Paketauslieferung bis hin zu Hilfsgüterversorgung und Personentransport („Lufttaxis“), aber auch die Geodatenerfassung von Gebieten, die größer als 1 km² sind (z. B. Infrastrukturinspektion von Versorgungsleitungen).

Bisher unterlagen in der EU in rechtlicher Hinsicht alle UAS mit einem Höchstabfluggewicht von kleiner als 150 kg bewilligungstechnisch den nationalen Luftfahrtbehörden, bei einem Höchstabfluggewicht von 150 kg und höher ist die europäische Agentur für Flugsicherheit EASA (European Aviation Safety Agency) zuständig. Weiterführende Informationen zu den jeweils gültigen nationalen Regelungen sind für Deutschland, Österreich und die Schweiz in den weiterführenden Links zu finden. Auf Basis der Erfahrungen der letzten Jahre aus regulatorischer Sicht wurden auch die rechtlichen Vorgaben zum

Die Integration von UAS-Systemen wird vonseiten der Politik unterstützt

Gewicht des UAS und das Einsatzgebiet sind ausschlaggebend für die Betriebserlaubnis

Betrieb von UAS mit einem Höchstabfluggewicht von kleiner als 150 kg europaweit einheitlich gestaltet und entsprechend harmonisiert.

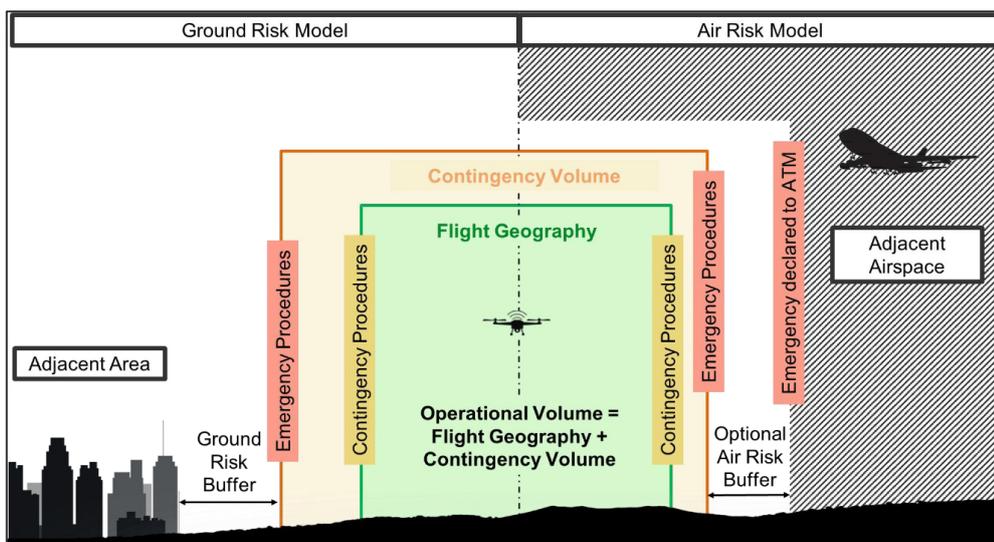
Im Juli 2019 wurden die neuen einheitlichen EU-Drohnenregularien durch das EU Parlament verabschiedet. Seit Beginn des Jahres 2021 gelten die EU-weiten Regelungen für den Betrieb unbemannter Fluggeräte. Ziel dieser Reform ist die Schaffung eines wirklich harmonisierten Drohnenmarkts in Europa mit einem Höchstmaß an Sicherheit. In der Praxis bedeutet dies, dass ein Drohnenpilot, sobald er von seinem Registrierungsstaat eine Genehmigung erhalten hat, sich in der Europäischen Union frei bewegen darf.

Während der europäische Rechtsrahmen in erster Linie darauf abzielt, den sicheren Betrieb von Drohnen zu gewährleisten, erleichtert dieses harmonisierte Gesetz auch die Durchsetzung der Datenschutzrechte der Bürger und trägt dazu bei, Sicherheitsfragen und Umweltbedenken zum Nutzen der EU-Bürger zu adressieren. Darüber hinaus wird die Grundlage für die Einführung eines Verkehrsmanagementsystems für Drohnen, der „U-Space“, geschaffen, um die sichere Durchführung von Drohnenoperationen im unteren Luftraum, auch jenseits des Drohnensichtbereichs oder in stark frequentierten Gebieten, zu regeln und damit zu ermöglichen. Der zukünftige „U-Space“ umfasst eine Reihe neuer Dienste, die sich auf ein hohes Maß an Digitalisierung und Automatisierung von Funktionen und spezifischen Verfahren stützen, die den sicheren, effizienten und geschützten Zugang zum Luftraum für eine große Anzahl von Drohnen unterstützen sollen. Als solcher ist der „U-Space“ ein Rahmen, der jede Art von Routineeinsatz in allen Luftraumklassen und allen Arten von Umgebungen – selbst in den am stärksten überlasteten – erleichtert und gleichzeitig eine geeignete Schnittstelle zur bemannten Luftfahrt und zur Flugsicherung darstellt (<https://www.sesarju.eu/U-space>).

Die Einrichtung eines „U-Space“ soll den Einsatz von Drohnen erleichtern

Der europäische Regelungsrahmen beruht auf den folgenden Grundsätzen:

(1) Risikobasierter Ansatz: Der neue Rahmen umfasst drei Kategorien von Operationen (offen, spezifisch und zertifiziert), je nach dem Grad der damit verbundenen Risiken. Für jede Kategorie ist ein anderer Regulierungsansatz gewählt. Operationen mit geringem Risiko („offene“ Kategorie – „Open Category“) werden keine Genehmigung erfordern, sondern strengen operationellen Beschränkungen unterliegen. Für den Betrieb mit mittlerem Risiko müssen die Betreiber eine Genehmigung der nationalen Luftfahrtbehörde auf der Grundlage einer standardisierten Risikobewertung („SORA – Specific Operational Risk Assessment“ oder eines spezifischen Standardszenarios („spezifische“ Kategorie – „Specific Category“) einholen.



Grafische Darstellung des semantischen Modells einer SORA-basierten Risikobewertung von Drohnenmissionen der „Specific Category“ (Bildquelle: http://jarus-rpas.org/sites/jarus-rpas.org/files/jar_doc_6_sora_sts_o2_edition1.o.pdf)

Im Falle eines Betriebs mit hohem Risiko gelten die klassischen Luftfahrtvorschriften („zertifizierte“ Kategorie – „Certified Category“).

(2) Nationale Flexibilität: Um die notwendige Flexibilität zu erreichen, können die Mitgliedstaaten „Zonen“ definieren, um den Zugang zu bestimmten Teilen ihres Luftraums zu beschränken oder im Gegenteil die Bedingungen dort zu lockern. Auf diese Weise wird den nationalen Besonderheiten auf der am besten geeigneten Ebene Rechnung getragen. Registrierung und Genehmigungen werden ebenfalls auf nationaler Ebene auf der Grundlage gemeinsamer Regeln umgesetzt.

Eine umfassende Übersicht über den aktuellen Status der einheitlichen EU-weiten Regelungen im Zusammenhang mit dem Betrieb von UAS liefert die European Union Aviation Safety Agency (EASA): <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas>.

Weiterführende Links

- Deutsche Flugsicherung (DFS): https://www.dfs.de/dfs_homepage/de/Drohnenflug/Regeln/DFS-DrohnenApp/
- Austro Control (Österreich): <https://www.austrocontrol.at/drohnen>; <https://www.dronespace.at/>
- Bundesamt für Zivilluftfahrt (Schweiz): <https://www.bazl.admin.ch/bazl/de/home/gutzuwissen/drohnen-und-flugmodelle/allgemeine-fragen-zu-drohnen.html>
- Übersicht Nationale Luftfahrtbehörden in Europa: <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones/naa>
- DRONERULES – Übersicht nationale Regularien: <https://dronerules.eu/en/>
- EASA – Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/AMC%20%26%20GM%20to%20Commission%20Implementing%20Regulation%20%28EU%29%202019-947%20%E2%80%94%20Issue%201.pdf>

3.3.7 Interessenvertretung und weiterführende Informationen

Aufgrund der hohen Dynamik der Entwicklung und des Einsatzes von UAS für die unterschiedlichsten Anwendungsszenarien sowie des inter- und multidisziplinären Ansatzes ist es oft schwierig, den Überblick zu behalten. Hier liefern nationale und internationale Interessenvertretungen eine gute Basis, um entsprechend „am Ball zu bleiben“.

- UAV DACH e. V. – Der Deutschsprachige Verband für Unbemannte Luftfahrt: <http://www.uavdach.org/>
- Austrian Aeronautics Industries (AAI) UAS Working Group: <https://www.aaig.at/uas/>
- Dachverband der Schweizer Drohnenindustrie: <https://www.drohnenverband.ch/>
- Unmanned Vehicle Systems (UVS) International: <https://uvs-international.org/>
- Association for Unmanned Vehicle Systems International (AUVSI): <https://www.auvsi.org/>

Referenzen

- Aasen, H.; Burkart, A.; Bolten, A.; G. Bareth (2015): Generating 3D hyperspectral information with lightweight UAV snapshot cameras for vegetation monitoring: From camera calibration to quality assurance. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 108, 245-259
- Blyenburgh, P. (Ed.) (2016): *RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems): The Global Perspective*. 14th edition, UVS International report
- Carrivick, J. L.; Smith, M. W.; Quincey D. J. (2016): *Structure from Motion in the Geosciences*. Wiley-Blackwell
- EC RPAS Roadmap (2013): Roadmap for the integration of civil Remotely-Piloted Aircraft Systems into the European Aviation System. www.ec.europa.eu/enterprise/sectors/aerospace/files/rpas-roadmap_en (08/2017)
- Fonstad, M. A.; Dietrich, J. T.; Courville, B. C., Jensen, J. L.; Carbonneau, P. E. (2013): Topographic structure from motion: a new development in photogrammetric measurement. *Earth Surf. Process. Landforms*, 38: 421-430. doi:10.1002/esp.3366
- Paulus, G.; Ramsbacher, K.; Anders, K.-H.; Mayr, P.; R. Schneeberger (2017): Design, Implementation, and Assessment of a Drone-based Infrastructure Inspection Process. In: Lienhart, W. (Ed.): *Ingenieurvermessung 2017*, 35-46, Wichmann
- Paulus, G.; Anders, K.-H.; Winkler, T.; Breinbauer A. (2014): RPAS Mission Portal – ein Webportal zur Metadatendokumentation von Remotely Piloted Aircraft Systems Missionen. *Angewandte Geoinformatik* 2014, 29-32. Wichmann. Online verfügbar: https://gispoint.de/fileadmin/user_upload/paper_gis_open/AGIT_2014/537543059
- SWD (2012): “Towards a European strategy for the development of civil applications of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS). COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT 259 final. 4.9.2012, <http://register.consilium.europa.eu/pdf/en/12/st13/st13438.en12> (08/2016)
- Tmusic, G.; Manfreda, S.; Aasen, H.; James, M. R.; Gonçalves, G.; Ben-Dor, E.; Brook, A.; Polinova, M.; Arranz, J. J.; Mészáros, J.; Zhuang, R.; Johansen, K.; Malbeteau, Y.; de Lima, I. P.; Davids, C.; Herban, S.; McCabe, M. F. (2020): Current Practices in UAS-based Environmental Monitoring. *Remote Sens.* 2020, 12, 1001
- Zimmer, B. (2013): The Flight of ‚Drone‘ From Bees to Planes. *The Wall Street Journal*, July 26th 2013

4 IT-Plattformen

Verfasser: Roland Körber, GI Geoinformatik GmbH

Nach einer allgemeinen Übersicht (Vorstellung) zu wichtigen Aspekten von robuster Hardware und den führenden Betriebssystemen mobiler Endgeräte erfolgt eine spezielle Vorstellung der Produkte führender Hersteller für robuste Hardware, die sich ausschließlich auf Herstellerangaben stützt.

Als mögliche IT-Plattformen kommen allgemein alle mobilen, d. h. tragbaren Endgeräte mit einer eigenständigen Stromversorgung in Betracht. Neben Geräten des Consumermarkts (Smartphones, Tablet-PCs, Notebooks) reicht das Spektrum dabei von Handheld-Geräten bis hin zu robusten Tablet-PCs und Notebooks, die speziell für den Außeneinsatz konzipiert sind. Die Anforderungen an die Hardware im Außeneinsatz sind sehr hoch, da sie Umweltbedingungen, wie Kälte, Hitze, Staub, Wasser und Feuchtigkeit, oft über Jahre hinweg standhalten sollen. Eine lange Akkulaufzeit und Sturzsicherheit sollte bei Geräten für den Außendienst ebenfalls berücksichtigt werden. Je nach Anwendungsgebiet haben die Kriterien Positionsgenauigkeit, Robustheit, Display, Schnittstellen und Betriebssystem unterschiedliche Prioritäten. Je spezifischer die Anforderungen an diese Faktoren sind, desto höher ist meist auch der Preis. Daher ist es erforderlich, ein genaues Anforderungsprofil für die Hardware zu erstellen, damit diese die gewünschten Aufgaben ausreichend erfüllen kann und für die Zukunft gewappnet ist.

Welche IT-Plattform ist für mobile GIS-Lösungen die richtige?

Welche Plattform verwendet wird, hängt meist auch mit den Erfordernissen der Softwareanwendung zusammen. So kann beispielsweise auf einem Tablet-PC mit Windows 10 evtl. die gleiche Desktopsoftware wie auf dem Desktop-PC verwendet werden. Eine solche Lösung bietet einen hohen Komfort hinsichtlich des Displays und erspart eine Einarbeitung in eine neue Software. Dagegen sind Handhelds kleiner und leichter und verfügen in der Regel über eine längere Akkulaufzeit.

Handelsübliche Alltagsgeräte aus dem Consumermarkt sind in den meisten Fällen nicht für den täglichen Einsatz unter rauen Umweltbedingungen ausgerichtet. Auf dem Markt für mobile robuste Feldcomputer ist bereits heute eine Vielzahl von Herstellern und Gerätetypen vorzufinden. Angesichts des zunehmenden Bedarfs und des Anspruchs an die Mobilität sind in den letzten Jahren weitere Geräte, vor allem in den Segmenten der Smartphones und Tablet-PCs, hinzugekommen. Bei einer Anschaffung muss je nach Anwendungsbereich und Einsatzgebiet zwischen den unterschiedlichen Hardwarekriterien gewichtet werden. Die grundsätzliche Entscheidung wird vorwiegend zwischen den Kriterien „Rechnerleistung und Größe des Displays“ einerseits und „robuster, kompakter und leichter Bauart mit langer Akkulaufzeit“ andererseits gefällt werden müssen. Darüber hinaus sollte klar sein, ob und mit welcher Genauigkeit eine GNSS-Positionierung erforderlich ist.

Wodurch unterscheiden sich GNSS-Empfänger in ihrer Genauigkeit?

Bei den GNSS-Empfängern gibt es generell zwei unterschiedliche Arten. Den integrierten Empfänger, d. h., dieser ist fest mit dem mobilen Gerät verbunden, und der externe Empfänger, der individuell mit unterschiedlichen Geräten zum Einsatz kommen kann. Die Basistechnologie jedes GNSS-Empfängers, egal ob er 70 oder 30.000 Euro kostet, stellt die Navigationslösung zur Verfügung.

Integrierte und externe GNSS-Empfänger stellen die Navigationslösung zur Verfügung

Das erste wirklich relevante Unterscheidungskriterium stellt die Auflösung des GNSS-Signals dar. Präziser formuliert, welche Anteile des Signals kann der GNSS-Chip auswerten und auf welche Weise geschieht dies. „Einfachere“ Empfänger nutzen ausschließlich den Navigationscode C/A. Alles darüber hinaus (DGPS, Echtzeitkorrektur, Postprocessing, Algorithmen zur Verbesserung der Positionierung etc.) erfordert dementsprechend hochwertigere Hard- und Software.

Je nach Aufbau und Leistungsfähigkeit der GNSS-Sensorik wird diese üblicherweise in drei Anwendergruppen bzw. -bereiche unterteilt: Freizeit- und Sport (Meter-Lösung), geographische Anwendungen (Dezimeter-Lösung) und die geodätischen Anwendungen (Zentimeter-Lösung), wobei in der Praxis die Grenzen zwischen den einzelnen Bereichen fließend sind.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass mit steigender Genauigkeit auch der Preis der Hardware steigt. Denn man benötigt neben einer leistungsstärkeren Antenne auch einen besseren Empfänger. Wird ein Real-Time-Kinematic-(RTK-)Dienst für die Echtzeitkorrektur der Daten verwendet, fallen in der Regel weitere Kosten durch Modem und Mobilfunkvertrag sowie laufende Kosten des RTK-Diensts an. Wählt man die Postprocessing-Option, sind zusätzliche Kosten für die Korrektursoftware einzuplanen.

Hohe Genauigkeit geht mit höheren Preisen einher

4.1 Bauartnormen

Die Robustheit von Geräten, das heißt die Widerstandsfähigkeit gegenüber äußeren Einflüssen, wird mittels Bauartnormen und Prüfstandards angegeben. Im Folgenden werden die für diesen Leitfaden relevanten Klassifizierungen vorgestellt und ein Überblick über die beiden häufigsten Prüfstandards gegeben.

Bei den Angaben zur Robustheit von Geräten wird in der Regel zwischen zwei Standards unterschieden:

- Ingress Protection (IP)
- ML-STD-810G

Der IP-Code wurde von der International Electrotechnical Commission (IEC) eingeführt, um den Schutzgrad von elektronischer Ausrüstung einheitlich klassifizieren und vergleichen zu können.

Die IP-Nummer ist in zwei Ziffern unterteilt. Die erste Ziffer gibt den Schutzgrad vor Fremdkörpern an. Die zweite Ziffer sagt aus, welcher Schutzgrad vor eindringendem Wasser besteht.

	Schutz gegen Fremdkörper		Schutz gegen Wasser
Erste Ziffer	Bedeutung	Zweite Ziffer	Bedeutung
0	Kein Schutz	0	Kein Schutz
1	Schutz vor festen Fremdkörpern, die größer als 50 mm sind	1	Schutz vor senkrecht fallendem Wasser
2	Schutz vor festen Fremdkörpern, die größer als 12,5 mm sind	2	Schutz vor schräg (bis 15°) fallendem Sprühwasser
3	Schutz vor festen Fremdkörpern, die größer als 2,5 mm sind	3	Schutz vor schräg (bis 60°) fallendem Sprühwasser

4	Schutz vor feste Fremdkörper, die größer als 1 mm sind	4	Schutz vor allseitigem Sprühwasser
5	Geschützt gegen Staub in schädigender Menge	5	Schutz vor Strahlwasser mit geringem Druck
6	Staubdicht	6	Schutz vor Strahlwasser mit hohem Druck
		7	Wasserdicht bis zu 1 m
		8	Wasserdicht über 1 m hinaus

IP-Kennziffern nach DIN EN 60529; genauere Erläuterungen finden sich in der Norm

Der MIL-STD-810G ist die aktuelle, seit 2008 bestehende technische Norm des US-Militärs zur Spezifikation der Verträglichkeit von Geräten gegenüber Umweltbedingungen wie Temperatur, Vibrationen oder Stürzen. Zu beachten ist, dass die Norm dem Hersteller nicht vorschreibt, alle definierten Tests durchzuführen. Daher ist es entscheidend, welchen Methoden die Hardware ausgesetzt wurde und wie die Prüfung bewertet wurde. In vielen Fällen wird dies in Produktblättern nicht konkretisiert.

Prüfmethode ausschlaggebend für angegebene Verträglichkeit von Geräten

Jede Prüfmethode hat eine eigene dreistellige Nummer (> 500). Nach der dreistelligen Nummer folgt ein durch einen Punkt von der Methode abgetrenntes Suffix, das die Methode nochmals nach verschiedenen Prüfbedingungen unterteilt. Beispiele für eine Auswahl von Tests aus der MIL-STD-Liste, die für den Einsatzbereich „mobiles GIS“ von Bedeutung sein können:

Nr.	Titel (eng)	Titel (deu)
500	Low Pressure (Altitude)	Niedriger Druck (Höhe)
501	High Temperature	Hohe Temperatur
502	Low Temperature	Tiefe Temperatur
503	Temperature Shock	Temperaturschock
504	Contamination by Fluids	Eindringen von Flüssigkeiten
505	Solar Radiation (Sunshine)	Sonneneinstrahlung
506	Rain	Regen
507	Humidity	Feuchtigkeit
510	Sand and Dust	Sand und Staub
514	Vibration	Erschütterung
516	Shock	Aufprall/ Sturz

<http://www.atec.army.mil/publications/Mil-Std-810G/Mil-Std-810G.pdf> (09/2013)

Literatur

- National Instruments Germany (Hrsg.) (2013): Schutzgrade (IP, Ingress Protection), <http://www.ni.com/white-paper/8473/de/> (10/2013)
- What is rugged – Handheldgroup.com

4.2 Displaytechnologien

Neben der Größe eines Displays kann die dahinterstehende Technologie ebenfalls eine Entscheidungsgrundlage für ein Gerät sein. Da der Touchscreen inzwischen als Standard in der mobilen Datenerfassung gilt, stellt sich lediglich die Frage, ob die Technik resistiv oder kapazitiv sein soll. Induktive Touchscreen-Varianten aus der Grafikabteilung werden im Bereich der mobilen Datenerfassung (noch) nicht benötigt.

Verschiedene Bildschirmtechnologien mit Vor- und Nachteilen

Ein Vorteil der resistiven Touchscreen-Technologie besteht darin, dass diese auch mit Handschuhen bedient werden können und jeder beliebige Stift als punktgenaues Eingabewerkzeug verwendet werden kann. Dieser Vorteil kann durchaus auch ein Nachteil sein, da jeder Kontakt beliebiger Gegenstände mit dem Display registriert wird. Klassische Zoom- und Drehgesten, wie sie aus der privaten Smartphone-Nutzung bekannt sind, können hier nicht oder nur sehr eingeschränkt umgesetzt werden.

Sogenannte Multi-Touch-Gesten, mit denen beispielsweise Elemente gedreht oder skaliert werden können, sind hingegen auf kapazitiven Touchscreens bestens realisierbar. Der menschliche Finger ist dabei das primäre Eingabewerkzeug. Neben der Steuerung per Finger können auch leitfähige Eingabestifte benutzt werden. Dabei ist zu beachten, dass diese Eingabestifte auf das jeweilige Modell abgestimmt sein müssen. Nicht jeder Stift kann mit jedem beliebigen Display verwendet werden. Da äußere Einflüsse wie Staub und Regen die Bedienbarkeit kapazitiver Touchscreens erschweren, haben einige Hersteller ihre Display-Technologie erweitert und bieten beispielsweise einen Regen-Modus und ähnliches an.

Neben der Bedienbarkeit stellt die Lesbarkeit des Displays, insbesondere bei Tageslicht, ein entscheidendes Kriterium dar. Die Helligkeit wird in Candela pro Quadratmeter (cd/m^2) angegeben. Werte von $250 \text{ cd}/\text{m}^2$ gelten als ausreichend für eine noch erkennbare Darstellung bei direkter Sonneneinstrahlung.

Die Lesbarkeit ist zudem abhängig von der Auflösung des Displays. Neuere Geräte haben mittlerweile eine sehr hohe Auflösung, sodass auch Details, z. B. auf Karten, dargestellt und problemlos abgelesen werden können. Je größer das Display, umso höher sollte die Auflösung sein, welche allerdings auch wieder mehr Rechenleistung benötigt.

Literatur

- Rothberger J. (2013): Displays: LCD, TFT, DSTN, OLED, E-Paper. http://www.rothberger.net/pages/faq/lcd_displays.shtml (07/2020)

4.3 Betriebssysteme

Im Folgenden wird auf die gängigsten Betriebssysteme im Allgemeinen eingegangen.

Aufgrund der starken Verbreitung von Smartphones und Tablet-PCs im privaten Bereich drängen Betriebssysteme wie iOS von Apple und Android von Google in den Markt der robusten Handhelds. Leistungsstärkere robuste Tablet-PCs verwenden meist WIN10 oder Android.

Das Windows-Desktop-Betriebssystem ist das Bekannteste und in seiner aktuellen Version 11 auch auf die Bedienung eines Touchscreens ausgerichtet. Es ist zwar das ressourcenhungrigste, aber auch leistungsfähigste System, das es erlaubt, auch für Desktoprechner entwickelte Software mit ins Feld zu nehmen. Darüber hinaus kann für den Anwender die aufwendige Schulungs- und Eingewöhnungsphase für eine weitere Software wegfallen.

Das Android-Betriebssystem ist nach wie vor der Marktführer unter den Smartphones und Tablets und bietet eine Vielzahl von Funktionen. Android ist auf die formflache Hardware optimiert, was die Verwendung kleinerer und leichter Gehäuse ermöglicht. Einige Hersteller bieten Handhelds mit integrierten, hochgenauen GNSS-Empfängern auf Basis von

Android an. Alternativ kann die Positionsgenauigkeit auch durch die Anbindung eines externen Empfängers verbessert werden.

Das iOS-Betriebssystem belegt bei den Marktanteilen den zweiten Platz und bietet einen ähnlichen Funktionsumfang wie Android. Im Gegensatz zu Android wurde es von Apple entwickelt und wird nur mit den eigenen Geräten (iPhone, iPad etc.) vertrieben. Bei der Hardware und dem Erscheinungsbild wird vor allem auf ein flaches Design und die Wertigkeit der Geräte geachtet. Nachdem Apple sowohl Hard- als auch Softwarehersteller ist, gibt es aktuell keine Handhelds mit iOS-Betriebssystem, welche hochgenaue GNSS-Empfänger integriert haben. Geräte mit iOS-Betriebssystem und integrierten Empfänger werden daher vornehmlich für Auskunft- und „einfache“ Erfassungslösungen, die nur eine vergleichsweise geringe Genauigkeit erfordern, verwendet. Für höhere Genauigkeitsansprüche steht dann die Anbindung von externen Empfängern zur Option.

Windows und Android Systeme dominieren die GNSS-Welt

Literatur

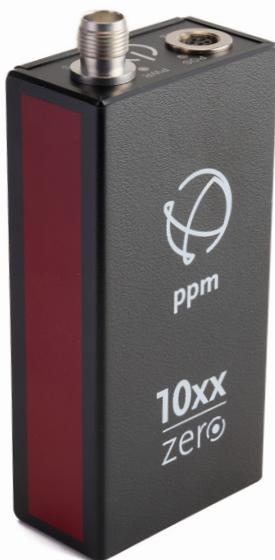
- IDC Corporate USA (2013): Android Marks Fourth Anniversary Since Launch with 75.0% Market Share in Third Quarter, According to IDC. <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS23771812> (10/2013)

Anzeige



ppm

DIE Schrägmess-Lösung: ppm 10xx zero GNSS Sensor



*Exakte und zuverlässige
Daten bis zu einem
Neigungswinkel von 60°*

- IMU Modul
- Bluetooth Modul
- Akku



Mehr unter: ppmgbh.com | Tel: 00 49 / 88 56 – 80 30 980

5 Software für mobile Aufgaben

Verfasser: Dr. Klaus Brand, GI Geoinformatik GmbH

Dieses Kapitel stellt die Softwareprodukte führender Hersteller in Form eines Katalogs mit einheitlicher Struktur vor und gibt einen Überblick zur Geo-App-Entwicklung.

Unter einer Software für mobile Aufgaben und Prozesse versteht man eine speziell für den Einsatz auf einem mobilen Endgerät entwickelte Software mit den Schwerpunkten Auskunft, Datenerfassung und/oder Datenaktualisierung sowie zur Visualisierung von raumbezogenen Daten. Dabei kann es sich sowohl um eine Erweiterung eines Desktopsystems als auch um eine eigenständige Software handeln. In der Regel sind mobile (GI-)Systeme aber keine isolierten Lösungen, sondern auf den Austausch von Geodaten mit dem zentralen (GI-)System ausgerichtet. Zunehmend entstehen auch Dienste, die mit einfachen Apps mit intuitiver Bedienung für den Abruf und der Aktualisierung von Fachdaten genutzt werden können. Die Funktionalität dieser Dienste ist genau auf einzelne Fragestellungen zugeschnitten. Die Grenzen zwischen Location-based Services (LBS) und Apps aus dem Consumerbereich sind fließend, da auch bei diesen Anwendungen das Prinzip der satellitenbasierten Positionierung verwendet wird, um gezielt räumliche Informationen im Umkreis nutzen zu können. Häufig werden Begriffe wie Geo-Apps oder GIS-Apps verwendet, um anzudeuten, dass es sich bei den Daten um fachspezifische Inhalte handelt und nicht nur um reines Routing oder Auffinden von Geo-Objekten (siehe auch Abgrenzung der Begriffe in Kapitel 1).

Einen vollständigen Überblick zur Software der am Markt angebotene Produkte zu bieten, würde den Rahmen dieses Leitfadens weit übersteigen, da aufgrund der neuesten Entwicklungen – weg von GIS-Standardsoftware hin zu schlanken aufgabenbezogenen und branchenspezifischen Softwarelösungen – die Anzahl der Softwareprodukte kaum mehr überschaubar ist. Es wurde daher der Weg gewählt, ein möglichst breites Spektrum an Herstellern aus der GIS- und GNSS-Branche zu erreichen und um Einreichung von Hard- und Softwareproduktvorstellungen oder von Praxisbeispielen zu bitten. Ein Redaktionsteam achtete auf die Einhaltung von formalen Kriterien und prüfte die Inhalte bezüglich ihres Bezugs zu den Zielen des Leitfadens und Abgrenzung zu reiner Produktwerbung. Die Auswahl der angefragten Unternehmen basiert auf dem Ausstellerverzeichnis der INTERGEO 2023 als Branchenmesse und einer Internetrecherche. Ein Auswahlkriterium war die Verfügbarkeit von Produktinformation und von Bezugsmöglichkeiten in deutscher Sprache. Damit sollte zum einen die Anzahl überschaubar bleiben und zum anderen die Unternehmen angesprochen werden, die ihren Zielmarkt im deutschsprachigen Raum sehen.

**Leitfaden dient als
Marktüberblick**

Die Präsentation von Softwareprodukten (zugelassen waren max. vier Produkte pro Unternehmen) nach einem festen Kriterienkatalog und einheitlichem Schema soll dazu dienen, die Schwerpunkte und Besonderheiten der einzelnen Lösungen zu erkennen und einen schnellen Vergleich zu ermöglichen (siehe Kriterienkatalog). Ergänzend zu diesem Kapitel mit der Vorstellung von Softwareprodukten geben auch die Praxisbeispiele einen aktuellen Einblick in die technologische Bandbreite mobiler Softwarelösungen. Die ausgewählten Praxisbeispiele sollen neben der funktionalen Beschreibung der Software den Nutzen aufzeigen und die Arbeitsprozesse in den Vordergrund stellen.

Aus den Beispielen wird deutlich, dass sich der Anwendungsbereich mobiler GIS-Lösungen derzeit in einem Wandel befindet, weg von Standardsoftwareprodukten, hin zu kleinen modularen Lösungen, die nicht mehr auf GIS-Experten ausgerichtet sind. Diese Lösungen basieren häufig auf Software-Entwicklungsumgebungen von GIS-Softwareanbietern und -Dienstleistern und kombinieren diese mit Standardtechnologien aus dem Bereich der App-Entwicklung. Die Einführung von GIS-Plattformen, kombiniert mit fertigen Apps und Datenhaltung in einer Cloudinfrastruktur, hat auf diese Entwicklung ebenfalls einen starken Einfluss.

Auch wenn aktuell noch bei vielen Entscheidern Bedenken bezüglich Datenschutzvorgaben diese Entwicklungen verzögern, werden sich diese Technologien zunehmend durchsetzen, da Kostenersparnis, Skalierbarkeit und eine Verringerung der IT-administrativen Aufwände dafürsprechen.

5.1 Welche Software ist für eine mobile Aufgabe die richtige?

GIS-Auskunfts- und/oder Erfassungssysteme wurden bisher häufig in drei Hauptkomponenten gegliedert: GNSS-Empfänger, Hardware (Smartphones oder Tablets) und GIS-Software, die eng miteinander verbunden sind. Je nach verwendeter Hardware und dem zugehörigen Betriebssystem reduzierte sich die Auswahl einer passenden Anwendersoftware für die GIS-Funktionalität. Diese Abhängigkeit für die Systemauswahl gilt auch umgekehrt, denn einige GIS-Softwareprodukte oder GNSS-Schnittstellen der Hersteller stehen nur für ein bestimmtes Betriebssystem zur Verfügung.

Generell existiert heute auf dem Markt für alle gängigen Betriebssysteme (Windows Desktop, Android, iOS) eine Vielzahl an GIS-Softwareprodukten. Gerade in dem schnell wachsenden Markt der Smartphones und Tablets erscheinen regelmäßig neue Produkte zur Auskunft, Visualisierung und Erfassung von Geodaten. Die „klassische“ Dreiteilung verschwimmt immer mehr, da bei vielen Anwendungen der GNSS-Empfänger so in die Hardware und die Anwendung integriert ist, dass er nicht mehr als Einzelkomponente wahrgenommen wird. Lediglich bei hochgenauen Erfassungslösungen ist die Betrachtung der einzelnen Technologiekomponenten noch wichtig.

An Bedeutung gewinnen dagegen zunehmend die Synchronisation (online oder offline) der Daten und die Verwaltung der Nutzerrechte und -rollen (wer darf welche Daten sehen oder editieren?) auf den mobilen Endgeräten und das Thema IT-Sicherheit und Datenschutz (siehe auch Kapitel 7 IT-Sicherheit).

Inbesondere Daten-synchronisation und -austausch sind heute wichtig

Für den Funktionsumfang der Software gilt die Regel „so wenig wie möglich, so viel wie nötig“. Aufgrund der häufig kleinen Displaygrößen und der begrenzt zur Verfügung stehenden Hardwareressourcen steht für die mobile Software Übersichtlichkeit und Benutzerfreundlichkeit im Vordergrund. Ist z. B. ein Nutzer nur daran interessiert, bestimmte Objekte aufzufinden, so wäre eine Software mit allen Möglichkeiten der Datenerfassung und Geoverarbeitung für den Nutzer überfrachtet und hätte zur Folge, dass sich der Nutzer mit der Software überfordert fühlt. Gerade nach längeren Unterbrechungen der Datenaufnahme, z. B. während den Wintermonaten, sind die einfache Bedienbarkeit und die Nutzerdokumentation die entscheidenden Faktoren für den schnellen Wiedereinstieg in die Anwendung und für deren Akzeptanz.

Für jede Anwendung ist zu klären, wie der Datenaustausch zwischen mobilem Endgerät und zentralem Datenbestand erfolgen soll. Welche Bürosoftware wird dabei verwendet und auf welchem Weg bzw. in welchem Zeitintervall werden die verwendeten Daten bereitgestellt und aktualisiert? Die teilweise fehlende Mobilfunkabdeckung oder die Kosten und Verwaltungsaufwände für Mobilfunkverträge, gerade bei großen Nutzergruppen, spielen hier immer noch eine große Rolle. Im Bereich Mobile Device Management (MDM) entstehen derzeit neue Angebote, die die Verwaltung der einzelnen Mobilgeräte (inkl. Softwarewartung), die Nutzerverwaltung und das Thema Sicherheit für mobile Endgeräte zum Schwerpunkt haben.

Bei den Offlinelösungen werden die Daten im Vorfeld auf das Gerät aufgespielt und nach der Bearbeitung im Büro wieder zurückgespielt oder über einen Server synchronisiert. Der Weg kann dabei über USB-Kabel, Netzwerkzugang, WLAN oder SD-Karten erfolgen. Verwendet man auf dem mobilen Gerät eine Software, die als durchgängige Lösung entwickelt wurde, gibt es meist fertige Mechanismen, die den Ein- und Auspielvorgang regeln. Hier ist darauf zu achten, dass nicht nur Datenbestände synchronisiert, sondern auch Updates, Eingabemasken und Einstellungen auf das mobile Gerät übertragen werden können, was bei größeren Nutzergruppen unbedingt notwendig ist, um eine einfache IT-Administration zu ermöglichen. Es muss unbedingt auf einen standardisierten und

soweit möglich automatisierten Datenaustausch geachtet werden, da sonst das Fehlerisiko zu hoch ist. Auch wenn dieser Ansatz der dezentralen Offlinebearbeitung aus datentechnischer Sicht für bestimmte Aufgabenstellungen nicht ideal ist (Daten evtl. nicht mehr aktuell), ist der Vorteil der Unabhängigkeit von Mobilfunk-basierten Diensten, gerade in Anwendungsgebieten außerhalb der Siedlungsbereiche oder in abgeschirmten Räumen in Gebäuden, für manche Anwendungen entscheidend. Ein Konfliktmanagement muss hier den Umgang mit der Datenaktualisierung von verschiedenen Nutzern regeln.

Demgegenüber stehen die Onlinelösungen, bei denen die benötigten Daten vor Ort über das mobile Internet zur Verfügung gestellt werden. Hier können Server- und Clouddienste die Grunddaten bereitstellen sowie erfasste Daten in „Echtzeit“ mit dem zentralen Datenbestand abgleichen. Auch hier existieren Mischlösungen, die beispielsweise nur einen Teil der benötigten Daten (z. B. Fachdaten) online beziehen und z. B. Hintergrundkarten und Luftbilder lokal auf dem Gerät speichern. Zunehmend wird bei der Synchronisation von Daten auch eine Bearbeitung der Daten auf dem mobilen Gerät ohne direkte Mobilfunkverbindung ermöglicht. Die Daten werden in Caches zwischengespeichert und erst synchronisiert, wenn wieder eine stabile Verbindung zum Server besteht.

Beim Thema Datenaustausch ist auch entscheidend, welche Datenformate von der Software auf dem mobilen Endgerät verarbeitet werden können. Hier existieren Produkte in der ganzen Bandbreite, von in sich geschlossenen Systemen, die nur ihre eigenen Datenformate verwenden, bis hin zu offenen Systemen, die die gängigsten Standardformate (z. B. shp, AXF, dwg, DXF, cvs etc.) unterstützen.

So ergibt sich je nach Einsatzgebiet, Aufgabenstellung, Hardware und Betriebssystem und eventuell bereits vorhandener zentraler GIS-Systeme und getrennter Sachdatenbanken bzw. IT-Plattformen (eigene Server- und/oder Cloudlösungen) eine Liste von Anforderungen an die Auswahl eines möglichen Softwareprodukts. Gerade bei der Entscheidung für oder gegen eine Software spielen oft die Qualifikation des Bedienungspersonals und der spezielle Einsatzbereich der Anwender eine entscheidende Rolle. Auch wenn die Grenzen zwischen Vermessungslösungen und GIS-Lösungen immer mehr aufweichen, kann es gerade bezüglich der Weiterverarbeitung der Daten durchaus ausschlaggebend sein, ob die Software und die Daten aus dem GIS- oder aus dem Vermessungsumfeld stammen. Spätestens seit der schnellen Verbreitung von Android als wichtigstes Betriebssystem für mobile Geräte wird deutlich, dass auch GNSS-Hardwareanbieter diese Entwicklungen berücksichtigen müssen. Dies hat starken Einfluss auf die Verfügbarkeit von Anwendungssoftware, aber auch auf die verfügbaren Funktionalitäten und die aufsetzende Firmware. Sollten bei der Datenerfassung auch zusätzliche externe Sensoren zum Einsatz kommen, z. B. Laserentfernungsmesser, ist zu prüfen, ob die entsprechenden Schnittstellen in der Hard- und Software vorhanden sind und der Arbeitsprozess unterstützt wird.

Ein weiterer Aspekt für die Auswahl der passenden Software ist die Entscheidung, ob auf die Funktionalität von Standardsoftware bestimmter Hersteller gesetzt wird oder ob nutzerspezifische Anpassungen bis hin zur Integration von speziellen Geoverarbeitungsfunktionalitäten und Berechnungsvorgängen notwendig sind. Dadurch erhalten die Systeme den Charakter von individuellen Projekten. Dies wirkt sich in der Kostenbetrachtung häufig nicht nur auf die einmalige Anpassung der Software aus, sondern auch auf die Anpassung der Lösung bei Softwareupdates der Basistechnologie. Allgemein ist zu dieser Entscheidung zu sagen, dass bei sehr aufgabenspezifischen Anwendungen und einer größeren Nutzergruppe (ab ca. 50 Anwender) die Kosten für projektspezifische Anpassungen sinnvoll sein können, da dadurch die Arbeit im Gelände beschleunigt wird und die Qualität der erfassten Daten steigt. Die Verwendung von konfigurierbaren Web-Apps ohne vertiefte Programmierkenntnisse könnte für manche Aufgabenstellungen auch ein passender Ansatz sein, um schnell zu Ergebnissen zu kommen. Auch der

Einsatzbereich und Qualifikation der Nutzer stellen Hauptanforderungen für Softwareprodukte dar

Hardwareservice oder schnelle Austausch von Empfängern ist ein wichtiges Kriterium für einen sicheren Betrieb.

Generell sollte die Auswahl der passenden Lösung von der Betrachtung des Arbeitsprozesses und den Anforderungen an die Genauigkeit ausgehen. Bezüglich Investitionssicherheit und Flexibilität für zukünftige Erfordernisse sollte darauf geachtet werden, dass die Anwendung auf aktuellen Entwicklungsumgebungen basiert und eine gewisse Verbreitung hat. Neben den Beschaffungskosten sollte der Nutzungszeitraum und die Kosten für Support und Softwarewartung betrachtet werden. Eine klare Regelung bezüglich Verfügbarkeit von Support ist wichtig für die Zufriedenheit bei den Anwendern und für die effiziente Nutzung der Systeme.

Mobile Datenerfassung



Räumliche Fragestellungen
nachhaltig lösen >>



Smarte Lösungspakete für Ihren erfolgreichen Einsatz



IP SYSCON GmbH | Warmbüchekamp 4 | 30159 Hannover | Tel. +49 511 850303-0 | www.ipsyscon.de

5.1.1 Grundlagen der Geo-App-Entwicklung

Verfasser: Vincent Franke, GI Geoinformatik GmbH

Die Anzahl und Funktionalität von unterschiedlichsten Applikationen steigt seit der breiten Verfügbarkeit von mobilen Endgeräten enorm an. Dabei unterscheiden sich nicht nur die jeweils verwendeten Plattformen, sondern auch die Art und der Umfang dieser Apps stark voneinander. In den folgenden Kapiteln werden diese Unterschiede anhand von Programmen, welche Geodaten verarbeiten und darstellen können, erläutert. Die Implementierung dieser Geo-Apps unterscheidet sich dabei vor allem hinsichtlich der Verfügbarkeit für unterschiedliche Betriebssysteme und Endgeräte sowie dem allgemeinen Funktionsumfang. Im Folgenden werden die Unterschiede von plattformspezifischen, eigens für das jeweilige System entwickelten und plattformübergreifenden Anwendungen, wie Cross-Compiled oder Web-Apps, beschrieben.

Dieses Kapitel soll eine Übersicht der wichtigsten Entscheidungskriterien bei der eigenen App-Entwicklung bieten und helfen, die richtige Entwicklungsstrategie unter Berücksichtigung von Kosten, Aufwand und Funktionalität zu entwickeln.

5.1.1.1 Plattformspezifische Apps

Anwendungen, die speziell für das verwendete Gerät oder dessen Betriebssystem entwickelt werden, sind plattformspezifisch. Diese Art der Entwicklung stellt zunächst zahlreiche Vorteile dar. So können insbesondere Sensoren, wie Kameras, GNSS-Antennen und andere Schnittstellen, problemlos angesprochen werden. Die optimale Nutzung der Systemressourcen und damit eine gesteigerte Performanz gehen mit diesem Ansatz einher. Auch neueste Features können plattformspezifisch am schnellsten implementiert werden. So garantieren solche Apps bei rechenintensiven und komplexen Anwendungen die beste Leistung. Außerdem benötigen sie meist keine Internetverbindung, um in vollem Umfang zu funktionieren. Auch Kompatibilitätsprobleme, z. B. zwischen Geräten mit verschiedenen Bildschirmgrößen, sind selten. Nicht zuletzt ist auch das einheitliche, zu dem jeweiligen Betriebssystem passende Layout für Endnutzer wichtig. Plattformabhängige Apps wirken durch die Einbettung in bestehende Strukturen intuitiver und vertrauter für den Endanwender. Da sie außerdem in den jeweiligen Downloadportalen wie App Store oder Play Store angeboten werden, erhöht sich deren Sichtbarkeit und die Vermarktung wird erleichtert.

Demgegenüber stehen Nachteile bei der Funktionalität auf anderen Plattformen. Spezifische Apps müssen, im Gegensatz zu hybriden oder Cross-Compiled, aufwendig portiert werden, um für verschiedene Systeme verfügbar zu sein. Außerdem sind Aktualisierungen meist nur über Update-Downloads realisierbar. Im Vergleich können z. B. Web-Apps direkt auf ihrem Server aktualisiert werden und stehen so durchgehend aktuell zur Verfügung.

Bei der Geo-App-Entwicklung ist also die Wahl der Implementierung maßgeblich an das zu realisierende Projekt geknüpft. Sollen aufwendige Berechnungen unter Verwendung der Gerätesensorik stattfinden oder soll der Offlinebetrieb durchgängig gewährleistet werden, so empfiehlt sich der plattformspezifische Ansatz, um potenzielle Systemressourcen optimal zu nutzen. Stehen hingegen weniger performancekritische Aufgaben, die Verfügbarkeit auf möglichst vielen Plattformen oder eine bereits vorhandene Web-implementation im Vordergrund, können Web-Apps das Mittel der Wahl darstellen.

Eine dritte Variante stellen sogenannte Cross-Compiled-Apps dar, deren Entwicklung in den letzten Jahren besonderes Interesse erfahren hat. Bei diesem Ansatz wird die Anwendung in einer Programmiersprache verfasst und während des Kompilierens in die für die verschiedenen Zielplattformen native Variante übersetzt. Hierdurch sollen insbesondere der Zugriff auf Geräteschnittstellen und Systemressourcen als auch die Nutzung unterschiedlicher Systeme ermöglicht werden. Entwicklungsumgebungen, die diesen Ansatz unterstützen, sind unter anderen das Open-Source-Framework Xamarin, FlutterSDK

Xamarin, FlutterSDK oder Kotlin. Speziell für Geo-Apps lässt sich z. B. das Appstudio für ArcGIS nennen. Näheres ist in Kapitel 5.1.3 nachzulesen.

5.1.1.2 GIS-Unterstützung

Die Verarbeitung von Geodaten innerhalb selbst entwickelter Anwendungen kann sowohl eigenhändig als auch über Software Development Kits (SDKs) realisiert werden. Diese SDKs stellen umfangreiche Erweiterungen für die Geo-App-Entwicklung dar und bieten vorgefertigte Funktionen und Vorlagen zur Entwicklung, welche den eigenen Entwicklungsaufwand massiv reduzieren können. Hierdurch lassen sich spezielle Verarbeitungsschritte bei der Interaktion mit Geodaten schnell und unkompliziert umsetzen. Ob eine plattformübergreifende Verwendung möglich ist, hängt dabei vom jeweiligen SDK ab.

Beispiele für SDKs sind unter anderem das Google Maps SDK oder Apple MapKit. Hier werden plattformspezifische Werkzeuge und Vorlagen bereitgestellt. Das ArcGIS Runtime SDK stellt eine Reihe von Werkzeugen und Bibliotheken zur Verarbeitung von Geodaten und Darstellungen von Karten sowohl plattformspezifisch als auch übergreifend bereit. Auch Xamarin verfügt über ein eigenes Map Package, welches Funktionen wie den Geocoder oder native Kartendarstellungen beinhaltet, die es dem Nutzer ermöglichen, die Karten in gewohnter Weise zu verwenden. Das MapBox Maps SDK stellt zudem eine weitere Open-Source-Variante dar.

5.1.1.3 Fazit

Die plattformspezifische Entwicklung von Geo-Apps bietet insbesondere Vorteile für Anwendungen, die ressourcenintensiv sind, Geräteschnittstellen verwenden oder offline zur Verfügung stehen sollen. Ist zudem die Verfügbarkeit auf verschiedenen Plattformen ein maßgeblicher Faktor der Anwendung, leisten mittlerweile auch Cross-Compiled-Ansätze die gleiche Performanz bei niedrigem Portierungsaufwand. Steht neben der Plattformunabhängigkeit auch die einfache Wartung und Aktualisierung oder ein geringer Entwicklungsaufwand im Vordergrund und spielen Rechenaufwand und Schnittstellennutzung hingegen eine geringere Rolle, bietet sich der webbasierte Ansatz an.

Vorteile:

- Voller Zugriff auf Systemressourcen und dadurch maximale Performanz
- Problemlose Ansprechbarkeit von Geräteschnittstellen
- Einheitliches, zum Betriebssystem passendes Layout
- Bereitstellung in App-Stores ermöglicht Marketing

Nachteile:

- Keine Cross-Plattform-Fähigkeit
- Hoher Aufwand bei Portierungen auf andere Plattformen

5.1.2 Mobile Webseiten (Web-Apps)

Verfasser: Roman Weinhart, Martin Soutschek, Kilian Müller, Stephan Barthel, Outdooractive GmbH

Mobile Webseiten sind Anwendungen, die von Webbrowsern gerendert und ausgeführt werden. Sie basieren auf einer Kombination von verschiedenen Webtechnologien, wie HTML, CSS und JavaScript. Aus technischer Perspektive handelt es sich bei den auch als Web-Apps und HTML5-Apps bezeichneten Anwendungen um klassische Webseiten. In der Praxis wird der Begriff mobile Webseite oder mobile Web-App in der Regel für Webseiten verwendet, die speziell für die mobile Nutzung mit Smartphones und Tablets konzipiert und optimiert sind. Das bedeutet zum Beispiel, dass Restriktionen, wie eine langsame Internetverbindung oder die Verwendung der aktuellen Positionsdaten der Nutzer, bei der Umsetzung besonders berücksichtigt werden. Mobile Webseiten vereinen einerseits die Vorzüge von Webtechnologien mit den zusätzlichen Möglichkeiten, die sich durch den mobilen Anwendungskontext ergeben. Andererseits müssen aber auch Einschränkungen bei der Nutzung mobiler Endgeräte berücksichtigt werden.

Mobile Webseiten sind für die Nutzung durch Smartphones und Tablets optimiert

Nachfolgend werden die Vor- und Nachteile gegenübergestellt, die sich aus dem Einsatz mobiler Webseiten ergeben.

Vorteile:

- **Keine Installation:** Mobile Webseiten müssen nicht installiert werden und können von Anwendern ohne zusätzlichen Aufwand direkt im Browser genutzt werden.
- **Entwicklungskosten und Zeit:** Wenn mit einer Anwendung mehrere Plattformen bedient werden sollen, können bei der Entwicklung einer mobilen Webseite Zeit und Kosten reduziert werden.
- **Sichtbarkeit:** Die Inhalte von mobilen Webseiten können einfach von Suchmaschinen indexiert werden und sind somit bei Suchanfragen von mobilen Endgeräten gut auffindbar.
- **Plattformunabhängigkeit:** Eine mobile Webseite kann von allen Endgeräten, die über einen Webbrowser verfügen, bedient werden.
- **Wartung und Updates:** Änderungen an der Anwendung und die Aktualisierung von Inhalten können schnell durchgeführt werden und unterliegen keinem Freigabeverfahren, wie das zum Beispiel bei Apps im App Store (Apple) oder bei Google Play (Google) der Fall ist.

Nachteile:

- **Offlinebetrieb:** Die meisten Browser unterstützen zwar einen Offlinemodus; das Cachen von Inhalten im Browser ist jedoch stark eingeschränkt.
- **Zugriff auf native Gerätefunktionen und Anwendungen:** Bisher kann bei der Nutzung von mobilen Webseiten über den Browser nur auf wenige native Funktionen der Hardware zugegriffen werden. Der Zugriff auf die Positionsdaten des Nutzers über die Geolocation API stellt dabei eine von wenigen Ausnahmen dar. Ein Zugriff auf native Apps der Endgeräte ist über den Browser bisher sehr eingeschränkt möglich. Manche Funktionen nativer installierter Apps sind per URL-Schema ansteuerbar.
- **Performance:** Aufgrund der schlechteren Möglichkeiten zur Ausnutzung und Optimierung der Hardwareeigenschaften benötigen mobile Webseiten vergleichsweise viele Systemressourcen. Auch die Sensitivität und Unterstützung von spezifischen Touch-Gesten ist gegenüber nativen Apps eingeschränkt.

5.1.2.1 Mobilstrategien

Wenn mit einer mobilen Anwendung vorwiegend einfach strukturierte Informationen präsentiert werden sollen, dann sind mobile Webseiten dazu meistens am besten geeignet. Erfordert eine Anwendung jedoch auch aufwendigere Berechnungen oder wird Zugriff auf native Funktionen der Hardware benötigt, so werden in der Regel hybride oder gar rein native Ansätze empfohlen. In vielen Fällen aus der Praxis existiert während der Planungsphase einer mobilen Anwendung bereits eine Desktop-Webanwendung, die zusätzlich für mobile darauf zugreifende Nutzer zugänglich gemacht werden soll. Vor diesem Hintergrund ergeben sich verschiedene Strategien zur Umsetzung einer mobilen Webseite.

Zwei separate Web-Apps für Desktop und mobil

Das beste Nutzererlebnis lässt sich mit der Bereitstellung von jeweils getrennt optimierten Web-Apps für Desktop-Geräte und für mobile Endgeräte erzielen. Dies erfordert allerdings auch zusätzliche Aufwände in der Entwicklung und Verwaltung der verschiedenen Versionen. Das Design für kleinere Displays sollte dabei reduzierter ausfallen und gegebenenfalls auch weniger Funktionalitäten bieten, z. B. wenn die Geschwindigkeit der Internetverbindung stark eingeschränkt ist. Es kann zudem erforderlich sein, Inhalte wie Titel oder Beschreibungen in einer gekürzten und für mobile Endgeräte angepassten Form redaktionell zu erheben und zu pflegen, damit die Informationen auf mobilen Endgeräten besser dargestellt werden können. Die optimale Abstimmung von Funktion und Design auf die entsprechende Endgeräteklasse durch zwei speziell optimierte Web-Apps ist eine gute Strategie, wenn eine Anwendung sich gleichermaßen an mobile Nutzer und Desktop-Anwender richten soll, und in beiden Fällen ein qualitativ hochwertiges Nutzererlebnis angestrebt wird.

Optimale Ergebnisse lassen sich durch separate Web-Apps für Desktop und Mobilgerät erzielen

Eine für mobile Endgeräte optimierte Web-App

Eine alternative Strategie zum getrennten Web-App-Ansatz ist es, Web-Apps ausschließlich für die mobile Nutzung zu optimieren. Da sich die Benutzeroberflächen von Desktop-Webseiten und mobilen Webseiten im Hinblick auf Interaktionsmechanismen und Leseverhalten allerdings deutlich unterscheiden, ist das Nutzererlebnis für Desktop-Anwender eingeschränkt. Während z. B. die gleichzeitige Anzeige von primären Inhalten und sekundären Inhalten mit größeren Desktop-Bildschirmen einfach möglich ist, werden sekundäre Inhalte bei mobilen Web-Apps in der Regel auf eigene Seiten ausgelagert. Für den Desktop-Anwender entstehen somit zusätzliche Navigationswege. Andere Unterschiede ergeben sich durch das Fehlen der Touch-Steuerung im Desktop-Anwendungsfall. Die Strategie einer ausschließlich mobil optimierten Web-App ist geeignet, wenn nur mobile Anwender angesprochen werden sollen oder wenn Desktop-Nutzer lediglich eine Minderheit der zu erreichenden Zielgruppe ausmachen.

Responsive Web Design

Responsive Web Design (RWD) beschreibt eine Methode, das Layout einer Webseite so zu gestalten, dass es sich dynamisch an die Ausrichtung und die Maße des Bildschirms anpasst. Alle Elemente einer Seite werden auf ein flexibles Rastersystem gelegt, das sich je nach Größe und Ausrichtung des jeweiligen Endgeräte-Displays unterschiedlich verhält. Im Idealfall können auf diese Weise alle Endgeräte vom Smartphone bis zum Fernsehbildschirm mit einem angepassten Layout bedient werden. Der Hauptvorteil dieser Strategie liegt darin, ein angepasstes Nutzererlebnis für jedes Endgerät zu liefern, ohne dabei zwei separate Web-Apps bereitstellen zu müssen. In der Praxis hat sich der Responsive-Design-Ansatz mittlerweile durchgesetzt.

Responsive Web Design reagiert dynamisch auf Bildschirmgrößen

Progressive Web-Apps

Progressive Web-Apps (PWA) nutzen neueste Web-Technologien und ermöglichen ein Benutzererlebnis, das nahezu dem von nativen Apps entspricht. Zentrale Komponente einer PWA sind die sogenannten Service Worker, welche das gezielte Cachen von Inhal-

ten einer Webseite erlauben. Dadurch wird es möglich, eine PWA auch offline zu nutzen bzw. bei bestehender Internetverbindung Inhalte aus dem Cache zu holen und so die Ladezeit massiv zu beschleunigen. Eine Installation wie bei nativen Apps entfällt, der notwendige Speicherplatz auf dem Endgerät ist deutlich geringer.

Für ein „Look and Feel“ wie bei einer nativen App sorgen eine responsive Fullscreen-Darstellung der Web-App, die Verknüpfung der PWA über ein Icon auf dem Homescreen des Mobilgeräts sowie die eben genannte verbesserte Performance. Ebenfalls von nativen Apps bekannt sind Push Notifications, welche das Senden von Nachrichten an den Benutzer ermöglichen.

Über Web-API steht ein Zugriff auf viele Gerätefunktionen (z. B. Geolocation, Device Orientation, Kamera) zur Verfügung. Bisher nur von nativen Apps bekannte Sonderfunktionen lassen sich damit nun auch für Web-Apps implementieren. Inzwischen werden die für PWA eingesetzten Technologien auch von den wichtigsten Browsern unterstützt, wobei der volle Umfang der Unterstützung meist nur in aktuellen Browser-Versionen gegeben ist.

Progressive Web-Apps folgen konsequent dem „Progressive Enhancement“-Ansatz, d. h., sie sind in jedem Browser lauffähig, ihr Funktionsumfang passt sich aber immer an die Hardware und die Fähigkeiten des verwendeten Browsers an. Wird ein bestimmtes Feature der Anwendung auf einem Gerät und/oder Browser nicht unterstützt, kann die Web-App trotzdem (in reduziertem Umfang) verwendet werden und auch bei fehlender Unterstützung von Service Worker können Nutzer bei bestehender Internetverbindung die PWA in vollem Umfang nutzen.

5.1.2.2 Herausforderungen bei der Entwicklung

Unabhängig von der gewählten Mobil-Strategie ergeben sich drei grundlegende Herausforderungen, die bei der Entwicklung von Web-Apps bewältigt werden müssen, um Anwendern ein positives Nutzererlebnis bieten zu können.

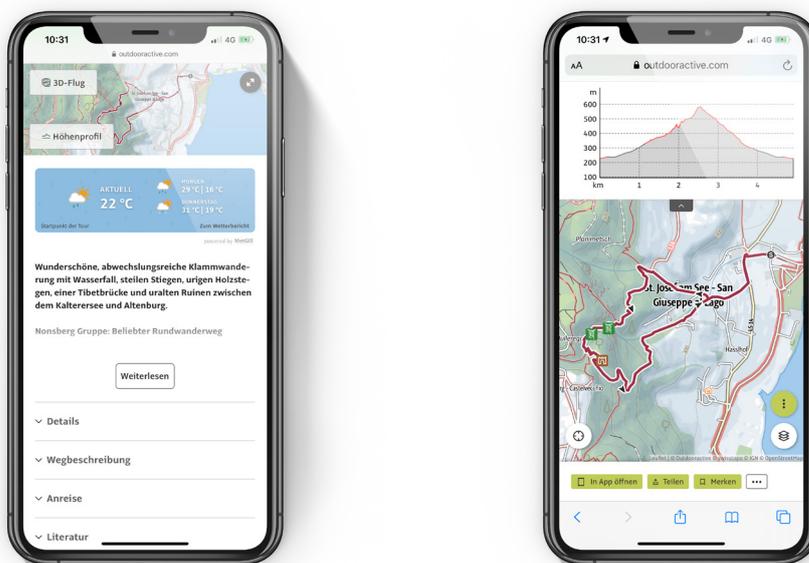
1. Minimierung des Datenvolumen: Nach Analysen der Webseite HTTP Archive beträgt das durchschnittliche Datenvolumen einer Webseite im Jahr 2020 bereits über 2000 kB mit etwa 70 Requests pro Seitenaufruf. Damit eine mobile Webseite in angemessener Zeit auch über moderne Mobilfunktechnologien wie 4G (LTE) und die neueste Generation 5G geladen werden kann, sollte die Datenmenge jedoch deutlich niedriger liegen. Empfehlungen liegen hier bei etwa 250 kB. Das größte Potenzial zur Einsparung des Datenvolumens bieten in diesem Fall JavaScript-Bibliotheken und Grafiken. JavaScript-Bibliotheken vereinfachen und beschleunigen zwar die Entwicklung einer Anwendung, allerdings wird meist nur ein kleiner Teil des gesamten Codes wirklich verwendet. Im Ergebnis entsteht so häufig ein deutlicher Overhead, der eigentlich vermieden werden könnte. Auch bei Grafiken besteht großes Einsparpotenzial, wenn sie immer in der kleinstmöglichen Auflösung vom Server ausgeliefert werden. Da sich Vektorgrafiken beliebig skalieren lassen, sind sie besonders für RWD-Ansätze optimal geeignet.

2. Vermeidung von HTTP-Requests: Als probates Mittel gegen die sehr hohen Latenzzeiten (unter Latenz versteht man das Zeitintervall, das zwischen dem Request einer Ressource (z. B. einer HTML-Datei) und der ersten Antwort des Servers vergeht) bei 4G (LTE) sollte die Anzahl der Anfragen an den Server reduziert werden. Eine der einfachsten Techniken um Anfragen zu sparen, ist das zusammengefasste Ausliefern gleichartiger Ressourcen. Im extremsten Fall kann das bedeuten, das komplette HTML, CSS und JavaScript der Web-App in einer einzigen Datei auszuliefern. Da in der Regel für jedes Bild eine eigene Anfrage notwendig ist, tragen Bilder maßgeblich zu einer längeren Ladezeit bei. Zumindest für statische Bilder gibt es jedoch die Möglichkeit, diese codiert (z. B. Base64) in das HTML-Dokument zu integrieren. Bei dynamischen Bildern existiert jedoch keine adäquate Lösung mit der Konsequenz, dass sich gerade interaktive Rasterkarten aufgrund ihrer großen Datenmengen sehr ungünstig auf die Ladezeiten auswirken. Hier zeigen sich klar die Vorteile von Vektorkarten, die weniger Bandbreite und Speicherplatz

Das Datenvolumen bildet eine Herausforderung für mobile Webseiten

einnehmen und dynamisch an die Bedürfnisse des Benutzers angepasst werden können.

3. Dynamisches Laden sekundärer Inhalte: Eine weitere Möglichkeit, das Nutzererlebnis zu optimieren, besteht darin, nicht unmittelbar benötigte Inhalte erst bei Bedarf nachzuladen. Diese Form der Optimierung eignet sich auch für den Einsatz von Karten, da diese die Ladezeit einer Seite wegen des hohen Datenvolumens und der vielen Requests deutlich verlangsamen können. Für die Darstellung von Karten könnte beispielsweise die Strategie darin bestehen, zunächst lediglich ein statisches Bild der Karte auszuliefern. Dies kann aufgrund der geringen Datenmenge schnell geladen und dargestellt werden. Erst wenn der Nutzer durch das Antippen zur interaktiven Karte selbst wechseln möchte, können die zusätzlichen Ressourcen asynchron nachgeladen werden.



Im Vergleich zu nativen und hybriden Apps ist die Entwicklung einer mobilen Webseite immer dann eine gute Wahl, wenn es vorwiegend darum geht, in der Darstellung wenig komplexe Informationen darzustellen. Aufgrund größerer Plattformunabhängigkeit kann eine große Anzahl unterschiedlicher Endgeräte ohne großen Mehraufwand bedient werden. Sind allerdings hohe Performance oder der Zugriff auf native Funktionen für ein gutes Nutzererlebnis unerlässlich, so ist eine Web-App (noch) nicht die optimale Option. Langfristig zeichnen sich aufgrund neuer Mobilfunkstandards wie 5G sowie die zunehmende Browserunterstützung von APIs mit Hardwarezugriff (wie WebGL) jedoch Tendenzen ab, die mobile Web-Apps leistungsfähiger und deren Einsatzmöglichkeiten vielfältiger werden lassen.

5.1.3 Hybride Apps (Cross-Plattform-Entwicklung)

Verfasser: Andreas Frilling, Ariane Kielstein, Matthias Schulz, GAF AG

Eine mobile App nur einmal entwickeln, um z. B. auf die GPS-Position oder die Kamera verschiedener mobiler Geräte einheitlich mit ein und demselben Code zuzugreifen, und dann den Code für verschiedene Plattformen zu nutzen, wird als Cross-Plattform-Entwicklung bzw. als hybrider App-Ansatz bezeichnet.

Hybride Apps ermöglichen die Verwendung verschiedener Geräte und Plattformen

Die hybride mobile App-Entwicklung vereint somit die Vorteile von nativen mobilen Apps, wie den Zugriff auf die Gerätehardware, und die Vorteile von Web-Apps, mit zentraler Pflege der mobil-optimierten Inhalte (Cross-Plattform-Entwicklung) für verschiedene mobile Betriebssysteme.

Nachfolgend findet sich eine Auflistung der Vor- und Nachteile der Cross-Plattform-Entwicklung gegenüber „echter“ nativer App-Entwicklung bzw. gegenüber mobilen Web-Apps.

Vorteile gegenüber nativen mobilen Apps:

- Zentrale Code-Pflege (Code Once – Run Anywhere!) und kostengünstige plattformübergreifende Entwicklung.
- Schnellere Entwicklung und bessere Wartungsmöglichkeit; reduziert die Entwicklungs- und Wartungsaufwände für die verschiedenen Plattformen, da die Business-Logik nur einmal implementiert werden muss.
- Geringerer Aufwand durch Entwicklung von nur einer Oberfläche für alle Geräte (abhängig vom verwendeten Framework).

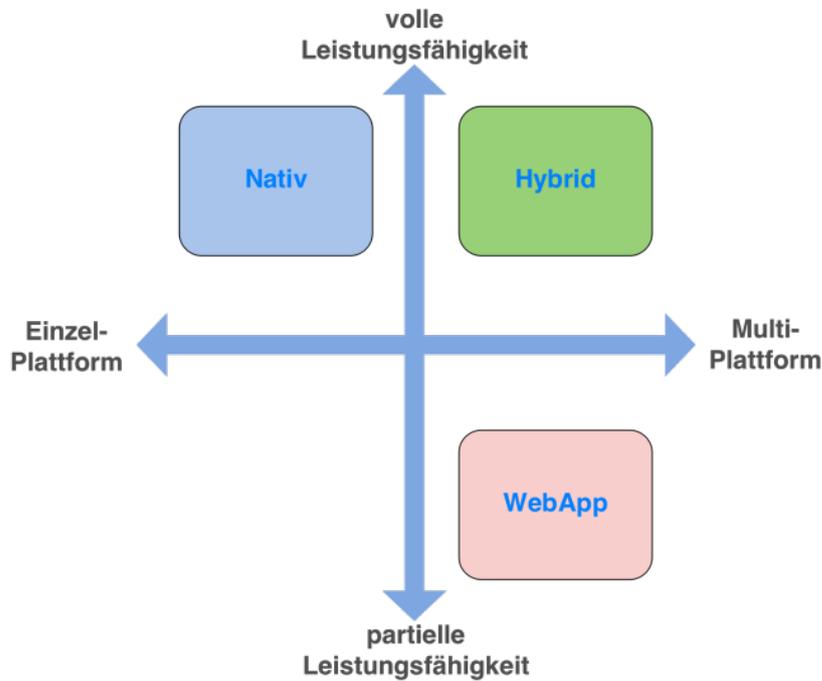
Vorteile gegenüber mobilen Web-Apps:

- Gerätezugriff, d. h. die meisten Gerätesensoren können wie bei nativen Apps angesprochen werden.
- Zugriff auf die Schnittstellen (APIs) des Betriebssystems wie Kalender, Kontakte, Dateisystem usw.
- Möglichkeit, den Code um nativen Code zu ergänzen; bessere Eignung zur Offline-nutzung.
- Marketing durch Einstellung im Marketplace.

Über die Entwicklung von Progressive Web Apps können auch mobile Web-Apps einige dieser Vorteile nutzen. So kann eine Offlinenutzung erfolgen, Sensoren können angesprochen und Push-Benachrichtigungen implementiert werden. Dennoch bleiben bislang noch einige Einschränkungen gegenüber nativen oder hybriden mobilen Apps bestehen.

Nachteile gegenüber nativen mobilen Apps:

- Nur durch reine native Programmierung so leistungsfähig wie native Apps bzw. Leistung abhängig vom verwendeten Framework.
- Geschwindigkeitsnachteil gegenüber nativen Apps gerade bei umfangreicheren Anwendungen.
- Keine, auf das jeweilige Betriebssystem abgestimmte, eigene Oberfläche und Anwendungslogik (abhängig von dem verwendeten Framework).
- Zusätzliche Komplexität in der Architektur und Entwicklung.

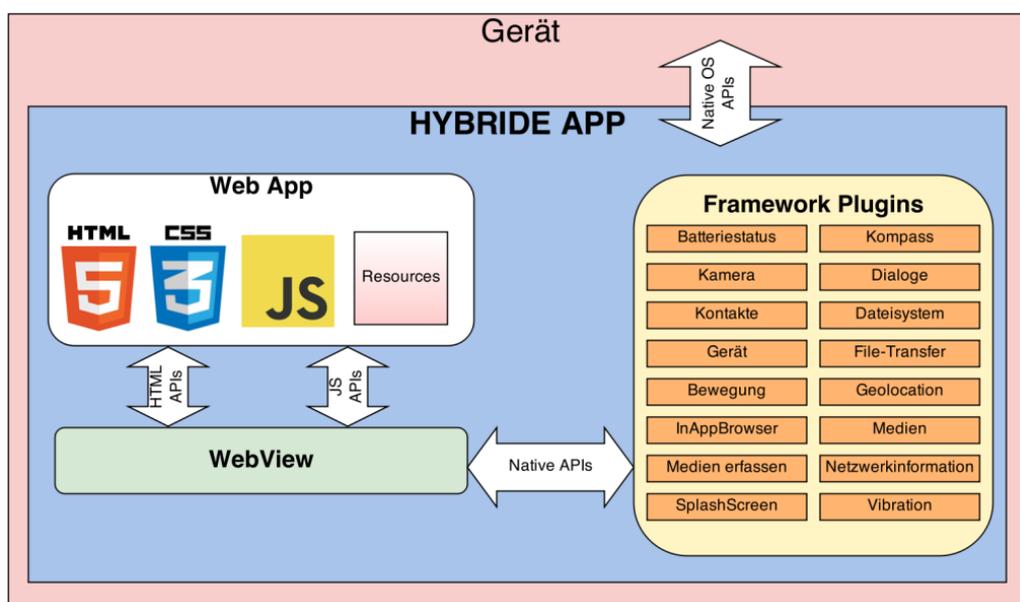


Einordnung des hybriden Ansatzes

Die hybride App-Entwicklung ist ein reizvoller Ansatz, der die volle Leistungsfähigkeit, d. h. den Zugriff auf die Geräteschnittstellen, wie beim nativen Ansatz ermöglicht, und bei dem ein und derselbe Code für multiple Plattformen genutzt werden kann. Im Rahmen der Umsetzung sind einige Besonderheiten in Bezug auf die verschiedenen hybriden Techniken bzw. Frameworks zu beachten.

5.1.3.1 Übersicht verschiedener Frameworks

Es gibt eine ganze Reihe von hybriden Frameworks, sowohl Open Source als auch proprietär. Der folgende Auszug gängiger Frameworks (siehe nachfolgende Tabelle) kann wie folgt gruppiert werden:



Hybride App-Architektur

5.1.3.2 WebView-basierte hybride Apps

Diese Art von Frameworks machen sich die im Framework integrierte HTML-Rendering-Engine (WebView) zunutze, um Web-Apps auf Basis von HTML5, CSS3 und JavaScript als native mobile Apps zu verpacken. Durch eine Kombination der Verwendung von JS/HTML- und entsprechenden nativen Schnittstellen ermöglichen diese Frameworks einen direkten Zugriff auf die nativen Komponenten und Ressourcen des Betriebssystems.

Kombinationen von HTML und JavaScript als Basis

Obwohl diese Art von Apps grundsätzlich gewrappte Web-Apps sind, kann durch Anwendung eines geeigneten JavaScript-Frameworks, wie beispielsweise Sencha ExtJS oder das Ionic Framework, über die Auswahl entsprechender CSS-Stylings auch die native UI-Optik simuliert werden. Das bekannteste Framework mit diesem Ansatz ist Adobe PhoneGap/Apache Cordova.

5.1.3.3 Interpretation hybrider Apps

Diese Frameworks verwenden eine Abstraktionsschnittstelle mit verschiedenen Implementierungen für die unterstützte Plattform. Bei der Entwicklung nutzt man die angebotene Abstraktionsschnittstelle, die dann für die Kommunikation mit der entsprechenden Plattform zuständig ist. In diese Kategorie fallen Appcelerator Titanium, Flutter oder NativeScript. Während Flutter dabei eigene UI Komponenten mitbringt und die nativen Oberflächen nachbildet, verwenden Titanium und NativeScript über die Runtime des jeweiligen OS direkt die nativen Oberflächenkomponenten.

5.1.3.4 Cross-Compiled hybride Apps

Beim „Cross-Compilierten“-Ansatz wird die App in einer Sprache entwickelt und bei der Kompilierung in die entsprechende Zielplattform übersetzt. Ein Beispiel für diesen Ansatz ist Xamarin oder speziell für ArcGIS-basierte Anwendungen das von Esri entwickelte „AppStudio for ArcGIS“. Bei dem AppStudio for ArcGIS wird auf das Qt-Framework gesetzt, welches immer eine eigene Oberfläche hat und daher auf allen Systemen gleich aussieht. Bei Xamarin dagegen ist für jedes unterstützte System eine eigene Oberfläche notwendig.

Cross-Compilieren übersetzt in verschiedene Programmiersprachen

Hybrider-App-Ansatz Framework	WebViewbasiert Cordova / PhoneGap	Cross- Compiled Xamarin	Cross- Compiled AppStudio for ArcGIS	Interpretiert Appcelerator Titanium	Interpretiert NativeScript	Interpretiert Flutter
Plattform						
Android	✓	✓	✓	✓	✓	✓
iOS	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Windows Phone 8.1	✓	✗	✗	✓	✗	✗
UWP für Windows 10	✓	✓	✓Beta	✓	✗	✗
Programmiersprache	HTML5 / CSS/ JavaScript / TypeScript	C#	Qt	JavaScript	JavaScript / TypeScript	Dart

Übersicht gängiger Vertreter hybrider App-Ansätze (Stand: Mai 2020)

Im Hinblick auf Anwendungen im GIS-Bereich kann man beim WebView-basierten Ansatz alle gängigen JavaScript-GIS-Bibliotheken (z. B. OpenLayers, Leaflet, Esri JavaScript API oder CesiumJS) plattformübergreifend ohne größeren Aufwand verwenden. Bei interpretierten Apps kann es notwendig werden, wieder eine eigene WebView-Komponente mit einzubinden, um die JavaScript-Bibliotheken zu benutzen. Dies kann auch eine Möglichkeit beim Cross-Compiler-Ansatz sein oder man ist auf eine eigens für das Framework konzipierte GIS-Bibliothek angewiesen. Diese sind aber oft nur mit eingeschränkten GIS-Funktionalitäten ausgestattet und führen zu starken Abhängigkeiten von der entsprechenden Bibliothek.

5.1.3.5 Fazit

Die Entscheidung für eine der vorgestellten hybriden App-Technologien sollte wohlüberlegt sein, da dies eine langfristige Bindung an das entsprechende Framework bedeutet. Jedes Framework hat seine eigenen Vor- und Nachteile. Verschiedene Auswahlkriterien, wie die begrenzte Unterstützung älterer mobiler Betriebssysteme und -versionen, muss bei der Wahl eines Frameworks ebenso berücksichtigt werden wie der Einsatz und der Umgang mit GIS-Bibliotheken oder die Programmiersprache und das Know-how der Entwickler.

Die Auswahl einer hybriden Technologie erfordert eine gute Projektplanung

5.2 Entscheidungshilfen

Für die grundlegende Entscheidung, wie eine App konzipiert werden soll, müssen die Anforderungen genau spezifiziert und analysiert werden, wie die Zielgruppe der App, das Einsatzszenario, die Integration in die bestehende Infrastruktur, das Erlösmodell, die Vermarktung oder der Zugriff auf Echtzeitdaten. Daher ist zu überprüfen, ob alle Anforderungen inklusive der erwünschten Performance mit einem ausgewählten Ansatz (siehe nachfolgende Tabelle) umgesetzt werden können.

Anforderung	Native	Web	Hybrid
Entwicklungssprache	native Sprache	Websprachen	Websprachen und native Sprachen
GIS-Unterstützung	hoch	mittel bis hoch in Abhängigkeit der Anwendung	WebView-basiert = mittel bis hoch in Abhängigkeit der Anwendung; interpretiert bzw. Cross-Compiler-Ansatz = niedrig bis hoch (abhängig von Framework / verfügbaren SDKs)
Multiplattform Unterstützung	keine	hoch	hoch
Upgrade-Flexibilität	gering via App-Stores	hoch	mittel bis hoch (abhängig vom Framework)
Hardwarezugriff	hoch	gering bis mittel	mittel
Vertrieb	App-Store	mobile Browser	App-Store

Gegenüberstellung der grundlegenden Entwicklungsansätze

Native Apps kommen vor allem dort zum Einsatz, wo einerseits sehr hohe Performance, wie komplizierte Grafik-Rendering- oder Gaming-Anwendungen, und ein plattformspezifisches User Interface gefragt ist. Bei der Entwicklung für verschiedene Plattformen muss jedoch mit einem hohen Kostenaufwand gerechnet werden. Wenn Geräteschnittstellen angesprochen werden sollen, ein Vertrieb über einen Marketplace erforderlich ist und kostengünstig für mehrere Plattformen entwickelt werden soll, spielt der hybride Ansatz seine Stärken aus.

Sofern keine Vermarktung via Marketplace notwendig ist und gerätespezifischen Sensoren und andere Zugriffe auf das Gerät nur im begrenzten Umfang vorgesehen sind, kann der webbasierte Ansatz (ggf. Progressive Web Apps) die beste und kostengünstigste Lösung sein.

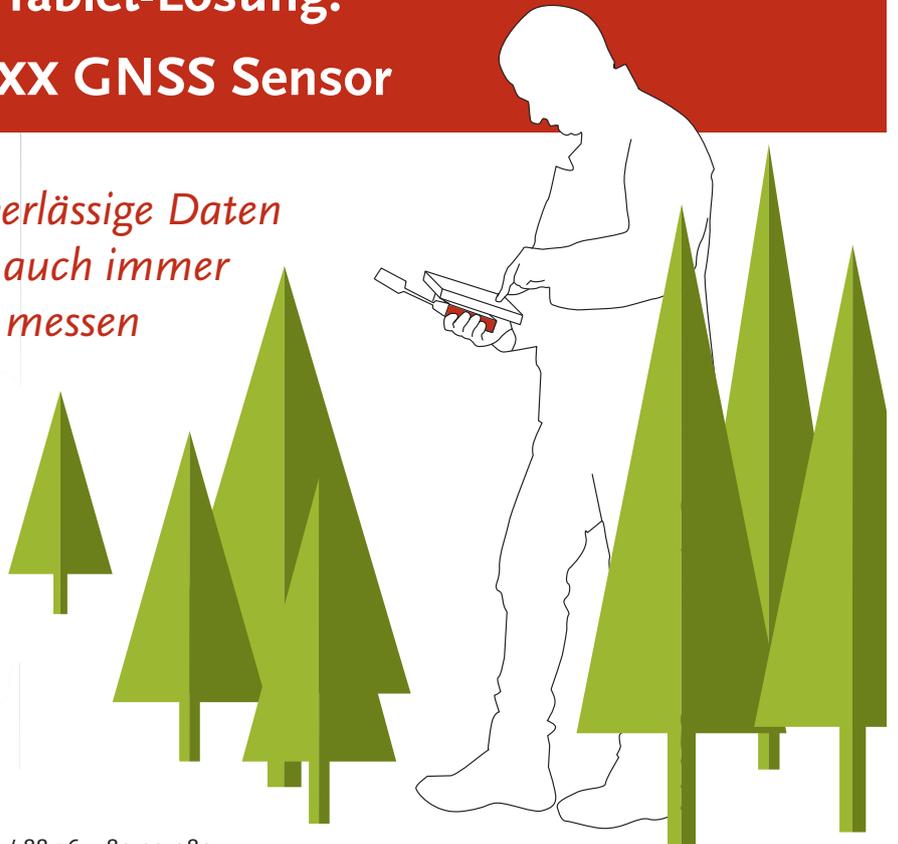
Anzeige



DIE Tablet-Lösung: ppm 10xx GNSS Sensor



*zuverlässige Daten
wo auch immer
Sie messen*



Mehr unter: ppmgmbh.com | Tel: 00 49 / 88 56 – 80 30 980

6 IT-Sicherheit mobiler GIS-Anwendungen

Verfasser: Prof. Dr. Gunnar Teege, Universität der Bundeswehr München

Heutige mobile Endgeräte wie Smartphones und Tablet-PCs wurden typischerweise für den Consumerbereich entwickelt, finden aber zunehmend auch Anwendung im professionellen Umfeld. Gerade für GIS-Anwendungen bietet sich ihr Einsatz besonders an. Damit ergibt sich allerdings die Notwendigkeit, die Systeme für einen professionellen Einsatz hinreichend abzusichern.

Daneben existieren die Mobilgeräte für professionelle Datenerfassung. Sie werden zunehmend auf die heutigen mobilen Umgebungen und Plattformen umgestellt. Damit ergibt sich für sie die Notwendigkeit, Sicherheitsmechanismen anzupassen oder überhaupt erst einzuführen.

6.1 Einführung

Was unter „Absicherung“ zu verstehen ist, darüber gehen die Vorstellungen oft so stark auseinander, dass es schwierig ist, dieses Thema den Erwartungen entsprechend zu behandeln. Dies liegt nicht an der Unkenntnis der beteiligten Betroffenen, sondern an den unterschiedlichen Anforderungen und den vielen Aspekten, die mit dem Begriff assoziiert werden. Dies reicht von der Absicherung von Daten gegen Verlust über die Absicherung gegen aktive Hackerangriffe bis zur Absicherung, dass Datenschutzrichtlinien eingehalten werden. Alle diese Aspekte haben gerade auch im mobilen Bereich eine hohe Relevanz.

Dabei konzentrieren sich die Vorbehalte, die bisher einen Einsatz von Mobilgeräten im professionellen Umfeld einschränken, allerdings auf die Absicherung gegen bewusste Angriffe auf Daten, Geräte und Nutzer(-organisationen). Dies wird häufig als „IT-Sicherheit“ im engeren Sinne bezeichnet. Auf diesen Bereich sind die Hauptinhalte dieses Kapitels beschränkt. Dabei wird angenommen, dass es eine „Betreiberorganisation“ des mobilen GIS gibt, deren Infrastruktur und Daten zu schützen sind.

Datenschutz und Privatsphäre

Ein häufiger Vorbehalt im Zusammenhang mit mobilen Systemen betrifft auch den Datenschutz bzw. den Schutz der Privatsphäre. Aus Sicht einer Organisation, die mobile GIS betreibt, geht es hierbei um den Umgang mit den Daten der Kunden bzw. Nutzer. Gerade auf Mobilgeräten sind umfangreiche Daten (z. B. Positionsdaten) verfügbar, die mit oder ohne Wissen und Zustimmung des Nutzers abgegriffen werden können.

Die mögliche Bedrohung geht hier also im Gegensatz zu der später betrachteten Situation von der Betreiberorganisation aus; sie muss verantwortungsbewusst und transparent mit den ihr überlassenen Daten umgehen. Dazu gehört allerdings auch, sie wie die eigenen Daten vor den Zugriffen Dritter zu schützen, wofür die im restlichen Kapitel betrachteten Aspekte wieder relevant sind.

Der Datenschutz wird im folgenden Kapitel „Geodaten“ näher behandelt.

Bedrohungen mobiler Systeme

Stationäre unvernetzte IT-Systeme sind nur durch physischen Zugang angreifbar, der effektiv eingeschränkt werden kann. Die (leitungsgebundene) Vernetzung erhöht die Gefährdung stark, da sie den Zugang auch über Kommunikationsverbindungen (in der Regel von einem anderen Gerät aus) ermöglicht. Beide Fälle werden hier nicht behandelt, es sei auf die einschlägige Literatur zur IT-Sicherheit verwiesen.

Absicherung ist ein weit gefasster Begriff mit vielen Anforderungen

Umgang mit Nutzerdaten und deren Schutz ist eine empfindliche Verantwortung der Betreiber

In einem mobilen System wird die vernetzte IT-Infrastruktur durch mobile Endgeräte ergänzt, die typischerweise über Funkverbindungen kommunizieren. Für den Consumerbereich entwickelte Mobilgeräte bieten relativ geringe Schutzmechanismen. Die Sicherheitsproblematik, die sich aus dem Einsatz der Mobilgeräte ergibt, bilden den Schwerpunkt dieses Kapitels.

Die Mobilität erleichtert den physischen Zugang zu den Endgeräten, die Funkkommunikation erleichtert das Einbringen von Fremdgeräten in die Vernetzung. Typische Mobilgeräte unterstützen verschiedene Funkschnittstellen (Mobilfunknetz, WLAN, Bluetooth) mit unterschiedlichen Eigenschaften. Dies erhöht die Komplexität und die Gefahr, Angriffskanäle zu übersehen oder zu unterschätzen.

Der Einsatz von Mobilgeräten löst die relativ statische, abgrenzbare Netzstruktur leitungsgebundener IT-Netze auf. Weder hat das Mobilgerät eine vertrauenswürdige Netzumgebung, noch kann das Infrastrukturnetz auf vertrauenswürdige Komponenten begrenzt werden. Durch die hohe Zugänglichkeit in Verbindung mit schwachen Schutzmaßnahmen bilden Mobilgeräte meist das „schwächste Glied“ in einem mobilen System und werden zum bevorzugten Angriffspunkt für die komplette Infrastruktur. Insgesamt ergibt sich durch den Einsatz von Mobilgeräten eine nochmals drastisch erhöhte Sicherheitsproblematik.

IT-Sicherheit basiert immer auf vertrauenswürdigen Komponenten. Bei Mobilgeräten sind diese praktisch nicht vorhanden. Weder der regulären Anwendungssoftware noch dem Betriebssystem noch dem Nutzer oder der Kommunikationsverbindung kann uneingeschränkt vertraut werden; selbst die Hardware ist bei physischem Zugang manipulierbar. Damit ist eine vollständige Absicherung der Mobilgeräte prinzipiell nicht erreichbar.

Mobilgeräte stellen Sicherheitsrisiken dar

Ziele des Kapitels

Wie für alle Systeme ist daher eine Risikoanalyse erforderlich. Das Risiko ergibt sich aus der Eintrittswahrscheinlichkeit und der Schadenshöhe. Die Schadenshöhe hängt davon ab, wie kritisch der Schutz der Daten und die Verfügbarkeit des Systems für den Anwender sind. Erst aus der Risikoanalyse ergibt sich der für die jeweilige Anwendung anzustrebende Grad der Sicherheit.

Daher können die folgenden Abschnitte kein Maßnahmenbündel vorstellen, das in jeder mobilen GIS-Anwendung die Sicherheit herstellt. Ziel ist es vielmehr, eine Orientierung zu geben über die Aspekte und Maßnahmen, die für eine mobile GIS-Anwendung relevant sein können, und eine Grundlage für die Risikoanalyse zu legen.

Mobilgerät-Betriebssysteme

Wesentliche Eigenschaften von Mobilgeräten werden durch das Betriebssystem (häufig auch als „Plattform“ bezeichnet) bestimmt. Die aktuell relevanten Betriebssysteme sind im Kapitel „IT-Plattformen“ näher vorgestellt: Windows Mobile, Windows Desktop, Android und iOS. Professionelle Mobilgeräte zur Geodatenerfassung verwenden teilweise auch Windows-Desktop-Versionen. Bzgl. der Sicherheitseigenschaften gibt es kaum prinzipielle Unterschiede zwischen den Betriebssystemen, allerdings werden aktuell die Sicherheitsaspekte unterschiedlich umfassend abgedeckt. Hier findet eine rasche Entwicklung statt, daher werden im Rest des Kapitels keine vergleichenden Aussagen zu Detailsigenschaften gemacht, sondern nur einzelne Beispiele genannt.

6.2 Sicherheitsaspekte

Zuerst werden die typischen IT-Sicherheitsaspekte für mobile GIS-Anwendungen, bestehend aus einer IT-Infrastruktur und Mobilgeräten, betrachtet. Je nach Art der Anwendung und den Anforderungen an die Sicherheit haben sie eine unterschiedliche Relevanz.

Verwaltung der Mobilgeräte

Mobile GIS-Clients werden häufig neben anderen Außendienstgeräten eingesetzt, für die nur Bestandsverwaltung relevant ist. Mobile GIS-Clients sind aber IT-Geräte, für die weitere, insbesondere sicherheitsrelevante Aspekte hinzukommen: Verantwortlichkeit und Durchführung von Nutzereinweisung, Konfiguration, Software-(SW-)Installation, SW-Updates und Datensicherung. Darüber hinaus ist die Einhaltung von (gesetzlichen und organisationseigenen) Richtlinien zu garantieren („Compliance“).

Mobilgeräte haben keinen festen Standort und möglicherweise wechselnde Nutzer. Mobile GIS-Clients werden typischerweise im Außendienst eingesetzt. Dies erschwert die Verwaltung der Geräte gegenüber nichtmobilen IT-Geräten. Noch komplexer wird es, wenn eigene Geräte der Mitarbeiter eingesetzt werden (BYOD: „bring your own device“).

Die Verwaltung mobiler GIS-Clients erfordert daher sorgfältige Planung inkl. Risikoanalyse, Definition von Schutzziele und Vorgehensweisen. Dabei ist entscheidend, dass nicht nur die Mobilgeräte, sondern die gesamte IT-Infrastruktur der Betreiberorganisation einbezogen wird.

Mobilgeräte als Angriffsmittel

Mobilgeräte werden fast immer in Verbindung mit einer IT-Infrastruktur eingesetzt. Als schwächstes Glied werden sie häufig als Mittel zum Angriff auf diese Infrastruktur verwendet. Im Fall mobiler GIS-Clients handelt es sich bei der Infrastruktur typischerweise um Geo-Datenbanken, teilweise mit sensiblen Inhalten, mit denen der Client zum Datenabgleich verbunden wird. Aber auch die übrige IT-Infrastruktur ist gefährdet, sobald das Mobilgerät in Verbindung mit ihr steht.

Ein Angriff über ein Mobilgerät wird häufig von Dritten ausgeführt, die sich vorher einen unberechtigten Zugriff auf das Mobilgerät verschafft haben und ohne Kenntnis des Gerätenutzers handeln. Nicht zu vernachlässigen sind aber auch Angriffe, die der rechtmäßige Nutzer des Mobilgeräts ausführt („Innentäter“). Gegenmaßnahmen auf dem Mobilgerät sind daher nicht ausreichend, die IT-Infrastruktur muss eigene Schutzmechanismen gegen Angriffe durch Mobilgeräte umsetzen.

Ein Mobilgerät kann die Infrastruktur über jede seiner vorhandenen Kommunikationsschnittstellen angreifen, sowohl kabelgebundene (wenn verbunden) als auch funkbasierte (wenn in Reichweite). Darüber hinaus können mithilfe der Sensoren (insbesondere Kamera, Mikrofon) Angriffe auf die gesamte physikalische Umgebung des Mobilgeräts ausgeführt werden.

Mobilgeräte gefährden potenziell die gesamte IT-Infrastruktur

Alle Kommunikationsschnittstellen eignen sich für einen Angriff

Software für Mobilgeräte

Für Mobilgeräte ist es charakteristisch, dass es eine extrem hohe Zahl von Herstellern für weltweit verfügbare Software (Apps) gibt. Daraus ergibt sich eine große Gefahr, dass regulär installierte Software (SW) Schwachstellen aufweist, aber auch, dass sie vom Hersteller absichtlich eingebaute Schadfunktionen enthält.

Alle gängigen Betriebssysteme stellen sicher, dass nur signierte Anwendungs-SW ausgeführt werden kann. Durch Signierung wird nachgewiesen, dass Software von einer bestimmten Quelle stammt und nicht nachträglich verändert wurde. Dies führt aber nur zu vertrauenswürdiger Software, wenn man die Signatur sicher einer Quelle zuordnen kann und wenn man diese Quelle gut genug kennt, um ihr zu vertrauen. Während es beispielsweise bei iOS-SW eine Infrastruktur zur Signaturzuordnung gibt, ist dies bei Android-SW nicht der Fall, hier wird nur sichergestellt, dass Updates von derselben Quelle kommen.

Eine wichtige Grundlage für den Umgang mit nicht vertrauenswürdiger SW ist die Möglichkeit, die Rechte einer Anwendung durch das Betriebssystem einzuschränken. Dies wird von den gängigen Betriebssystemen in weitgehend vergleichbarer Weise unterstützt. In Fällen, in denen Rechte den Zugriff auf Sensoren oder andere sensitive Hardwarekomponenten betreffen oder den Zugriff auf anwendungsübergreifende Datenbanken wie die Kontaktliste, wird der Nutzer eingebunden. Er kann meist spezifisch für einzelne Anwendungen festlegen, welche Zugriffe erlaubt sind und kann diese Einstellungen auch später wieder ändern.

Deutlich verstärkt wird das Problem dadurch, dass auch das Betriebssystem eines Mobilgeräts nicht vertrauenswürdig ist. Bei allen Geräten ist es möglich, das Betriebssystem zu ersetzen oder wesentliche Sicherheitsmaßnahmen zu deaktivieren, wenn ein physikalischer Zugang zum Gerät besteht. Bei Systemen wie iOS müssen dazu Schwachstellen des Betriebssystems ausgenutzt werden („Jailbreak“); entsprechende Möglichkeiten sind aber leicht verfügbar. Die Modifikation der Geräte wird in der Regel durch die Nutzer selbst durchgeführt, um Einschränkungen in der Nutzbarkeit aufzuheben. Aber auch die Geräte- und Betriebssystemhersteller haben Eigeninteressen und integrieren Funktionen (i. Allg. Datenabgriffe), die für bestimmte Anwender eine Gefährdung darstellen können. Ein weiteres Problem kann die Verfügbarkeit von Updates sein. Dies betrifft speziell ältere Mobilgeräte. Wegen der großen Zahl unterschiedlicher Geräte und den kurzen Entwicklungszyklen sind aktuellere Betriebssysteme auf älteren Geräten teilweise nicht mehr ausführbar oder werden (speziell für Android) für ältere Geräte gar nicht angeboten.

Auch Betriebssysteme stellen Sicherheitsrisiken dar

Mobile GIS-Anwendungen setzen meist fachspezifische Software ein, die von einem der Betreiberorganisation bekannten und vertrauenswürdigen Hersteller bezogen wird. Häufig sind aber weitere Utility-Funktionen erforderlich, deren Software aus anderen Quellen stammt, denen weniger vertraut werden kann. Dies ist insbesondere bei privater Mitnutzung des Geräts der Fall.

Vertraulichkeit und Integrität der Daten

Angriffe zielen häufig darauf ab, Daten unbefugt abzugreifen (Verletzung der Vertraulichkeit) oder zu modifizieren (Verletzung der Integrität). Dies kann während der Übertragung der Daten oder während ihrer Speicherung oder Verarbeitung auf dem Mobilgerät erfolgen. Bei mobilen GIS-Systemen bestehen in der Regel sehr hohe Anforderungen an die Datenintegrität und teilweise auch an die Datenvertraulichkeit (typischerweise bei personenbezogenen Daten). Neben den üblichen Angriffsmöglichkeiten während der Übertragung erhöht sich die Gefahr bei Mobilgeräten durch den besonders einfachen Zugang zur Funkübertragung durch die Möglichkeit, die Kommunikation über gefälschte Empfangsstationen umzuleiten und durch nicht vertrauenswürdige Kommunikationsanbieter.

Während sich die Daten auf dem Mobilgerät befinden, besteht die Gefahr, dass auf dem Gerät installierte nicht vertrauenswürdige Software auf die Daten zugreift. Aus diesem Grund ermöglichen es die Betriebssysteme, den gegenseitigen Datenzugriff zwischen Anwendungen einzuschränken oder zu verhindern. Dabei verfolgen sie unterschiedliche Strategien. Während beispielsweise Android dem Anwendungsentwickler überlässt, ob und wie weit Zugriffe auf die Daten seiner Anwendung unterbunden werden sollen, lässt iOS solche Zugriffe generell nicht zu. Die Umsetzung des Schutzes geschieht immer durch das Betriebssystem, Verletzungen erfordern daher immer einen Angriff auf das Betriebssystem.

Android und iOS verfolgen unterschiedliche Sicherheitsstrategien

Zu berücksichtigen ist aber, dass der Schutz vor Zugriffen durch andere Anwendungen keine Zugriffe durch nicht vertrauenswürdige Betriebssysteme oder durch den Nutzer des Mobilgeräts verhindert.

Mobilgeräte nutzen häufig Cloudsysteme zur Datenspeicherung als Alternative zur Ablage auf dem Gerät. Dies verringert die Gefahr von Zugriffen durch Dritte während der Speicherung in der Regel deutlich, erfordert aber häufigere Übertragung bei der Nutzung auf dem Gerät und ermöglicht Zugriffe durch nicht vertrauenswürdige Betreiber des verwendeten Cloudsystems. Dies ist insbesondere problematisch bei ausländischen Cloudbetreibern, die anderen gesetzlichen Regelungen unterliegen.

Verfügbarkeit

Auch die Verfügbarkeit des Systems kann Ziel von Angriffen sein, sie kann aber auch durch Fehler beeinträchtigt sein. Durch die Gefährdung des Mobilgeräts und der Schnittstellen erhöhen Mobilgeräte typischerweise die Gefahr, dass die Verfügbarkeit des Systems beeinträchtigt ist. Bei mobilen GIS-Anwendungen bestehen oft hohe Anforderungen an die Verfügbarkeit auch in abgelegenen Gelände.

In diesem Fall ist die Datenverbindung zwischen Mobilgerät und Infrastruktur der entscheidende Faktor. Um die Verfügbarkeit unabhängig von der Datenverbindung zu machen, kann man alle für den Betrieb nötigen Daten auf das Mobilgerät kopieren („Offline“-Ansatz). Ein Datenabgleich erfolgt dann nur bei Verbindung zur Infrastruktur.

Dieses Vorgehen macht aber die Zugriffsmöglichkeit auf die Daten auf dem Mobilgerät zum entscheidenden Faktor für die Verfügbarkeit. Durch Verlust oder Diebstahl des Mobilgeräts oder durch Angriffe auf die auf dem Gerät abgelegten Daten (z. B. Verschlüsselung durch Angreifer mittels „ransomware“) kann die Verfügbarkeit gestört werden. Außerdem kann die Aktualität der Daten reduziert und die Angriffsmöglichkeit auf Vertraulichkeit und Integrität erhöht sein.

Verfügbarkeit und Datensicherheit bilden grundsätzlich unvereinbare Ziele. Insgesamt hängt es stark von der jeweiligen Anwendung ab, wie hoch die Anforderungen an die Verfügbarkeit sind und ob eher die Datenverbindung oder die Mobilgeräte gefährdet sind.

Authentifizierung und Autorisierung

Authentifizierung bedeutet den Nachweis der Identität eines Subjekts (Nutzer, Mobilgerät, Server etc.). Autorisierung ist die Entscheidung anhand der Identität eines Subjekts, ob das Subjekt eine bestimmte Operation (z. B. Lesen, Schreiben, Benutzen) mit einer bestimmten Ressource (Daten, Gerätekomponente) ausführen darf.

Im Zusammenhang mit Mobilgeräten treten mehrere typische Fälle für Authentifizierung und Autorisierung auf. Der Nutzer kann sich beim Mobilgerät für die Nutzung des Geräts authentifizieren. Der Nutzer oder das Mobilgerät kann sich bei einem Kommunikationsnetz (z. B. WLAN) oder bei der Infrastruktur für die Benutzung authentifizieren. Eine Infrastrukturkomponente (z. B. ein Anwendungsserver) kann sich beim Mobilgerät authentifizieren oder bei einer anderen Komponente (z. B. einem Datenbankserver).

Typischerweise ist eine Authentifizierung nur für eine gewisse Zeit gültig und muss dann wiederholt werden (z. B. automatische Bildschirmsperre bei Mobilgeräten). Teilweise speichern Mobilgeräte auch Authentifizierungsinformationen des Nutzers, um Authentifizierung gegenüber der Infrastruktur zu wiederholen (z. B. Passwortspeicherung im Browser). Dann besteht die Gefahr, dass jeder, der Zugriff auf das Gerät erhält, Operationen mit den Rechten des Nutzers ausführen kann.

Bestehen bei GIS-Systemen die zu nutzenden Ressourcen aus Daten mit Geobezug, kann dieser bei der Autorisierung mit einbezogen werden. Subjekte erhalten dann beispielsweise nur Zugriff auf Daten, die bestimmte Regionen betreffen. In mobilen GIS-Anwendungen kann zusätzlich auch der aktuelle Geobezug des Subjekts über das Mobilgerät ermittelt und für die Autorisierung mit einbezogen werden. Subjekte erhalten dann nur bestimmte Zugriffe, wenn sie sich in bestimmten Regionen aufhalten. Dies ist allerdings

Sicherheit kann durch Offlineverwendung erhöht werden, Verfügbarkeit kann dann jedoch eingeschränkt sein

sehr leicht angreifbar, da das Subjekt als Nutzer des Mobilgeräts die ermittelte Position leicht fälschen kann.

Um die Folgen entwendeter Authentifizierungsinformationen zu reduzieren, kann der Nutzer verschiedene Identitäten für verschiedene Zugriffe verwenden. Beispielsweise kann man für den Zugang zur Infrastruktur eine andere Authentifizierung verlangen als für die reine Nutzung des Mobilgeräts.

6.3 Schutzmaßnahmen

Konkrete Schutzmaßnahmen wirken sich teilweise auf mehrere Sicherheitsaspekte aus, umgekehrt kann eine Kombination von Maßnahmen erforderlich sein, um einen Aspekt abzudecken.

Alle allgemeinen IT-Schutzmaßnahmen wie SW-Aktualisierung, Nutzung von Verschlüsselung und Back-ups, Nutzung und sichere Aufbewahrung von Passwörtern sind für mobile GIS-Anwendungen ebenso relevant, insbesondere für die IT-Infrastruktur. Diese werden im Folgenden vorausgesetzt; der Schwerpunkt in diesem Abschnitt liegt bei spezifischen Maßnahmen in Verbindung mit dem Einsatz von Mobilgeräten.

Konventionelle Schutzmaßnahmen sind auch für mobile Anwendungen wichtig

Zugang zum Mobilgerät

Da der physische Zugang zu Mobilgeräten kaum eingeschränkt werden kann (Diebstahl, Verlust), ist es besonders wichtig, dass sich der Nutzer beim Gerät authentifizieren muss. Dabei ergibt sich das Dilemma, dass für den rechtmäßigen Nutzer möglichst selten eine Wiederholung erforderlich sein sollte, für einen anderen Nutzer dagegen sofort eine Authentifizierung angefordert werden muss. Hier muss ein für die jeweilige Anwendung angemessener Kompromiss gefunden werden.

Die Authentifizierung beim Mobilgerät schränkt nur die Nutzung des Geräts über die normale Bedienschnittstelle (meist: Touchscreen) ein, sie verhindert nicht den Zugriff durch Öffnen des Geräts oder durch Entnahme von Speicherkarten. Sie bietet daher alleine keinen ausreichenden Schutz.

Übliche Methoden zur Authentifizierung beim Gerät sind PIN oder Passwort (verwendbar, wenn die üblichen Anforderungen erfüllt werden), Muster (hinterlässt erkennbare Schmier Spuren, nicht empfehlenswert), biometrische Verfahren wie Gesichts-, Stimmen- oder Fingerabdruckererkennung (durch Aufzeichnung/Abbild täuschbar, nicht empfehlenswert) und Sicherheits-Token (USB-Stick, Chipkarte), die an das Gerät angeschlossen werden (können mit gestohlen/verloren werden, nicht empfehlenswert). Eine Kombination mehrerer Verfahren („n-Faktor-Authentifizierung“) erhöht die Sicherheit in der Regel deutlich und macht Verfahren einsetzbar, die einzeln nicht empfehlenswert sind.

Die Kombination mehrerer Authentifizierungsverfahren erhöht die Sicherheit deutlich

Häufig sind gewisse Anwendungen des Mobilgeräts auch ohne Authentifizierung nutzbar (bei Mobiltelefonen immer die Notruf-Funktion). Weitere können ggf. durch Konfiguration erlaubt werden. Solche Anwendungen können die Angriffsmöglichkeiten deutlich erhöhen und sollten möglichst vermieden werden.

Konfiguration des Mobilgeräts

Neben der Installation von Anwendungs-SW können die Aktionsmöglichkeiten des Mobilgeräts durch Konfiguration beeinflusst werden. Konfiguration ändert dauerhaft Einstellungen des Betriebssystems oder von Standardanwendungen und hat teilweise besonders starke Auswirkungen auf die Sicherheit.

Gewisse Eigenschaften können meist manuell direkt am Gerät über die normale Bedienschnittstelle mithilfe von Konfigurationsanwendungen modifiziert werden.

Bei Consumergeräten liegt der Schwerpunkt dabei auf typischen Anforderungen für Privatnutzer. Bei Android ist der Umfang herstellerspezifisch, Zusatz-Apps machen unterschiedlich viele weitere der vorhandenen Einstellungen zugänglich. Bei iOS-Geräten ist eine einheitliche Standardschnittstelle zur Konfiguration vorhanden.

Weitergehende Konfigurationsmöglichkeiten können extern auf PCs ausgeführte Anwendungen bieten, dazu muss das Mobilgerät mit dem PC verbunden werden. Für iOS-Geräte sind diese Anwendungen teilweise nur auf Apple-Rechnern verfügbar.

Nur ein Teil der mittels Konfiguration modifizierbaren Eigenschaften sind sicherheitsrelevant. Dazu gehören Eigenschaften, die potenziell gefährliche Aktionen erlauben oder verbieten (beispielsweise die Installation von Software aus Nichtstandardquellen) und Eigenschaften, die Schutzmechanismen aktivieren, deaktivieren oder modifizieren (beispielsweise die Dauer bis zur Aktivierung der Bildschirmsperre).

Nicht alle modifizierbaren Eigenschaften sind sicherheitsrelevant

Eine Alternative zur Konfiguration einzelner Eigenschaften bieten Profile. Dabei handelt es sich um Sammeleinstellungen für mehrere Eigenschaften. Handelt es sich in erster Linie um sicherheitsrelevante Eigenschaften, spricht man auch von Schutzprofilen. Profile sind beispielsweise in Dateien gespeichert, die auf das Gerät übertragen und dort angewendet werden können.

Die wichtigsten Konfigurationsmöglichkeiten für Mobilgeräte mit den gängigen Betriebssystemen sind die automatische Sperre (zeitliche Begrenzung der Wirksamkeit der Nutzerauthentifizierung) und die Verschlüsselung der auf dem Gerät gespeicherten Daten.

Absicherung der Infrastruktur

Mobilgeräte werden typischerweise direkt an das Kommunikationsnetz der Betreiberorganisation angeschlossen, entweder kabelgebunden oder über Funk (typischerweise WLAN). Häufig verbinden sich Mobilgeräte automatisch mit bekannten Netzen, im zweiten Fall reicht es dann bereits aus, dass sich das Mobilgerät in Funkreichweite befindet.

Sobald das Gerät verbunden ist, befindet es sich „innerhalb“ des Netzes. Damit sind alle Absicherungen an der Netzperipherie (z. B. eine Firewall) wirkungslos. Entweder müssen alle am Netz angeschlossenen Geräte einzeln gegenüber den übrigen abgesichert werden oder es müssen zumindest die Verbindungswege für Mobilgeräte zusätzlich abgesichert werden, indem eine Authentifizierung für die Nutzung des Verbindungswegs gefordert wird.

Für WLAN existieren standardisierte Absicherungsverfahren, die unterschiedlich starke Sicherheit bieten. Die wichtigsten in der Praxis sind WPA-PSK („Consumer-Mode“) und WPA-EAP („Enterprise-Mode“). Im ersten Fall verwenden alle Mobilgeräte ein gemeinsames Passwort, im zweiten Fall findet eine individuelle Authentifizierung mit unterschiedlichen Verfahren statt. Das Verfahren, Zugang anhand der MAC-Adressen der Mobilgeräte zu gewähren, bietet keine Sicherheit, da diese Adressen sehr leicht abgehört und gefälscht werden können.

Mobilgeräte unterstützen neben WLAN häufig weitere Kommunikationsschnittstellen, z. B. Bluetooth. Auch diese müssen abgesichert oder (auf Infrastrukturseite) deaktiviert werden. Schließlich können teilweise auch passiv Daten übertragen werden, indem Datenträger aus dem Mobilgerät entnommen werden. Dies verhindert aktive Angriffe über eine Kommunikationsverbindung und reduziert die Gefahr für die Infrastruktur auf die durch „verseuchte“ Datenträger mit den üblichen Schutzmaßnahmen (Überprüfen des Datenträgers).

Ein VPN („Virtual Private Network“) ist kein Verfahren zum Schutz der Infrastruktur, sondern zum Aufbau einer sicheren Verbindung über ein unsicheres Kommunikationsnetz (z. B. das Internet). Obwohl die Verfahren die Verbindung zuverlässig schützen, kann die Verwendung die Gefährdung für die Infrastruktur noch erhöhen, da ein VPN Mobilgeräten auch eine Verbindung mit der Infrastruktur unabhängig von Kabelanbindung oder

Funkreichweite ermöglicht. Daher muss auch hier eine Authentifizierung des Geräts bei der Verbindung sichergestellt werden.

Wesentlich bei der Authentifizierung gegenüber der Infrastruktur ist es, dass die Information zur Authentifizierung nicht vollständig auf dem Mobilgerät abgelegt ist. In diesem Fall könnte ein gestohlenen oder verlorenes Gerät direkt zum Angriff auf die Infrastruktur verwendet werden. Eine Beteiligung des Nutzers authentifiziert diesen statt des Geräts und verhindert zusätzlich, dass die Verbindung ohne Kenntnis des Nutzers hergestellt wird. Zusätzlich sollte aber auch das Gerät authentifiziert werden, damit der Nutzer keine Geräte verbindet, die nicht dafür vorgesehen sind und möglicherweise Schwachstellen bilden.

Dabei ist immer zu berücksichtigen, dass auch, wenn Nutzer und Gerät korrekt authentifiziert sind, nicht vertrauenswürdige Software auf dem Gerät die Verbindung ohne Kenntnis des Nutzers zu einem Angriff auf die Infrastruktur verwenden kann. Daher sind immer zusätzliche Schutzmaßnahmen für die am Netz angeschlossenen Infrastrukturkomponenten durch individuelle Absicherung der Komponenten und/oder Überwachung der Kommunikation im Netz erforderlich.

Sowohl Nutzer als auch Gerät sollten authentifiziert werden

Vertrauenswürdige Software

Um die Vertrauenswürdigkeit der Anwendungs-SW auf Mobilgeräten zu erhöhen, betreiben die Betriebssystemhersteller Onlineshops („App-Stores“), in denen sie die angebotene Software vor der Bereitstellung auf Schadfunktionen überprüfen. Diese Kontrollen sind relativ effektiv, bieten aber keinen sicheren Schutz. Untersuchungen haben gezeigt, dass Software mit Schadfunktionen in diesen Shops im Bereich unter ca. 2 % liegen. Allerdings legt dabei der Shopbetreiber fest, was eine „Schadfunktion“ ist. Beispielsweise zählt Google das ungefragte Versenden der Geräteerkennung (IMEI) an einen Internetserver bei jedem Anwendungsstart nicht zu den Schadfunktionen.

Neben diesen „offiziellen“ App-Stores gibt es weitere Quellen für den Bezug von Anwendungs-SW, bei denen unterschiedlich starke Prüfungen stattfinden. Die Nutzung solcher alternativer Quellen reduziert die Vertrauenswürdigkeit der installierten Software in der Regel deutlich. Bei iOS-Geräten erfordert die Nutzung alternativer Quellen einen Jailbreak des Geräts, bei Android ist dies in der regulären Konfiguration einstellbar.

Das höchste Vertrauen eines Anwenders (in Bezug auf enthaltene Schadfunktionen, nicht unbedingt in Bezug auf enthaltene Schwachstellen) genießt selbst entwickelte Software. Um diese auf dem Mobilgerät einzusetzen, muss sie in der Regel über einen App-Store installiert werden, auch wenn sie nicht zur allgemeinen Benutzung freigegeben werden soll. Apple und Microsoft bieten zu diesem Zweck „geschlossene Bereiche“ („Volume Purchase Program“, „private sections“) in ihren Stores an. Für Android kann der Anwender einen eigenen App-Store mit beschränktem Zugang betreiben. Dann muss aber auf dem Gerät die Installation aus alternativen Stores erlaubt werden, was die Sicherheit wieder reduzieren kann.

Je nach Betriebssystem ist der Weg über einen App-Store bei der Installation eigener Software notwendig

Auf Android-Geräten kann Software auch direkt ohne den Umweg über einen App-Store installiert werden, wenn der „USB-Debugging“-Modus aktiviert wird. Dieser Modus ist nur für die Softwareentwicklung vorgesehen. Er kann in der Konfiguration aktiviert werden, muss aber im Normalbetrieb unbedingt vermieden werden, da er das Gerät über die USB-Schnittstelle für einen unbeschränkten Zugang ohne Authentifizierung öffnet.

Eine höhere Sicherheit erreicht man, wenn man die Vertrauenswürdigkeit der installierten Software nicht an den App-Store knüpft, sondern an die einzelnen konkreten Anwendungen. Dazu erstellt man eine Liste der vertrauenswürdigen Anwendungen und überprüft dann, ob auf einem Gerät nur Anwendungen aus dieser Liste installiert sind. Diese Prüfung muss durch Monitorsoftware auf dem Gerät erfolgen. Bei vertrauenswürdiger Monitorsoftware in Verbindung mit einem vertrauenswürdigen Betriebssystem ist

diese Prüfung zuverlässig durchführbar. Sie kann von außen veranlasst werden, z. B. als Voraussetzung für die Verbindung des Mobilgeräts mit der Infrastruktur.

Alle genannten Maßnahmen zur Vertrauenswürdigkeit der Anwendungs-SW basieren auf der Vertrauenswürdigkeit des Betriebssystems. Während man das Modifizieren von Betriebssystemeigenschaften zwar erschweren, aber nie sicher verhindern kann, sind Geräte mit modifiziertem Betriebssystem meist relativ leicht an dem modifizierten Verhalten zu erkennen. Gezielte Angriffe können allerdings eine Modifikation auch verbergen, erfordern in der Regel aber hohen Aufwand und Spezialkenntnisse. Hier muss eine Risikoanalyse ergeben, ob diese Gefahr akzeptabel ist oder ob speziell gehärtete Mobilgeräte eingesetzt werden müssen oder im Extremfall der Einsatz von Mobilgeräten vermieden werden muss.

Die Vertrauenswürdigkeit des Betriebssystems bildet die Basis der genannten Maßnahmen

Zu berücksichtigen ist auch, dass bei einem gestohlenen oder verlorenen Mobilgerät mittels Betriebssystemmodifikation alle auf dem Gerät implementierten Sicherheitsmaßnahmen außer Kraft gesetzt werden können und beliebige Angriffe auf die Vertraulichkeit der Daten auf dem Gerät möglich sind. Dies betrifft insbesondere Zugangsdaten für die Verbindung mit der Infrastruktur. Einziger Schutz ist hier eine hinreichend starke Verschlüsselung der Daten auf dem Gerät oder die Vermeidung der Speicherung sensibler Daten auf dem Gerät.

Mit Techniken des „Trusted Computing“ kann man gewisse Einschränkungen bzgl. der installierten Software durch die Hardware garantieren. iOS-Geräte nutzen dies, um zu garantieren, dass nur aktuelle korrekt signierte iOS-Versionen installiert werden können. Aufgrund von Implementierungsfehlern konnte dies bisher bei vielen Geräten umgangen und ein Jailbreak durchgeführt werden. In den meisten Fällen ersetzt ein Jailbreak das Betriebssystem allerdings nicht, sondern nutzt nur Schwachstellen des Betriebssystems, um bestimmte Einschränkungen unwirksam zu machen.

Management der Mobilgeräte

Die Verwaltung mehrerer Mobilgeräte für den Einsatz in der Betreiberorganisation bezeichnet man als „Mobile Device Management“ (MDM). Ein MDM-System ist eine Softwareanwendung zur Unterstützung dieser Verwaltung. Unterstützte Funktionen sind: Bestandsverwaltung, Konfiguration und Gerätemonitoring.

Bei der Konfiguration mit einem MDM-System werden Mobilgeräte automatisiert nach gewissen Vorgaben konfiguriert, ohne dass dafür eine Interaktion mit einzelnen Geräten erforderlich ist. Die verwalteten Geräte können in Gruppen mit unterschiedlichen Anforderungen eingeteilt werden, die dann unterschiedlich konfiguriert werden. Die Konfiguration betrifft die Einstellung von Betriebssystem- und Anwendungseigenschaften, kann aber auch die Installation und den Update von Anwendungen und Daten auf den Geräten umfassen oder das Entfernen von Software oder Daten bis hin zur kompletten „Gerätelöschung“. In der Regel erlaubt die Konfiguration über ein MDM-System weitergehende Einstellungen als die Konfiguration direkt am Gerät oder von einem mit dem Gerät verbundenen PC aus.

Beim Monitoring wird der Zustand der Geräte analysiert und geprüft, ob unzulässige Änderungen durch den Nutzer oder durch Angreifer vorgenommen wurden. Dabei kann es sich um die Änderung von Systemeinstellungen handeln, um Installation nicht zulässiger Anwendungen oder Entfernen verpflichtender Anwendungen, um die Ablage unerwünschter Daten oder um die Deaktivierung von Sicherheitsmaßnahmen des Betriebssystems („Jailbreak“). Ein Spezialfall ist die Überwachung der Geräteposition, um beispielsweise die unerlaubte Entfernung des Geräts aus einer bestimmten Region zu erkennen. Beim Erkennen unzulässiger Zustände kann eine automatische Reaktion ausgelöst werden, z. B. Sperren des Zugangs zur Infrastruktur, Sperren des Nutzerzugangs zum Gerät oder Löschen der auf dem Gerät gespeicherten Daten.

Das Monitoring überwacht den Zustand eines Geräts und ermöglicht Reaktionen bei Abweichungen

Obwohl MDM-Systeme Teil der Infrastruktur sind, setzen sowohl Konfiguration als auch

Gerätemonitoring eine zusätzliche SW-Komponente auf dem Gerät voraus, die entsprechende Teilaufgaben übernimmt. Die Kommunikationsschnittstelle zu dieser SW-Komponente wird auch als MDM-API bezeichnet. Die SW-Komponente kann eine eigene Anwendung oder ein Teil des Betriebssystems sein.

Alle gängigen Betriebssysteme unterstützen eine MDM-API. Als systemübergreifender De-facto-Standard hat sich dafür EAS („Exchange Active Synchron“) etabliert, allerdings setzen die Systeme den Standard unterschiedlich weitgehend um. Daneben werden systemspezifische MDM-APIs angeboten. Einige einfache Konfigurations- und Monitoringaufgaben über EAS können direkt mit dem Microsoft Exchange Server ausgeführt werden, in allen anderen Fällen ist ein echtes MDM-System erforderlich (Beispiele: XenMobile, MobileIron, Sophos Mobile Control). Solche Systeme sind häufig spezifisch für Betriebssystem, Hersteller und teilweise sogar Modell des Mobilgeräts und verwenden neben den MDM-APIs des Betriebssystems eigene SW-Komponenten mit proprietärer MDM-API.

Umfassende MDM-Systeme können zusätzlich Funktionen zur Absicherung der Infrastruktur enthalten (Zugangspunkt für die verwalteten Mobilgeräte) und App-Stores für die Verteilung vertrauenswürdiger Software.

Betreiber des MDM-Systems kann die Betreiberorganisation des mobilen GIS selbst oder ein Drittanbieter (auch Betriebssystem- oder Gerätehersteller) sein. Im zweiten Fall ist der Funktionsumfang meist gering (typisch: Fernlöschung und Geräteortung) und kaum auf spezielle Anforderungen der Betreiberorganisation und ihrer Infrastruktur anpassbar.

Hat die Betreiberorganisation keine eigene Infrastruktur, die mit den Mobilgeräten interagiert, sondern ein Cloudangebot verwendet, kann das MDM-System durch den Cloudanbieter betrieben werden. Dann kann auch die Absicherung der Infrastruktur mit abgedeckt werden. Ein Beispiel für ein solches kombiniertes Angebot ist Google Apps, das seit 2016 unter dem Namen G-Suite angeboten wird.

Verschlüsselung

Verschlüsselung ist die Standardmaßnahme, um Vertraulichkeit und Integrität von Daten zu schützen. Für den Schutz während einer Übertragung gelten die üblichen Regeln und Vorgehensweisen, hier wird nicht weiter darauf eingegangen. Für den Schutz während der Speicherung auf dem Mobilgerät sind einige Besonderheiten zu beachten.

Mobilgeräte können Datenverschlüsselung auf Ebene des Betriebssystems anbieten. Diese ist dann wirksam für alle Anwendungen, die Ver- und Entschlüsselung wird automatisch durch das Betriebssystem durchgeführt. Der dazu verwendete Schlüssel ist nicht dauerhaft auf dem Gerät gespeichert, sondern wird beim Start des Geräts aus einer Nutzereingabe (Passwort/PIN) und gerätespezifischen Daten generiert.

***Datenverschlüsselung
auf Ebene des Betriebssystems***

Die verwendeten Schlüssel selbst bieten hinreichende Sicherheit, hängen aber von der Sicherheit der Nutzereingabe ab. Bei schwachen PINs oder Passwörtern kann der Schlüssel durch Probieren ermittelt werden. Weiterhin sichert die Verschlüsselung die Daten nur bei ausgeschaltetem Gerät, da im Betrieb das Betriebssystem den Schlüssel kennt und die Daten bei Zugriff automatisch entschlüsselt. Daher muss die Nutzung des Geräts durch Unbefugte zusätzlich durch eine wirksame Gerätesperre verhindert werden.

Wechselmedien werden nicht unbedingt in die Verschlüsselung durch das Betriebssystem mit einbezogen. Bei Android kann die standardmäßig vorhandene SD-Karte erst seit Android-Version 6 durch das Betriebssystem mit verschlüsselt werden. Ist die Verschlüsselung eines Wechselmediums gerätespezifisch, kann es sein, dass es auf keinem anderen Gerät mehr verwendbar ist. Dies kann ein Problem für die Datenverfügbarkeit darstellen.

Eine Alternative zur Verschlüsselung auf Betriebssystemebene ist die Verschlüsselung der Daten einer Anwendung durch die Anwendung selbst. Dann kann die Schlüsselverwaltung anwendungsspezifisch durchgeführt werden und die verschlüsselten Daten können an beliebiger Stelle abgelegt sein, beispielsweise auch in Cloudsystemen.

Datenhaltung

Für die Datenhaltung existieren drei wesentliche Ansätze: auf dem Mobilgerät („offline“) oder „online“ in der Infrastruktur der Betreiberorganisation oder bei einem Cloudanbieter.

Die Ablage auf dem Mobilgerät erhöht die Verfügbarkeit bei Ausfall der Kommunikationsverbindung, reduziert aber Vertraulichkeit und Integrität der Daten. Sie sollte nur in Verbindung mit Verschlüsselung eingesetzt werden.

Die Ablage bei einem Cloudanbieter kann die Verfügbarkeit und Sicherheit gegenüber der Ablage in der eigenen Infrastruktur erhöhen, da professionelle Cloudanbieter die Daten meist besser gegen Verlust und Zugriff durch Dritte schützen können als die Betreiberorganisation selbst. Andererseits setzt es das Vertrauen gegenüber dem Cloudanbieter voraus. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass der Cloudanbieter gesetzlich dazu verpflichtet sein kann, Daten an staatliche Institutionen weiterzugeben. Auch die Verschlüsselung der Daten bietet nur begrenzten Schutz, da Cloudanbieter oder staatliche Institutionen typischerweise über hinreichend Ressourcen verfügen, um die Verschlüsselung erfolgreich anzugreifen.

Cloudanbieter schützen meist besser gegen Datenverlust und unerlaubten Zugriff als eigene Infrastrukturen

Betriebssystem- und Gerätehersteller betreiben in der Regel Cloudangebote für die Ablage von Daten durch Mobilgeräte. Dazu wird je Mobilgerät ein „Konto“ eingerichtet, das dann zur Datenablage genutzt werden kann. Typische Verwendungen sind Datensicherung („Synchronisation“), Zugriff von unterschiedlichen Mobilgeräten und Verarbeitung von Daten in cloudbasierten Anwendungen. Die Betreiberorganisation kann in der eigenen Infrastruktur ebenfalls Cloudtechnologie einsetzen, indem sie eine eigene („private“) Cloud betreibt.

Auch wenn Daten nicht dauerhaft auf dem Mobilgerät abgelegt sind, müssen sie zur Verarbeitung und Anzeige dort zwischengespeichert werden, entweder in temporären Dateien oder zumindest im Hauptspeicher. Auch dies bietet potenzielle Angriffsmöglichkeiten auf die Daten. Es kann sicherer sein, sensitive Daten (z. B. Vektordaten) bereits in der Infrastruktur zu verarbeiten und nur weniger sensitive Ergebnisse (z. B. Darstellungen in Rasterform) an das Mobilgerät zu übertragen.

Kompartimentierung

Auch auf Mobilgeräten sind inzwischen Techniken verfügbar, mehrere Schutzbereiche („compartments“) anzulegen. Jedes Compartment kann eigene Sicherheitsanforderungen erfüllen, indem es spezifische Konfigurationen und Sicherheitsmaßnahmen einsetzt. Häufig wird diese Technik verwendet, um ein Mobilgerät sowohl beruflich als auch privat nutzbar zu machen. Dazu wird jeweils ein Compartment angelegt; das berufliche kann dann mittels MDM durch den Arbeitgeber verwaltet werden, das private verwaltet der Nutzer selbst.

Ein Compartment kann die gesamte Funktionalität des Mobilgeräts unterstützen, also Konfiguration, Zugriff auf die Kommunikationskanäle, Installation von Anwendungs-SW etc. Ein Compartment kann aber auch auf spezielle sicherheitskritische Funktionen begrenzt sein, z. B. die Eingabe einer TAN oder eines Passworts.

Kompartimentierung erhöht nicht die Sicherheit auf dem Mobilgerät, sondern die Nutzbarkeit, indem es neben Compartments mit hohen Sicherheitsmaßnahmen auch solche mit weniger hohen auf demselben Gerät ermöglicht. Da auch die Trennung zwischen den Compartments angreifbar ist, steigt dadurch wieder die Gefährdung des Geräts insgesamt.

Teilweise wird für eine bessere Nutzbarkeit ein gewisser Informationsaustausch zwischen Compartments zugelassen (z. B. Zugriff auf die Kontaktliste in einem anderen Compartment), wodurch die Trennung weiter geschwächt wird.

Alle gängigen Mobil-Betriebssysteme implementieren eine schwache Form von Compartments („sandbox“) für jede installierte Anwendung. Sie schützt die Daten der Anwendung vor dem Zugriff durch andere auf dem Gerät installierte Anwendungen.

Durch eigene Datenverschlüsselung und gezielte Einschränkung der verwendeten Schnittstellen nach außen kann eine Anwendung den Schutz ihrer Daten stark erhöhen und auch gegen den Zugriff durch das Betriebssystem weitgehend absichern. Die so entstehenden Compartments für einzelne Anwendungen werden als „Container“ bezeichnet, die Anwendungen als „containerisiert“. Dies ist begrifflich zu unterscheiden von den sogenannten Softwarecontainern, wie sie beispielsweise von Docker unterstützt werden und die nicht spezifisch für Mobilgeräte sind.

**„Containerisierung“
kann den Datenschutz
stark erhöhen**

Eine containerisierte Anwendung hat die volle Kontrolle über die von ihr verwendeten Sicherheitsmaßnahmen, kann eine beliebig umfangreiche MDM-API implementieren und ihre Daten ohne Unterstützung durch das Betriebssystem verschlüsseln. Die Daten können in verschlüsselter Form zwischen Anwendung und Infrastruktur übertragen werden und ein Zugriff auf die Infrastruktur durch andere Anwendungen kann stark erschwert werden. Insgesamt erreicht man auf diese Weise einen hohen Schutz einzelner Anwendungen vor praktisch allen Bedrohungen im mobilen Umfeld.

Im Gegensatz zu MDM, bei dem das Mobilgerät insgesamt einheitlich verwaltet und geschützt wird, bieten Anwendungscontainer eine höhere Flexibilität und Nutzbarkeit, da Verwaltung und Schutzmaßnahmen anwendungsspezifisch umgesetzt werden können. Dies ist insbesondere dann relevant, wenn ein Mobilgerät in mehreren mobilen Systemen mit unterschiedlichen Anforderungen eingesetzt werden soll.

Es werden auch sogenannte „Containerlösungen“ für den professionellen Einsatz von Mobilgeräten angeboten. Dabei handelt es sich um eine einzelne containerisierte Anwendung, die einen wesentlichen Teil der Funktionalität des Mobilgeräts nachbildet, für berufliche Nutzung typischerweise Telefonie, E-Mail, Kalender, Kontaktliste und Infrastrukturzugriff einschließlich der zugehörigen Konfiguration. Wird eine Containerlösung als einzige Anwendung auf einem Mobilgerät installiert, kann sie eine sehr hohe Sicherheit in allen Bereichen erreichen. Der wesentliche Nachteil liegt darin, dass man auf den Funktionsumfang der Containerlösung eingeschränkt ist, der Fachanwendungen in der Regel nicht abdeckt.

6.4 Anwendungsszenarien

Mobile GIS bilden ein breites Spektrum in Bezug auf Struktur und Anwendung. In diesem Abschnitt sollen einige typische Fälle und die für sie relevanten Sicherheitsaspekte und -maßnahmen vorgestellt werden.

Zwei typische Anwendungsszenarien sind:

- Eine Behörde (z. B. Vermessungsamt) oder ein Unternehmen (z. B. Energieversorger) mit einer existierenden eigenen GIS-Infrastruktur setzt Mobilgeräte zur Datenerfassung ein.
- Ein Anbieter von Geoinformationen (z. B. Tourismusorganisation) erlaubt die Nutzung der Informationen auf Mobilgeräten.

Weitere Anwendungsszenarien ergeben sich daraus durch Kombination und durch Unterscheidung nach Sensitivität der Daten und Art der GIS-Infrastruktur. Daher werden verschiedene Dimensionen der Anwendungsszenarien getrennt behandelt.

Nutzer/Besitzer der Mobilgeräte

- Die Mobilgeräte sind im Besitz der Betreiberorganisation und werden nur durch eigene Außendienstmitarbeiter für Datenzugriff und Datenerfassung eingesetzt. Relevant: MDM-System, Zugangsschutz für Mobilgerät, vertrauenswürdige Software auf dem Mobilgerät.
- Die Mobilgeräte sind nicht im Besitz der Betreiberorganisation und werden von Mitarbeitern oder Kunden (z. B. Landwirte, Forstbesitzer) für Datenzugriff und Datenerfassung eingesetzt. Relevant: Containeranwendungen, Absicherung der Betreiberinfrastruktur, Authentifizierung.
- Die Mobilgeräte sind nicht im Besitz der Betreiberorganisation und werden von der Öffentlichkeit für Datenzugriff und Datenerfassung eingesetzt. Relevant: Absicherung der Betreiberinfrastruktur.

Betreiber der GIS-Infrastruktur

- Die Betreiberorganisation des mobilen GIS betreibt eine eigene GIS-Infrastruktur. Relevant: Anschluss der Mobilgeräte.
- Direkter Zugriff der Mobilgeräte auf die GIS-Infrastruktur. In diesem Fall müssen in der Regel zusätzliche Absicherungen ergänzt werden.
- Verwendung einer separaten Infrastruktur, die mit den Mobilgeräten interagiert und Datenabgleich zur GIS-Infrastruktur. Die separate Infrastruktur kann von einem Dritten (z. B. GIS-Hersteller, Mobilgeräthersteller, Mobilplattformhersteller) betrieben werden.
- Die Betreiberorganisation des mobilen GIS hat keine eigene GIS-Infrastruktur. Relevant: Datenablage.
- Einrichtung einer eigenen Infrastruktur für Datenaustausch, Back-up, ggf. Gerätemanagement.
- Nutzung von Cloudangeboten.

Der Schutz der Infrastruktur ist immer relevant, auch wenn keine sensitiven Daten dort abgelegt sind. Viele Angriffe zielen nicht auf die abgreifbaren Informationen, sondern auf die Verwendung der Infrastruktur für Angriffe auf weitere Nutzer („kompromittierte Website“). Der Schutz der Infrastruktur dient hier dem Schutz der Nutzer des mobilen GIS.

Sensitivität der Daten

- Auf den Mobilgeräten genutzte/erfasste Daten sind frei zugänglich.
- Die Daten sind nur beschränkt zugänglich (z. B. kostenpflichtig, auf bestimmten Personenkreis beschränkt). Relevant: Verschlüsselung, Containeranwendung, Zugang zum Mobilgerät.
- Die Daten unterliegen dem Datenschutz. Relevant: Datenablage.

Anzeige



RIWA

Alle Geoinformationen werden
zum digitalen Erlebnis.

Kontroll-Apps für

- + Bäume
- + Brücken
- + Feuerbeschau
- + Gewässer
- + Gräber
- + Hydranten
- + Kanäle
- + Lichtpunkte
- + Ortsinfotafeln
- + Schieber
- + Spielplätze
- + Stadtmobiliar
- + Straßen
- + Verkehrszeichen
- + Wegeinfrastruktur

www.riwa.de

7 Anwenderbeispiele

7.1 ArcGIS QuickCapture und Site Scan for ArcGIS – Datenerfassung mit Drohnen in Echtzeit

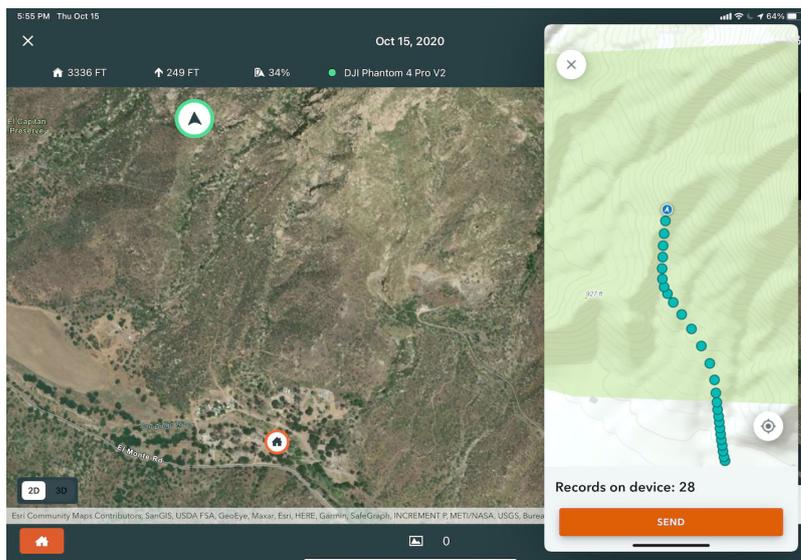
Kurzbeschreibung

Zwei Esri-Produkte koppeln und einen neuen Mehrwert generieren? Mit ArcGIS QuickCapture und Site Scan for ArcGIS ist das möglich.

ArcGIS Quick Capture ist die denkbar einfachste App, um mobil Geodaten zu erfassen. Mit nur einem Tastendruck können Daten mühelos und ohne Vorkenntnisse erfasst werden. Zahlreiche individuelle Anpassungen sind ohne eine Zeile Code problemlos möglich. Und die Ergebnisse sind direkt verfügbar, sobald die App mit dem ArcGIS-System synchronisiert ist.

Mit Site Scan for ArcGIS können Drohnenflüge geplant und durchgeführt werden. Der Flugplan kann hier für verschiedenste Ziele erstellt werden. Mithilfe des erstellten Plans ist die Drohne in der Lage, den Flug autonom durchzuführen. So kann etwa der Baustellenfortschritt mit Drohnen mobil erfasst werden. Dabei wird das Live-Bild von der Drohne an die App übertragen. Der Pilot sieht also in Echtzeit das, was die Drohne mit der Kamera aufnimmt.

Diese Flugplanungs-App kann den aktuellen Standort der Drohne mit Quick Capture teilen. Dadurch ist es möglich, für eine aktuelle Lagesituation Geodaten auf Basis der live übertragenen Drohnenaufnahmen zu erfassen.



Nutzen

Gerade in Krisensituationen sind aktuelle Lagedaten, die einfach und sehr schnell erfasst werden können, besonders entscheidend. Drohnen können innerhalb weniger Minuten startklar gemacht werden und die Kameras liefern sehr übersichtliche Einblicke. Derartige Einblicke sind am Boden, insbesondere im Katastrophenfall, oft nicht oder nur mit erheblich höherem Aufwand möglich. Die gekoppelten Apps liefern damit unmittelbar aktuellste Daten – etwa um Rettungsteams an brisante Einsatzorte zu schicken. Auch die Entwicklung von Krisensituationen kann schnell dokumentiert werden, um unmittelbar Vorhersagen zu treffen und Entscheidungen zu unterstützen.

Referenzen

<https://www.esri.de/de-de/case-studies/drohnen-technologie-westnetz>

<https://www.esri.de/de-de/case-studies/plant-for-the-planet>

<https://www.esri.com/de-de/arcgis/products/arcgis-reality/products/site-scan-for-arcgis>

<https://www.esri.com/de-de/arcgis/products/arcgis-quickcapture/overview>

Kontakt

Esri Deutschland GmbH
Ringstr. 7
85402 Kranzberg
Tel.: +49 89 207 005 1200
info@esri.de
www.esri.de

7.2 ARVAtec + Algiz 8X – Präzisionslandwirtschaft leicht gemacht

Kurzbeschreibung

Präzise gepflanzt – was bedeutet das?

ARVAplant Mobile ist ein intelligentes und effizientes GNSS-System zur Absteckung von Obstplantagen, Olivenhainen, Weinbergen und Pappelhainen für Profis. ARVAplant Mobile wurde vom Handheld-Partner ARVAtec, einem italienischen Spezialisten für Landwirtschaftstechnologie mit Sitz in der Nähe von Mailand, Italien, entwickelt.

Im Jahr 2002 hat ARVAtec landwirtschaftliche Entscheidungen durch den Einsatz von Elektronik und Informationstechnologie erneuert und damit die „Präzisionslandwirtschaft“ in Italien eingeführt. Mehr als 20 Jahre später blickt das Unternehmen weiterhin in die Zukunft und bietet die fortschrittlichsten Technologien an, um die Qualität der Landwirtschaft und damit das Leben aller Menschen zu verbessern.

Genauigkeit im Zentimeterbereich

Das Algiz 8X von Handheld ist das Hochleistungs-Tablet, das ARVAtec zur präzisen Bestimmung der Bodenbeschaffenheit und der besten Pflanzoptionen einsetzt. Das robuste Tablet verfügt über ein großes kapazitives 8-Zoll-Display. Es ist leistungsstark und effizient und eignet sich ideal für die Entwicklung von Wein- und Obstbauprojekten. Dank der Software ARVAplant wird der Bediener präzise zu jedem Absteckungspunkt geführt.

Der Algiz 8X ist mit einem GNSS-Empfänger mit Doppelfrequenz L1 + L2 gepaart und seine Multikonstellation (GPS + GLONASS + Galileo + Beidou) ermöglicht ein zentimetergenaues Arbeiten, auch in sehr rauen Gegenden wie in Wald- oder Bergnähe. Es kann sowohl mit Ntrip-Anschluss für den Empfang der RTK-Differenzialkorrektur als auch mit einem Funkmodul für die vom GSM-Netz schwer erreichbaren Gebiete arbeiten.

Dank der Integration des GNSS-Empfängers direkt in das Tablet und eines leichten Poles mit Selbstvertikalisierung über das Gyroskop ist das Antennen-Kit leicht und handlich. Das ARVAplant Mobile System ist daher einfach im Feld zu verwenden.



Nutzen

Das ARVAplant Mobile GNSS-System, das aus dem leistungsstarken Tablet Algiz 8X und einem integrierten RTK-GNSS-Empfänger mit mehreren Konstellationen besteht, minimiert die Anzahl der Arbeiter, reduziert die Verfolgungszeiten, plant die gesamte Bepflanzung auf dem Feld, bestimmt vorher genau die benötigten Materialmengen, rationalisiert die Arbeitsabläufe und verringert Verschwendung, wodurch die Umweltbelastung verringert wird.

Referenzen

<https://www.handheldgroup.com/de/robuste-losungen/fallstudien/>

praezisionslandwirtschaft-leicht-gemacht/

Kontakt

handheld

Handheld Germany GmbH
Martin-Oberndorfer-Straße 5
83395 Freilassing

Tel.: +49 (8654) 77957 0
info@handheldgermany.com
www.handheldgroup.com/de

7.3 Leica Zeno-Lösung – die zuverlässige GIS-Datenerfassung

Kurzbeschreibung

Viele Entscheidungen werden heutzutage aufgrund von Geodaten getroffen. Von der einfachen Liegenschaftsauskunft bis zu Instandhaltungsarbeiten an einer Versorgungsleitung. Die Grundlage hierfür bilden die zuvor erfassten Daten. Doch wie zuverlässig sind diese GIS-Daten und mit welchen Methoden wurden sie erfasst? Bei der heutigen GIS-Datenerfassung kommen keine Spannmaßbestimmungen mittels Maßband mehr zum Einsatz, sondern GNSS-gestützte Handhelds oder Smartphones bzw. Tablets mit externen GNSS-Empfängern. Dadurch wird zum einen die Positionsgenauigkeit erhöht (bis zu wenigen Zentimetern) und zum anderen der Zeitaufwand erheblich verkürzt. Von der Inbetriebnahme des Geräts bis zur ersten Messung vergeht keine Minute. Wurde die exakte Lageinformation samt Höhe als Einzelpunkt oder als Stützpunkt einer Linie oder Fläche erfasst, können die Sachdaten, wie Typ, Durchmesser oder Zustand, eingegeben und abgespeichert werden. Da alle relevanten Daten durch den Außendienstmitarbeiter direkt vor Ort erfasst werden, wird das Risiko von Fehlern bei der Datenübernahme in das GIS-System minimiert. Es müssen keine Lageskizzen interpretiert werden, da z. B. auch hochauflösende Fotos aufgenommen und entsprechend zugeordnet werden können. Auch auf handschriftliche Notizen kann somit verzichtet werden! Sind die Daten präzise erfasst, können sie zu einem späteren Zeitpunkt wiederum zuverlässig und mit geringem Aufwand in der Örtlichkeit wiedergefunden werden. Somit gehören ungewollte Beschädigungen und aufwendige Sucharbeiten endgültig der Vergangenheit an.



Nutzen

Nutzer aus verschiedenen Branchen (Energieversorgung, Kommunen, Landwirte usw.) können jetzt schnell und einfach die benötigten Daten mit hoher Präzision erfassen. Das erleichtert nicht nur Prozesse, sondern verkürzt auch Arbeits- und Wartezeiten, die oft zu hohen Kosten führen.

Die GNSS-Geräte sind in verschiedene Genauigkeitsklassen unterteilt und können individuell an die Kundenbedürfnisse angepasst werden. Wie bei der Hardware ermöglicht auch die Zeno-Software den Nutzern zu wählen, ob sie im Leica-Ökosystem mit Leica Zeno Mobile One auf Android oder iOS arbeiten möchten, oder mit Drittanbieter-Software und -Anwendungen über Leica Zeno Connect. Neben der Antenne und Software umfasst die Zeno-Lösung auch ein robustes Android-Tablet und den HxGN SmartNet Korrekturdatendienst, um die höchste Genauigkeit im Feld zu erreichen. Mit Leicas umfassender Zeno-Lösung können sich Nutzer sicher sein, dass die gesamte Lösung nahtlos zusammenarbeitet und bei Bedarf, Service und Unterstützung von nur einem Anbieter bezogen werden kann.

Referenzen

Weiterführende Informationen zur Leica Zeno-Serie stehen auf der folgenden Webseite zur Verfügung:

<https://leica-geosystems.com/de-de/products/gis-collectors>

Weiterführende Informationen zu HxGN SmartNet sind über die folgende Webseite abrufbar:

<https://hxgnsmartnet.com/de-de>

7.4 Digitale und effiziente Kontrollen im Außendienst – die mobile Welt der RIWA Kontroll-Apps

Kurzbeschreibung

Die RIWA Kontroll-Apps, die es für viele Fachbereiche gibt, sind die ideale Ergänzung für den Außendienstmitarbeiter zur effizienten und digitalen Durchführung von Kontrollen, Objekterfassungen sowie Maßnahmenbearbeitungen. Die Apps sind speziell auf den jeweiligen Fallbereich abgestimmt und gewährleisten durch eine Nutzung im Offline-Modus jederzeit das Arbeiten an Ort und Stelle. Offline aufgenommene Daten werden dann bei vorhandener Internetverbindung mit dem RIWA GIS-Zentrum synchronisiert und die Kontrollergebnisse stehen den Innendienstmitarbeitern sofort digital zur Verfügung.

Neben individuell abgestimmten gibt es u. a. die folgenden Standardfunktionen: Digitale und mobile Dokumentation von Prüfergebnissen, verschiedene Suchmöglichkeiten in den Datenbeständen, effektive Maßnahmenbearbeitung durch die Anzeige offener Maßnahmen, Erfassung und Verortung neuer Objekte per GPS oder manuell anhand von hinterlegten Karteninhalten, anschauliche Kartendarstellung von Objekten inkl. Kontrollstatus, Fotodokumentation und viele weitere.

Für diese Bereiche stehen folgende RIWA Kontroll-Apps zur Verfügung:

Baumkontrolle • Brückenkontrolle • Feuerbeschau • Gewässerkontrolle • Grabkontrolle • Hydrantenkontrolle • Löschwassermessung • Kanalkontrolle • Lichtpunktkontrolle • Ortsinfo • Schieberkontrolle • Spielplatzkontrolle • Stadtmobiliar • Straßenkontrolle • Verkehrszeichen • Wegeinfrastruktur

Auf der nächsten Seite werden zwei RIWA Kontroll-Apps näher vorgestellt.



Spielplatzkontroll-App

Die Spielplatzkontroll-App, basierend auf dem Spielplatz Modul des RIWA GIS-Zentrums, ist die ideale Ergänzung für den Außendienstmitarbeiter zur effektiven Durchführung von Kontrollen und Wartungsarbeiten.

Funktionen im Überblick: Kontrolle von Spielplätzen und Dokumentation des Prüfergebnisses nach DIN EN 1176, effektive Maßnahmenabarbeitung durch die Anzeige offener Maßnahmen, Erfassung und Verortung neuer Spielgeräte und Ausstattungselemente, Suchmöglichkeiten in den Datenbeständen (z. B. Suche nach Spielplätzen oder offenen Maßnahmen), Fotodokumentation, anschauliche Kartendarstellung von Spielplätzen, Standortbestimmung per GPS, Offlinenutzung der Spielplatzkontroll-App.

Baumkontroll-App

Die Baumkontroll-App, basierend auf dem Modul Bäume, ist die ideale Ergänzung für den Außendienstmitarbeiter zur effektiven Durchführung von Baumkontrollen, Baumersparfassungen sowie auftragsabhängigen Maßnahmenmanagement.

Funktionen im Überblick: Mobile Kontrolle von Bäumen mit Maßnahmenvergabe und lückenloser Dokumentation des Prüfergebnisses, Erfassung und Verortung der Bäume per GNSS oder Kartendarstellung, effektive Maßnahmenabarbeitung durch eine strukturierte Auftragsanzeige je Kontrollbereich, manuelle Erfassung anhand von z. B. Luftbildern, Fotodokumentation, Offlinenutzung der Baumkontroll-App.

Vergleichskriterien

Einsatzgebiete	Zur effektiven Kontrolle und Maßnahmenabnahme für Kommunen, Landratsämter, Kontrolleure, Wohnbaugesellschaften und Institutionen
Genauigkeitsbereiche	3-6 Meter (integrierter GNSS-Chip), mit externem GNSS-Empfänger (z. B. SAPOS-fähig) sind hohe Genauigkeiten im 10-Zentimeter-Bereich möglich
Betriebssystem(e)	Android
Art der Anwendung	Native Applikation
Schnittstellen	Zu den entsprechenden Modulen im RIWA GIS-Server & zu OGC Web Services (WMS)
Voraussetzungen	Android-Geräte ab 7.0 Riwa GIS Server und Client mit Grundmodul und Karten-App
Objektstruktur	Simple Feature Modell (Punkt, Linie, Polygon)
Qualifikation der Benutzer	Es werden keine besonderen Qualifikationen vorausgesetzt
Online-/Offlinelösung	Online- und Offlinelösung
Referenzen	Seit 2016 bei vielen Kommunen, Sachverständigen und Institutionen erfolgreich im Einsatz. Es erfolgen regelmäßige Funktionsupdates und -erweiterungen.

Kontakt



RIWA GmbH
An der Neumühle 5
87700 Memmingen
vertrieb@riwa.de

8 Hardwarebeispiele

Die nachfolgenden Produktvorstellungen im Bereich Hardware stammen von den jeweiligen Herstellern. Alle angegebenen Daten und Informationen (Fakten) wurden auf der Grundlage der vom Runden Tisch GIS e. V. vorgegebenen Templates von den Herstellern selbst erstellt. Es sind maximal vier Produktvorstellungen je Hersteller vorgesehen. Trotz größter Sorgfalt kann für Irrtümer und Fehler keine Haftung übernommen werden.

Die Auswahl der Produkte, die im Folgenden vorgestellt werden, basieren auf den eingereichten Beiträgen aus dem Beteiligungsauftrag des Runden Tisch GIS e. V. und der Prüfung durch das Redaktionsteam des vorliegenden Leitfadens. Die aufgeführten Beispiele entsprechen den Rückläufern der Auswahlliste. Die nachfolgende Produktübersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Durch die einheitliche Struktur der Produktpräsentationen soll ein schneller Vergleich zwischen den Produkten ermöglicht werden. Die Vorstellung der Lösungen erfolgt nach Firmennamen in alphabetischer Reihenfolge.

Die Hardwarehersteller wurden um folgende Angaben gebeten:

Textliche Produktvorstellung im Umfang von ca. 1.000 Zeichen und Beantwortung der folgenden Kriterien:

- Prozessor (RAM)
- Akku (Laufzeit)
- Display
- Robustheit
- Maße (Gewicht)
- Festplatte
- DGPS möglich?
- Betriebssystem
- Preis

8.1 Forest it Design AB: Tablet 11,6“ FIDS Zelo

Robuster, modularer, lüfterloser Tablet-PC mit neusten technischen Standards. Der FIDS Zelo ist ein Tablet für professionelle Anwender, die unter den anspruchsvollsten Bedingungen arbeiten müssen. Ausgerüstet mit Intels 10ter Gen CPU, ist dieses kompakte, robuste und ausdauernde Tablet getestet und zertifiziert in Übereinstimmung mit den IP65, MIL-STD 810G und MIL-STD461F Standards bei einem Betriebstemperaturbereich von -20°C bis +60°C.

- Lüfterloses Tablet mit hellem, in der Sonne ablesbarem Multi-Touch-Display, das auch bei Nässe funktioniert
- Hot-Swap Akkus
- Benutzerdefinierbare Erweiterungsmöglichkeiten
- Umfassende Sicherheitsfeatures und Zubehör

Prozessor (RAM)	CPU Intel i5-10210Y, CPU Intel i7-10510Y, 8 GB, 16 GB RAM
Akku	Li-Ion (5400 mAh), Laufzeit ca. 8 Std.
Display	11,6“ Multi-Touchscreen, kapazitiv, 800 cd/m ²
Robustheit	IP 65
Maße (Gewicht)	270 x 180 x 15 (1.200 g)
Festplatte	256, 512 GB, 1 TB SSD
DGPS möglich	DGPS, RTK vorbereitet
Betriebssystem(e)	Windows 10, 8
Preis	Ab 2.000 Euro



8.2 Forest it Design AB: Tablet 10,1“ FIDS Enzi

10 Zoll, leicht, schlank, vielseitig und leistungsstark

Ein idealer Begleiter für den Außeneinsatz mit umfassenden Funktionen. Der FIDS Enzi ist ein vielseitig einsetzbarer, ausdauernder, mobiler Computer für leichte bis mittelschwere Aufgaben.

Der moderne Intel Gemini Lake-R Pentium-Prozessor und Microsoft Windows 10 gewährleisten ausdauerndes und flexibles Arbeiten. IP65, FHD Display (800 nits), Hot-Swap Akku, TPM 2.0, optional Tisch- und KFZ-Docking, schnelle und einfache Verbindung zum Internet und zur Cloud mit WLAN WiFi 6, 802.11ax und optional WWAN via 4G/LTE. Bluetooth 5.1 für die drahtlose Verbindung zu Peripheriegeräten und einen dedizierten Ublox Neo-M8N GPS/GNSS-Empfänger mit GLONASS- und Galileo-Unterstützung für präzisere Positionierung und höhere Genauigkeit, 1D-/2D-Barcodeleser sorgen für vielfältige Einsatzmöglichkeiten.

Prozessor (RAM)	Intel Gemini lake-R Celeron N4120 Quad Core, Pentium N5030 8 GB LPDDR4
Akku	Li-Ion (5000 mAh), Laufzeit ca. 8 Std.
Display	10,1“ Touchscreen, kapazitiv, 800 cd/m ²
Robustheit	IP 65
Maße (Gewicht)	270 x 180 x 15 (1.044 g)
Festplatte	128 GB SSD eMMC
DGPS möglich	DGPS, RTK, Ja
Betriebssystem(e)	Windows 10
Preis	Ab 1.600 Euro



8.3 Forest it Design AB: Tablet 7“ Genzwave RP70 Windows 10 und Android

Das robuste Mini-Tablet mit schnellem und genauem GNSS, hellem Bildschirm und Pen mit schlanker Spitze. Mit einem Gewicht von nur 600 g passt es in ein brandneues Segment, zwischen den PDAs und den vielseitigen Tablet-PCs. Diese stabile Einheit ist IP65 zertifiziert und läuft mit dem Microsoft WIN 10 und Android Betriebssystem. Der berührungssensitive Bildschirm ist klar und hell, auch bei direktem Sonnenlicht (700 nits). Im Lieferumfang enthalten ist ein Stift mit feiner Spitze zur detaillierten und selektiven Arbeit mit dem Bildschirm. Der eingebaute QR- und Barcodeleser) erlaubt schnelle und zuverlässige Datenerfassung. Der NFC-Leser steht für sichere sofortige Zahlungsmöglichkeiten und GLONASS ermöglicht präzise und Navigation und Positionierung.

Prozessor (RAM)	Intel Cherry Trail Z8350, bis zu 1.9 GHz Quad Core Processor, 4 u. 8 GB RAM
Akku	Li-Ion (5600 mAh) o. (10050 mAh), Laufzeit ca. 8 Std.
Display	7“ Touchscreen, kapazitiv, 700 cd/m ²
Robustheit	IP 65
Maße (Gewicht)	600 g
Festplatte	64 o. 128 GB SSD eMMC
DGPS möglich	DGPS, RTK
Betriebssystem(e)	Windows 10, Android
Preis	Ab 1.200 Euro



8.4 Forest it Design AB: EOS Arrow Gold u. Gold+

Einer der weltweit fortschrittlichsten GNSS-Empfänger für jedes mobile Gerät. Der Arrow Gold und dessen weiterentwickelter Nachfolger, der Arrow Gold+™, sind die ersten hochpräzisen Bluetooth-GNSS-Empfänger, die sowohl alle vier globalen GNSS-Satellitenkonstellationen (GPS, GLONASS, Galileo, Beidou) als auch eine Multi-Frequenz- und satellitengestützte RTK-Erweiterung integrieren. Darüber hinaus bietet der neue Arrow Gold+ eine Vollband-Positionsabdeckung für alle GNSS-Signale einschließlich des Galileo High-Accuracy Service (HAS), welcher weltweit eine Genauigkeit von < 20 cm erzielt. Sowohl der Arrow Gold als auch der Arrow Gold+ Empfänger sind in Verbindung mit allen Apps einsetzbar, die auf iOS, Android und Windows laufen. Wird häufig mit ArcGIS verwendet. Weitere Produkte, wie Arrow 100 u. 200 auf www.forest-it.com.

Prozessor (RAM)	Entfällt
Akku	11+ Stunden
Display	Entfällt
Robustheit	IP 67, wasserfest
Maße (Gewicht)	12.5 x 8.4 x 4.2 cm (372 g)
Festplatte	Entfällt
DGPS möglich	DGPS, RTK
Betriebssystem(e)	Kompatibel mit Windows, iOS, Android
Preis	Ca. 8000 Euro



8.5 Handheld: ALGIZ 10XR – Ultimate Field Performance

Das neue robuste Windows-Tablet Algiz 10XR macht sich die Leistungsfähigkeit der heutigen Technologie zunutze und bietet erhebliche Verbesserungen für robustes mobiles Computing. Es beschreitet neue Wege in der Technik, um bei der Arbeit neue Wege beschreiten zu können. Die Anwendungsmöglichkeiten für das robuste Windows-Tablet Algiz 10XR sind nahezu unbegrenzt. Der Algiz 10XR hat einen speziellen u-blox-Empfänger und modernen Chipsatz sowie einen langlebigen, im laufenden Betrieb austauschbaren Akku. Die zukunftssichere 5G-Kommunikation kann Live-Videostreams und bandbreitenintensive Aufgaben wie Mapping bewältigen. Das sehr helle Display verfügt über einen Handschuh- und Regenmodus, damit es auch bei schlechtem Wetter einsatzbereit ist. Es gibt drei separate USB-C-Anschlüsse und optional integriertes NFC.

Prozessor (RAM)	Intel Elkhart Lake Atom x6413E 1.50 GHz (3.00 GHz boost) 64 Bit Quad-Core, 8 GB
Akku	11,55 V Li-Ion (3520 mAh), 40, 66 Wh Hot-Swappable
Display	10,1" kapazitiver Multi-Touch 1920 x 1200 Pixel
Robustheit	IP 65, MIL-STD 810G
Maße (Gewicht)	282 x 182 x 26 mm (1.250 g)
Festplatte	128 GB
DGPS möglich	u-blox NEO-M8U Empfänger
Betriebssystem(e)	Windows 10 Enterprise LTSC (64bit)
Preis	Ab 2.500 Euro



8.6 Handheld: ALGIZ RT8 – Ultra-rugged Efficiency

Das ultra-robuste Tablet Algiz RT8 ist für alle Arbeitsumgebungen gewappnet. Selbst bei extremen Temperaturen, Vibrationen, Stürzen, Wasser und Staub arbeitet es zuverlässig. Mit dem Betriebssystem Android 11 ermöglicht das 8-Zoll-Tablet schnelleres und effizienteres Arbeiten bei Außeneinsätzen. Der Algiz RT8 ist unglaublich leicht und kompakt. Es verfügt über ein langlebiges 8-Zoll-Display, das auch bei Sonnenlicht beste Lesbarkeit bietet. Zusammen mit den Vorteilen von Android 9, den integrierten Features wie u-blox GNSS-Receiver, das Gyroskop, den Kompass und vieles mehr ist der Algiz RT8 ein äußerst vielseitiges Tool. Der Algiz RT8 wird mit der kostenfreien MDM-Software MaxGo Manager ausgeliefert. Die Software-Suite MaxGo ermöglicht nicht nur die schnelle Übernahme einheitlicher Einstellungen auf mehrere Geräte, sondern auch den Zugriff auf kundeneigene Anwendungen. Nicht zuletzt steigert eine große Palette von Handheld-Zubehör die Vielseitigkeit des Tablets noch zusätzlich.

Prozessor (RAM)	Qualcomm Snapdragon 625 MSM8953, Okta-Core, 2,0 GHz, 4 GB RAM
Akku	Li-Ion (8000 mAh), 30,4 Wh
Display	8" kapazitiver Multi-Touch 1920 x 1200 Pixel
Robustheit	IP 67, MIL-STD 810G
Maße (Gewicht)	249 x 145 x 15 mm (635 g)
Festplatte	64 GB
DGPS möglich	u-blox GNSS-Empfänger
Betriebssystem(e)	Android 11 (GMS und AER)
Preis	1.150 Euro



8.7 Handheld: ALGIZ RT10 – Field-tough Mobility

Das Android-Tablet Algiz RT10 ist optimal für schwierige Umgebungen. Egal, ob es fallen gelassen, geschüttelt oder bei strömendem Regen verwendet wird, diesem robusten Tablet der Schutzklasse IP67 kann nichts so schnell etwas anhaben. Der Algiz RT10 erfüllt die strengen militärischen Prüfnormen MIL-STD-810G, damit eine Konzentration auf die Arbeit ermöglicht wird, statt sich um das Tablet kümmern zu müssen. Auf dem ultrarobusten Algiz RT10 können am hochauflösenden und sonnenlichttauglichen Display mit gehärtetem Glas auch komplexe Grafiken angezeigt werden. Der High-End-Prozessor Qualcomm Snapdragon 480 5G in Kombination mit viel Speicherplatz und RAM sorgen dafür, dass der Algiz RT10 niemals ins Hintertreffen gerät. Es können schnell auf Karten navigiert, große Dateien gespeichert und rechenintensive Software ausgeführt werden.

Prozessor (RAM)	Qualcomm Snapdragon 480 SM4350, Okta-Core, 2,0 GHz, 6 GB RAM
Akku	Li-Ion (11700 mAh), 44, 46 Wh Wechsel Akku
Display	10" kapazitiver Multi-Touch 1920 x 1200 Pixel
Robustheit	IP 67, MIL-STD 810G
Maße (Gewicht)	274 x 185 x 17 mm (980 g)
Festplatte	128 GB
DGPS möglich	u-blox NEO-M8N Empfänger, optional u-blox F9P GNSS-Empfänger
Betriebssystem(e)	Android 11 (GMS und AER)
Preis	Ab 1.450 Euro



8.8 Handheld: NAUTIZ X6 – The ultra-rugged Android Phablet

Die ausgezeichnete Lesbarkeit auf einem Tablet mit der uneingeschränkten Mobilität eines robusten Handheld-Geräts zu kombinieren, ist der Wunsch vieler Anwender. Heraus käme ein Gerät, das den Arbeitsalltag ungemein erleichtern würde. Diese ausgereifte, maßgeschneiderte Lösung gibt es: das ultrarobuste Android-Phablet Nautiz X6. Der Nautiz X6 vereint die besten Eigenschaften eines Tablets und eines robusten Handheld in einem Gerät. Zum großen Display für beste Lesbarkeit und dem schlanken, leichten Design gesellt sich hier die Unverwüstbarkeit eines Handheld-Geräts, das überallhin mitgenommen werden kann. Das großzügige 6-Zoll-Display bietet einen großen Vorteil, da es durch gehärtetes Gorilla Glass geschützt ist und auch bei Sonneneinstrahlung ein problemloses Lesen ermöglicht. Nichtsdestotrotz ist diese überzeugende Kombination leicht und sehr schlank, sodass das unverwüsthliche Phablet stets überall dabei sein kann.

Prozessor (RAM)	Qualcomm Snapdragon 626 MSM8953 Pro, Okta-Core, 2,2 GHz, 4 GB
Akku	Li-Ion (8000 mAh), 30,4 Wh
Display	6" kapazitiver Multi-Touch 1080 x 1920 Pixel
Robustheit	IP 67, MIL-STD 810G
Maße (Gewicht)	192 x 91 x 15 mm (635 g)
Festplatte	32 GB
DGPS möglich	u-blox NEO-M8N Empfänger
Betriebssystem(e)	Android 11 (GMS und AER)
Preis	980 Euro



8.9 Leica: Zeno FLX100 plus – genau, kompakt und flexibel

Die Leica FLX100 plus Smart-Antenne bietet Flexibilität und Zuverlässigkeit bei der Positionserfassung auf iOS, Android und Windows. Am Vermessungsstab liefert sie hochpräzise Höhendaten. Befestigt am Universal-Handheld-Tray bildet sie ein kompaktes System zur einfachen Datenerfassung, kompatibel mit dem CSX8, dem Smartphone oder einem Tablet. Für eine nahtlose professionelle Datenerfassung kann die FLX100 plus mit Leica Zeno Mobile One App verwendet werden. Alternativ kann durch Zeno Connect auf dem Gerät die Position der FLX100 plus auch in beliebigen anderen Apps genutzt werden. Diese robuste und kompakte Antenne ist staub- und wasserresistent und hat eine Akkulaufzeit von 20 Stunden. Die Ein-Tasten-Bedienung ermöglicht auch Benutzern mit begrenzten Vermessungskenntnissen, genaue Positionen für vielseitige Anwendungen aufzunehmen.

Prozessor (RAM)	Nicht zutreffend
Akku	Li-Ionen-Akku, Laufzeit 20 Std.
Display	Nicht zutreffend, LED-Statusanzeige
Robustheit	IP 67
Maße (Gewicht)	139 x 80.6 x 31 (319 g)
Festplatte	Nicht zutreffend
DGPS möglich	DGPS, RTK
Betriebssystem(e)	Android, iOS und Windows
Preis	Auf Anfrage



8.10 Leica: Zeno GGo4 plus – Präzision. An jedem Einsatzort

Die Leica GGo4 Plus-Smartantenne bietet bewährte Leica GNSS-Technologie. Damit sind zuverlässige und präzise Positionen selbst unter schwierigsten Bedingungen garantiert. Alle derzeit und zukünftig verfügbaren Satellitensignale (GPS, GLONASS, Galileo, Beidou, QZSS, SBAS, L-Band) werden unterstützt. Mit insgesamt 555 Kanälen werden fixierte Positionen schneller und stabiler erfasst. Diese robuste, flexible und anwenderfreundliche Smartantenne nutzt RTK-Technologie und unterstützt Precise Point Positioning (PPP) für genaue Positionierung, auch ohne mobile Internetverbindung. Das völlig drahtlose Instrument wird mit einem austauschbaren Li-Ionen-Akku betrieben und erreicht Genauigkeiten bis zu 1 cm. Dank des Konzepts, bei einfach das eigene Instrument genutzt wird, kann die GGo4 Plus mit den allermeisten Windows-, Android- oder iOS-Smartphones, -Tablets oder -Geräten betrieben werden.

Prozessor (RAM)	Nicht zutreffend
Akku	Austauschbarer Li-Ionen-Akku, Laufzeit 10 Std.
Display	Nicht zutreffend; LED-Statusanzeige
Robustheit	IP66 & IP68
Maße (Gewicht)	186 mm Durchmesser, 71 mm Höhe, 800 g inkl. Akku
Festplatte	Nicht zutreffend
DGPS möglich	DGPS, RTK, PPP
Betriebssystem(e)	Schnittstellensoftware auf Android, iOS und Windows
Preis	Auf Anfrage



8.11 Leica: CSX8 Rugged Android Tablet – sorgenfreies Arbeiten

Entwickelt für die Herausforderungen anspruchsvoller Umgebungen, überzeugt das CSX8 Tablet durch seine langanhaltende Akkulaufzeit, die einen ununterbrochenen Arbeitstag garantiert. Das robuste, staub- und wasserdichte Design bewährt sich selbst unter schwierigsten Bedingungen und bietet dennoch gute Displaylesbarkeit, selbst bei hellem Licht. Weitere Vorteile sind konfigurierbare Funktionstasten und schnelle 5G-Konnektivität. Zusammen mit verbessertem Bluetooth für lange Reichweiten wird eine ständige Verbindung mit den Sensoren und Online-Ökosystemen ermöglicht. Als Teil der Zeno Komplettlösung gibt es für das CSX8 auch Zugang zum weltweit anerkannten Support und Service von Leica Geosystems. Mit dem CSX8 ist ein sorgenfreies Arbeiten möglich – in jedem Umfeld.

Prozessor (RAM)	Qualcomm SM4350AC Octa-Core 2.2 GHz, 8 GB RAM
Akku	Austauschbarer Li-Ionen-Akku, Laufzeit 15 Std.
Display	8“, 1920 x 1200 Auflösung, lesbar in Sonnenlicht, Corning Gorilla Glass 5, 10-Finger Multi-Touch und US1 2.0 active stylus Unterstützung
Robustheit	IP66 & IP68
Maße (Gewicht)	250 x 156 x 19.5 (730 g inkl. Akku)
Festplatte	256 GB
DGPS möglich	Ja
Betriebssystem(e)	Android 12 mit Google Mobile
Preis	Auf Anfrage



9 Handlungsempfehlungen

Verfasser: Dr. Klaus Brand, GI Geoinformatik GmbH

Eine der wichtigsten Fragen, die man sich im Vorfeld der Einführung einer mobilen GIS-Lösung stellen sollte, ist die Frage nach Mobilfunknetzabdeckung, ausreichend großer Bandbreite und Risiken bezüglich des Onlinedatenzugriffs.

So bestimmt die Beantwortung dieser Fragen ganz entscheidend die Ausgestaltung einer Lösung: Ist die Anwendung weniger kritisch und von einer nahezu permanenten Mobilfunknetzabdeckung auszugehen, können problemlos Apps oder mobile Webseiten mit mobilem Datenzugriff auf einen Server verwendet werden.

Muss der Zugriff auf alle Daten zu jeder Zeit und an jedem Ort unabhängig von einer Mobilfunknetzabdeckung sichergestellt werden, z. B. im Katastrophenfall, bei Stromausfall oder bei Servicearbeiten in Räumen ohne Empfang, so muss die mobile Anwendung zumindest teilweise offlinefähig konzipiert sein: Bestimmte Daten werden dabei für die Dauer des Einsatzes im Feld offline auf dem Gerät vorgehalten (Pläne, Luftbilder, Basiskarten) und nur in regelmäßigen Abständen aktualisiert. Ein weiterer Aspekt, der angesichts der Anzahl von jährlich über 2 Mrd. weltweit verkauften mobilen Geräten (Tablets und Smartphones) an Bedeutung gewonnen hat, ist mit dem Begriff BYOD (= Bring Your Own Device) verbunden. Dahinter steht die Verwendung von bereits vorhandenen und in der Nutzung bekannten Geräten, auch zur Navigation und Datenerfassung. Diese pragmatische Vorgehensweise ist kostengünstig, bringt jedoch auch Probleme mit sich, die zum einen aus Sicht der IT-Sicherheit gelöst werden müssen, zum anderen mit Einschränkung bei der Positionsgenauigkeit verbunden sind. Die neueste Generation externer Empfänger nimmt diesen Trend auf und stellt für Lösungsentwickler und Anwender nicht nur die Genauigkeit zur Verfügung, sondern auch die benötigte GNSS-Controllersoftware für die gängigsten Betriebssysteme. Diese Entwicklung schafft ein hohes Maß an Flexibilität, da hochwertige externe Empfänger mit verschiedenen mobilen Endgeräten kombiniert werden können. Diese Entwicklung ist auch das Ergebnis, dass die integrierten Handempfänger, die von allen größeren Herstellern in der Vergangenheit angeboten wurden, nicht mit der schnellen Entwicklung bei den mobilen Betriebssystemen mithalten konnten. Eine Aktualisierung des Betriebssystems ist auf diesen Handgeräten im Allgemeinen nicht möglich, da dies die verbauten Hardwarekomponenten nicht zulassen. Die Verbreitung und das Angebot dieser integrierten Handempfänger ist daher in den letzten Jahren stark zurückgegangen.

9.1 Allgemeine Empfehlungen

9.1.1 Kostenübersicht von GNSS-Systemen

Generell gilt die Regel, dass sich höhere Genauigkeiten bei der Positionsbestimmung stark auf den Preis des Erfassungssystems auswirken. Weitere wichtige Kostenfaktoren sind die Bauart sowie die Displaytechnik und -größe. Vor der Entscheidung sollte also genau definiert werden, welcher Genauigkeitsanspruch in einem Projekt wirklich notwendig ist. Gerade bei der Erfassung von Nutzungsgrenzen oder Vegetationseinheiten wird deutlich, dass es sich ohnehin nicht um klare Linienstrukturen handelt, sondern um einen fließenden Übergang der abzugrenzenden Einheiten. Demgegenüber stehen technische Kataster wie Leitungsinfrastrukturen, bei denen der Genauigkeitsanspruch < 10 cm oder im 1-cm-Bereich liegt. Der höchste Genauigkeitsanspruch besteht bei Gebäuden und technischen Bauwerken oder Themen, die sich mit Flur- bzw. Grundstücksgrenzen und Eigentumsverhältnissen beschäftigen.

Im Bereich der Datenaktualisierung oder des reinen Routings dagegen kann häufig mit autonomen GPS-Empfängern gearbeitet werden, die lediglich eine Orientierung geben.

Das eigentliche Objekt kann dann vor Ort eindeutig identifiziert werden (z. B. Holzpolter).

Neben den hohen Kosten bei der Beschaffung bringt ein höherer Anspruch an Genauigkeit auch höhere laufende Kosten für Korrekturdatendienste mit sich. Auch wenn Korrekturdatendienste zunehmend günstiger oder sogar kostenfrei verfügbar sind, sind mit Ausnahme des EGNOS-Korrekturdiensts Mobilfunkkosten damit verbunden. Die Kosten für GNSS-Empfänger werden in den nächsten Jahren weiter sinken.

Folgende Gruppen von Empfängern gibt es (die Preise stellen nur eine Orientierung dar):

Integrierte Empfänger in Konsumergeräten (Tablets/Smartphones)

- Genauigkeit: 2 – 10 Meter (unter schwierigen Empfangsbdg. auch schlechter)
- Korrekturdaten: keine
- Kosten: Preis in den Kosten für das mobile Device enthalten

Submeterempfänger (im Allgemeinen L1-Einfrequenzempfänger)

- Korrekturdaten: WAAS/EGNOS oder einfache Dienste von Korrekturdatenanbietern
- Genauigkeit: 30 cm – 1 Meter
- Kosten: ca. 1 – 2 T Euro
- Anmerkung: Bedeutung und Angebot in den letzten Jahren stark zurückgegangen

Dezimeter und Zentimeter (Mehrfrequenzempfänger, auch multikonstitutionsfähig)

- Korrekturdaten: VRS-Dienste oder kostenpflichtige satellitenbasierte Verfahren
- Genauigkeit: 1 – 10 cm
- Kosten: ca. 2 – 5 T Euro

Die Preise variieren je nach Hersteller und enthalten keine Kosten für Zubehör oder den Bezug von Korrekturdaten. Bei Herstellern von robuster Hardware werden in der Zwischenzeit längere Garantiezeiträume von bis zu drei Jahren standardmäßig angeboten. Die kostenlose Bereitstellung von SAPOS-Daten in vielen Bundesländern reduziert dabei die laufenden Kosten.

Die aktuellen Entwicklungen hin zu höheren Genauigkeiten bis zum Dezimeter in Konsumerprodukten wird den Markt in den nächsten Jahren stark verändern. Diese Entwicklung, kombiniert mit Lidar-Sensoren in Smartphones, eröffnet völlig neue Möglichkeiten bei der Erfassung von Daten und Punktwolken und im Bereich von Augmented Reality. Da die finanzielle Hürde dadurch vergleichsweise niedrig wird, sind hier auch im Bereich des Geodatenumfelds interessante neue Entwicklungen zu erwarten. Beispiele aus dem Bereich Leitungsdokumentation waren schon auf der INTERGEO 2023 in Berlin zu sehen.

9.1.2 Investitionssicherheit

Bezüglich der Investitionssicherheit sollten verschiedene Faktoren berücksichtigt werden. Dazu zählt der aktuelle technologische Standard, der sich sowohl auf Hardware, auf Software als auch auf die Schnittstellen und Korrekturdaten bezieht.

Bei der ausgewählten Hardware bietet es sich an, nach einem Marktüberblick und der Festlegung der Entscheidungskriterien auch die Herstellerfirma und deren Stellung im Markt abzuschätzen. Größe und Zeit des Unternehmens seit Markteintritt sowie strategische Ausrichtungen zu Anbietern von GIS-Software sind hierbei Kriterien, besonders bezüglich Ausfallsicherheit und Serviceorientierung. Im vorliegenden Leitfaden stellen einzelne Hersteller, die auf unsere Umfrage reagiert haben, ihre Produkte vor. Diese Firmen setzen häufig technologische Standards und sind Treiber von Innovationen. Die

Umsatzstärke der Hersteller und die Gerätestückzahlen der jeweiligen Produktreihen hängen eng mit der Sicherheit bezüglich Reparatur, Service und der Verfügbarkeit von Ersatzteilen zusammen. Es wird empfohlen, beim Kauf eine Zeitangabe für eine gesicherte Verfügbarkeit von Ersatzteilen anzufragen oder bei größeren Beschaffungen vertraglich festzulegen bzw. die Bereitstellung von Ersatzgeräten anbieten zu lassen. Es treten in den letzten Jahren zahlreiche neue Firmen aus dem asiatischen Raum als Hersteller am Markt auf. Aktuell werden die Produkte dieser Hersteller im Leitfaden nicht berücksichtigt, da noch keine Erfahrungen zur Produkt- und Servicequalität vorliegen bzw. keine Ansprechpartner im deutschsprachigen Raum verfügbar sind.

Ähnliches wie für die Betrachtung der Hardware gilt für die Software. Auch hier hängt die Investitionssicherheit stark davon ab, ob sich die gewählten Softwareprodukte und Datenformate über längere Zeiträume im Markt etablieren. Dies ist ein Argument für Lösungen, die auf der GIS-Basistechnologie von führenden kommerziellen Herstellern aufbauen. Die Verwendung von Standardformaten erleichtert auch den Datenaustausch mit anderen Systemen, da für gängige Formate fertige Schnittstellen vorliegen und nicht neu entwickelt werden müssen. Ebenso werden die verbreiteten Standardsoftwareprodukte laufend an neue Betriebssystemversionen angepasst, die dann durch Wartungsverträge abgedeckt sind. Bei individuellen Anpassungen ist genau darauf zu achten, inwieweit die Anpassungen die Updatefähigkeit der Basissoftware beeinflussen. Je höher der projektspezifische Anpassungsgrad, desto höher können die Kosten sein, die durch die Updates der Basistechnologie entstehen. Bei Nischensoftware oder Open-Source-Produkten besteht häufig keine Garantie bezüglich Betriebssystemupdates und Schnittstellen, wodurch dies häufig teuer durch individuelle Einzelentwicklung gelöst werden muss. Neueste Entwicklungen der großen Anbieter zeigen die Bereitstellung von vollständigen Plattformen, nicht nur zur Datenhaltung, sondern auch für fertige Dienste und bereitgestellte Apps. Nach und nach werden diese Technologien vom Anwendungsmarkt angenommen. Dabei spielen bei diesem Prozess Datenschutzaspekte und Einstiegshürden bezüglich laufender Gebühren und Know-how die entscheidende Rolle.

Wie der vorliegende Leitfaden zeigt, können sich mobile Lösungen häufig aus mehreren Komponenten verschiedener Hersteller zusammensetzen. Bei der Entwicklung von durchgängigen Gesamtlösungen von Hardware, Software, Korrekturdaten und Datenaustausch/-synchronisation wird deutlich, dass immer noch eine klare Trennung in die Welt der Hard- und die der Softwarefirmen besteht. Aus Sicht der Auftraggeber oder Beschaffungsstellen ist es dringend zu empfehlen, einen Anbieter für das Gesamtsystem zu haben, um nicht in Supportfällen zwischen verschiedenen Lieferanten hin- und hergeschoben zu werden. Bei größeren Projekten ist es jedoch manchmal unvermeidlich, das Know-how verschiedener Anbieter zusammenzubringen. Hierbei sollten die Supportwege, Supportlevels und Ansprechpartner im Projekt klar geregelt sein. Um den Support kostengünstiger zu gestalten, kann es für die beschaffende Organisation besser sein, den Firstlevel-Support intern zu organisieren und nur bei schwierigeren Konstellationen auf den externen Support zurückzugreifen. Bei größeren Stückzahlen von eingesetzter Hardware ist es zu empfehlen, Ersatzsysteme vorzuhalten, um Ausfallzeiten zu vermeiden.

9.1.3 Tipps für Einsteiger

Häufig wird bei der Beschaffung eines Systems lediglich der Einkaufspreis der verschiedenen Produkte verglichen und als Entscheidungsgrundlage herangezogen. Im Folgenden soll der Ansatz der gesamten Kosten einer Lösung (TCO – Total Cost of Ownership) betrachtet werden, da dieser der realen Situation bezüglich der Kosten über die gesamte Laufzeit der eingesetzten Lösung entspricht.

Achtet ein Unternehmen nur auf den Einkaufspreis zum Zeitpunkt des Kaufs, werden die Kosten für die Folgejahre – bewusst oder unbewusst – nicht berücksichtigt. Zusätzliche Kostenfaktoren bei der Nutzung mobiler Lösungen sind z. B. Schulungen, Softwarewartung, Softwareanpassungen, Support und Reparaturkosten, Ausfallzeiten und Versand-

kosten. Da GNSS-Systeme besonders bei einer größeren Anzahl von Nutzern mit hohen Investitionen verbunden sind, ist die Gesamtkostenbetrachtung über den geplanten Einsatzzeitraum ein wichtiger Ansatz.

Was genau ist der TCO?

1987 wurde von der Gartner Group ein Kostenmodell erstellt, welches die Gesamtkosten eines Produkts in seiner gesamten Lebensspanne wiedergeben soll. Die TCO sind in indirekte und direkte Kosten unterteilbar. Direkte Kosten enthalten alle entstehenden Beträge, die für den Erwerb und den Betrieb von mobilen Geräten nötig sind:

- Hardware und Zubehör: Das Gerät selbst sowie benötigtes Zubehör wie Stative, Ladestationen, Ersatzakkus u. Ä.
- Wartung: Wartung von Soft- und Hardware, eine erweiterte Garantie für mehrere Jahre (bis zu fünf Jahre werden in größeren Projekten als Garantieverlängerung angeboten), Modifikationen etc.
- Dienste: Schulungen, Integration in das System des Unternehmens, Support etc.
- Software: Lizenzkosten, individuelle Anpassungen, Anpassungen während des Projekts aufgrund von Erfahrungen im Projekt oder zeitlichen Einsparungspotenzialen.
- Anwendung: durch die Anwendung verbrauchte Ressourcen, Gebühren für Datenübertragung, Datenhosting oder Gebühren für cloudbasierte Lösungen.

Indirekte Kosten sind solche, welche schwer im Voraus zu berechnen sind, aber dennoch abgeschätzt werden sollten:

- Ausfallzeiten: Durch einen Ausfall verlorene Zeit, die durch Problemsuche und -behebung entsteht.
- IT-Support, für die eigene IT, der nicht durch Wartungsverträge abgedeckt ist.
- Reparaturfälle, die nicht unter die Gewährleistung fallen.
- Zeitverluste und sinkende Motivation durch unzufriedene Anwender.
- Vertragsstrafen, bei fehlerhaften oder zu spät gelieferten Abgabedaten oder nicht belegbare Genauigkeit bzw. Qualität der erhobenen Daten.

Dieser Gesamtkostenansatz (TCO) wird am Beispiel des Vergleichs robuster Geräte und nicht robuster Geräte des Massenmarkts als Zusammenfassung einer Studie im Folgenden vorgestellt (Quelle: Trimble White Paper by Dale Kyle 2007).

Für gewöhnlich entspricht der ursprüngliche Anschaffungspreis bei mobilen Geräten nur 25 % der gesamten TCO. Noch höher werden die indirekten Kosten durch eine vermehrte Anzahl an Ausfällen, mit welcher bei der Verwendung von herkömmlichen Geräten aus dem Konsumermarkt zu rechnen ist. Die Studie ergab, dass die indirekten Kosten von herkömmlichen Geräten zwischen 10 und 40 % über denen von robusten Geräten liegen. Dieser Unterschied entsteht vor allem durch eine höhere Beanspruchung des IT-Supports sowie qualitativ schlechte Ergebnisse. Die Studie betrachtete ebenfalls die Einsatzdauer mobiler Geräte und die Häufigkeit der Ausfälle sowie deren Dauer. Die Ergebnisse zeigen, dass robuste Geräte im Durchschnitt 4,5 Jahre im Betrieb sind, während herkömmliche Geräte nur durchschnittlich drei Jahre genutzt werden können. Ebenso ist die Zuverlässigkeit während des Nutzungszeitraums höher: Nach zwei Jahren Betrieb mussten bereits 35 % der herkömmlichen Geräte ersetzt werden, während diese Zahl bei robusten Geräten bei nur 3 % lag.

Die folgenden Punkte sollen eine Orientierungshilfe für die Auswahl eines mobilen Systems darstellen. Diese Auflistung soll vor allem dazu dienen, möglichst keinen Aspekt zu übersehen. Auch wenn nicht alle Fragen zum Zeitpunkt der Beschaffung geklärt werden

können, hilft die Auflistung, Schwerpunkte zu setzen oder entsprechende Fragen an die Anbieter zu richten. Die Handlungsempfehlungen sind nach Hardware, Betriebssystem, Software und IT-Sicherheit unterteilt.

9.2 Vorüberlegungen zur Hardware

Genauigkeit (die Abstufung stellt die technologisch bedingten Größenordnungen dar)

- Reicht die autonome Empfängerqualität aus (Genauigkeit 5 – 10 m)?
- Wird die Positionskorrektur bereits im Feld benötigt oder genügt evtl. die Nachbearbeitung im Büro?
- DGPS (Genauigkeit 0,5 – 1 m) mit laufenden Kosten für Korrekturdienst
- Dezimetergenauigkeit
- RTK-Genauigkeit (1 cm – 1 mm) mit laufenden Kosten für Korrekturdienst

Umweltbedingungen

- Ist die Lösung skalierbar bezüglich der Genauigkeitsanforderungen, z. B. durch Softwareupgrades?
- IP-Norm (Schutz vor eindringendem Wasser und/oder Staub)
- MIL-STD (umfangreiche Prüfmethode, z. B. Temperaturschwankungen, Fallhöhe)
- Besonders heller Bildschirm (Sonnenlichtlesbarkeit)
- Bestimme Hardwaretasten sollen zum schnelleren Arbeiten mit Funktionen belegt sein
- Bei starker Abschattung (z. B. Innenstadt) wird ein Empfänger benötigt, der alle gängigen GNSS-Satelliten verarbeitet
- Akkuladezeit
- Wie lange hält der Akku im Normalbetrieb (ganzer Arbeitstag)?
- Gibt es ein Autoadapter-Ladegerät?
- Kann der Akku im laufenden Betrieb ohne zusätzliches Werkzeug gewechselt werden?

Display

- Welche Größe muss das Display haben? Übersichtlichkeit im Gegensatz zu Größe und Gewicht (gibt es ein Tragesystem?)
- Wie hoch muss die Auflösung mindestens sein (leistungsstärkerer Rechner)?
- Wie soll das Gerät bedient werden (Touchscreen – kapazitiv/resistiv)?

Zubehör

- Befestigung im Fahrzeug
- Adapter (USB, Lademöglichkeiten)
- Antennenstabhalterung
- Anschluss für externe Antenne auf Fahrzeugdach verfügbar (Magnethalterung)

9.3 Vorüberlegungen Software

Datenerfassung

- Sollen die Daten manuell eingegeben werden und/oder GNSS-gestützt?
- Welche Geoobjekte sollen erfasst werden (Punkte/Linien/Flächen)?
- Wird das Anlegen und Nutzen von Attributtabelle im Feld benötigt?

Datenbearbeitung

- Sollen Geoverarbeitungsfunktionen bereits im Außeneinsatz zur Verfügung stehen (Verschneiden, Puffer, Linie zu Polygon etc.)?
- Sollen bereits vorhandene Geoobjekte bearbeitet werden?
- Werden Attribute/Sachdaten von Geodaten im Feld abgefragt/bearbeitet (Größe, Fläche, Höhe etc.)?
- Kann die Software akustische Signale festlegen, z. B. für Warnungen oder die Bestätigung von Eingaben?

Schnittstellen

- Welches Format wird für den Austausch mit dem Desktopsystem oder Server benötigt?
- Ist die Einbindung von Fachdatenbanken (Baum-, Grünflächen-, Kanalkataster etc.) gewünscht?
- Welche GNSS-Korrektursignale können verarbeitet werden bzw. ist die Einbindung zusätzlicher Software möglich, die dies erledigt?
- Soll Zubehör wie Laserentfernungsmesser angebunden werden?
- Besteht eine Druckfunktion?

Datenanzeige

- Soll die Darstellung der angezeigten Objekte verändert werden?
- Welche Hintergrunddaten können angezeigt/hinzelgeladen werden?
- Können zusätzliche Daten wie Satellitenverfügbarkeit, Korrekturdaten geschätzte Genauigkeit etc. abgefragt und gespeichert werden?
- In welcher Sprache ist die Menüführung?
- Wie komplex/übersichtlich ist die Darstellung?

Sonstiges

- Welche Sprache hat das Handbuch/Tutorial zur Software?
- Wie leistungshungrig ist das Programm, können andere Anwendungen parallel betreiben werden?
- Ist die Nutzerführung intuitiv und entspricht den aktuellen Standards?
- Ist die Software bzw. sind Updates über App-Stores verfügbar?

9.4 Vorüberlegungen zum Betriebssystem

- Besteht mit einer vorhandenen Software die Bindung an ein bestimmtes Betriebssystem?
- Welche Anwendungssoftware soll evtl. zukünftig installiert werden (zusätzlich zur Erfassungs- bzw. GIS-Software)?
- Welche Austauschmöglichkeiten/Formate werden benötigt?
- Wie ist die Erfahrung der Nutzer bezüglich des ausgewählten Betriebssystems?
- Hat die gewünschte Hardware Einfluss auf das Betriebssystem (Schnittstelle zu den GNSS-Empfängern für dieses Betriebssystem verfügbar)?
- Wie ist die zu erwartende Marktentwicklung bezüglich der Verbreitung der Betriebssysteme für mobile Endgeräte (z. B. Windows 11)?
- Wie erfolgt das Mobile Device Management?
- Wie wird das Thema IT-Sicherheit bei den einzelnen Betriebssystemen beurteilt?

10 Checklisten

Roland Körber, GI Geoinformatik GmbH; Prof. Dr. Gunnar Teege, Universität der Bundeswehr

Die folgenden Checklisten sollen Sie bei der Auswahl der richtigen Lösung für Ihren Einsatzzweck unterstützen. Die Checklisten können bei der Erstellung einer Ausschreibung oder bei der Einholung eines Angebots sehr hilfreich sein und dienen dazu, keine relevanten Aspekte zu übersehen.

Der Markt bietet sowohl hard- als auch softwareseitig eine kaum zu überblickende Vielfalt an Produkten mit unterschiedlichsten Spezifikationen und Funktionalitäten an. Da zudem die Anwendungen sehr unterschiedlich gelagert sind, ist ein Vergleich schwierig. Der Einsatz von Checklisten soll helfen, die Anforderungen für den geplanten Einsatzzweck klar herauszuarbeiten.

Die Checklisten sind in fünf Spalten unterteilt. In der ersten Spalte „Merkmal“ finden sich die Angaben zur Spezifikation, die in der zweiten Spalte „Beschreibung“ durch Bemerkungen konkretisiert werden können. Die letzten Spalten teilen sich in die verschiedenen Kriterienkategorien auf.

- A – Ausschlusskriterium (= hohe Priorität bzw. zwingend erforderlich)
- B – Bewertungskriterium (= für die Bewertung von Bedeutung, aber kein Ausschlusskriterium)
- I – Informationskriterium (= nach aktuellem Stand nicht anwendungskritisch)
- O – zusätzliche Angabe ohne Bedeutung für die Anwendung

Wird ein Kriterium mit „A“ bewertet, bedeutet dies, dass dieses Merkmal zwingend erfüllt werden muss, da das System oder die Software ansonsten nicht für Sie infrage kommt. Sollte dieses Kriterium zu häufig verwendet werden, kann dies dazu führen, dass es keine Lösung mehr gibt, die alle „A“-Kriterien erfüllt. Ebenso sollte darauf geachtet werden, dass „A“-Kriterien nicht im Widerspruch zueinander stehen.

Die Kriterienkategorie „B“ spiegelt sogenannte Bewertungskriterien wider. Kriterien, bei denen für Ihr Projekt ein Spielraum besteht, sollten so bewertet werden. Ein Beispiel hierfür wäre z. B. die Festplattengröße eines Geräts nach dem Motto „je mehr, desto besser“.

Die Kategorie „I“ wird als Informationskriterium bezeichnet. Hierbei handelt es sich um informative Angaben zu einer Lösung, die jedoch nach der aktuellen Bewertungssituation keine Auswirkungen auf die Entscheidungsfindung haben wird. Hierzu zählen beispielsweise Angaben zum Produktdesign, wie die Gestaltung und Anordnung von Bedienelementen.

Die letzte Kategorie „O“ dient dazu, zu dokumentieren, dass dieser Aspekt nicht übersehen wurde, auch wenn er keine Bedeutung hat.

Hardwaremerkmal	Beschreibung	A	B	I	O
Genauigkeit					
Benötigte Genauigkeit					
Empfangbare GNSS-Systeme (GPS, GLONASS, Galileo)					
GNSS-Antenne intern/extern					
Korrektur in Echtzeit (DGPS, RTK)					
Korrekturdatenempfänger intern/extern					
Postprocessing					
Umweltbedingungen					
Hardwaretasten					
IP-Norm (Schutz vor Wasser und Staub)					
MIL-STD (Prüfmethode)					
Technologien zur Verbesserung des Messergebnisses					
Display					
Auflösung					
Größe (Smartphone, PDA, Tablet)					
Härtung oder Beschichtung					
Sonnenlichtlesbarkeit					
Steuerungstyp (kapazitiv, resistiv)					
Stromversorgung					
Akkuwechsel im Betrieb möglich					
Betriebszeit					
Ladezeit					
Stromunterbrechung ohne Datenverlust					
Hardware					
Abmessungen					
Arbeitsspeicher					
Betriebssystem					
Garantiedauer					
Gewicht					
Integrierte Digitalkamera + Auflösung (Megapixel)					
Lautsprecher und Mikrofon					
Rechenleistung					
Speicher intern (Größe und Technologie)					
Schnittstellen					
Bluetooth					
Dockingstation					
Externer Antennenanschluss					
Mobilfunkmodem					
SD-Kartenslot					
Sonstige Schnittstellen					
Telefonfunktion					
USB					
Zubehör					
Bedienungsanleitung					
Displayschutzfolie					
Kfz-Halterung					
Koffer/Tragetasche					
Lademöglichkeiten (stationär, mobil, Batterie extern)					
Spezielle Software/Zusatzsoftware					
Tragesystem					
Zusatzakkus					

Softwaremerkmal	Beschreibung	A	B	I	O
Datenerfassung					
Anlegen von Attributtabellen und Erfassen von Attributen					
Anpassung von Attributmasken					
Manuelle Eingabe/GNSS-gestützte Erfassung					
Welche Geometrien werden erfasst (Punkt, Linie, Polygon)					
Datenbearbeitung					
Akkustisches Feedback					
Anbindung externer Erfassungssensoren					
Attribute/Sachdaten von Geodaten abfragen/bearbeiten					
Bearbeitung bereits vorhandener Objekte					
Geoverarbeitungsfunktionen (Puffer, Teilen etc.)					
Postprocessing					
Schnittstellen					
Besondere Kompatibilitätsanforderungen					
Bidirektionaler Datenaustausch mit Synchronisationsmechanismen					
Druck- und Ausgabefunktionen					
Einbindung von Diensten					
Einbindung von externer Hardware					
Format zum Datenaustausch					
GNSS-Signalkorrektur					
Optionale Fachschalen					
Datenanzeige					
Anpassung der Symbologie					
Anzeige der GNSS-Empfangsqualität					
Bearbeitungs- und Darstellungsformate					
Darstellung von Hintergrunddaten (z. B. Luftbilder)					
Komplexität/Übersichtlichkeit der Darstellung, Moduswechsel möglich					
Veränderung der Darstellungsoptionen					
Sonstiges					
Akkustisches Feedback zur Empfangsqualität					
Erfassungsgenauigkeit (x/y/z-Erfassung)					
Galileo-Updatestrategie					
Geschlossenes/offenes System (z. B. nur in Verbindung mit GIS-Basissoftware eines bestimmten Herstellers oder mit ergänzender Cloudlösung nutzbar)					
Hardwarevoraussetzungen					
Individuelle Anpassbarkeit durch Benutzer/ Out-of-the-Box-Lösung					
Integration in bestehende Software/Daten möglich?					
Konvertierung der gemessenen Objekte					
Mobile Software auch als Desktopprogramm nutzbar					
On-the-fly-Transformation (weltweite/lokale Systeme)					
Reine Online-/Offlinelösung					
Sprache Handbuch, Kurzanleitung, Menüführung					
Systemvoraussetzungen, Betriebssystem, Menüführung					
Tools zur GNSS-Einsatzplanung					
Besondere projektspezifische Anforderungen					

Sicherheitsmerkmal	Beschreibung	A	B	I	O
Zugang zum Mobilgerät					
Authentifizierungsverfahren					
Zwei-Faktor-Authentifizierung					
Gültigkeitsdauer der Authentifizierung					
Mehrere unterscheidbare Nutzer					
Frei zugängliche Funktionen					
Zugang zur Infrastruktur					
Kommunikationskanal					
VPN verwendbar					
Authentifizierung bei Infrastruktur					
Software auf dem Mobilgerät					
Fachanwendung(en)					
Browser für Internetzugang					
Office-Funktionen (Kalender, E-Mail etc.)					
Installation beliebiger Anwendungen					
Trennung private/dienstliche Software					
Verwaltung der Mobilgeräte					
Manuell am Gerät					
Konfigurationsprogramm über PC					
Mobile Device Management					
Fernsperrung					
Fernlöschung					
Datenablage					
Offlinenutzung					
Verschlüsselung					
Cloudnutzung					
Datenzugriff					
Lesend					
Schreibend					
Ändernd					
Automatischer Abgleich					
Datensensitivität					
Beschränkter Personenkreis					
Kostenpflichtige Daten					
Personenbezogene Daten					

11 Anhang

11.1 Kontaktadressen der Verfasser der Fachbeiträge

Name	Organisation	E-Mail
Dr. Ramona Baran	AirborneHydroMapping GmbH	info@steinbacher-consult.com
Stephan Barthel	Outdooractive	info@outdooractive.com
Dr. Klaus Brand	GI Geoinformatik GmbH	k.brand@gi-geoinformatik.de
Andreas Brünner	LDBV Bayern	andreas.bruenner@ldbv.bayern.de
Bärbel Deisting	bavAIRia e. V.	deisting@bavAIRia.net
Hans-Georg Dick	LGL Baden-Württemberg	poststelle@lgl.bwl.de
Andreas Frilling	GAF AG	info@gaf.de
Dr. Ekkehart Grillmayer	geoAT	grillmayer@geoat.at
Ariane Kielstein	GAF AG	info@gaf.de
Berthold Klauser	LGL Baden-Württemberg	poststelle@lgl.bwl.de
Prof. Dr. Thomas H. Kolbe	TU München	thomas.kolbe@tum.de
Roland Körber	GI Geoinformatik GmbH	r.koerber@gi-geoinformatik.de
Prof. Dr. Jukka Krisp	Universität Augsburg	jukka.krisp@geo.uni-augsburg.de
Kilian Müller	outdooractive	mobile@outdooractive.com
Prof. (FH) Dr. Gernot Paulus	Fachhochschule Kärnten	g.paulus@fh-kaernten.at
Christian Röger	Universität Augsburg	christian.roeger@geo.uni-augsburg.de
Michael Rösler-Goy	LDBV Bayern	michael.roesler-goy@ldbv.bayern.de
Julian Schmid	GI Geoinformatik GmbH	j.schmid@gi-geoinformatik.de
Matthias Schulz	GAF AG	info@gaf.de
Martin Soutschek	outdooractive	info@outdooractive.com
Frank Steinbacher	Steinbacher Consult	info@steinbacher-consult.com
Prof. Dr. Gunnar Teege	Universität der Bundeswehr München	gunnar.teege@unibw.de
Roman Weinhart	Outdooractive	info@outdooractive.com

Name	Organisation	E-Mail
Wolfgang Wiedemann	Technische Universität München	w.wiedemann@tum.de
Dr. Urs Wild	swisstopo	info@swisstopo.ch
Dr. Bernhard Zagel	Universität Salzburg	bernhard.zagel@sbg.ac.at

11.2 Mitglieder der Projektgruppe

Name	Organisation
Dr.-Ing. Gabriele Aumann	Runder Tisch GIS e. V.
Dr. Klaus Brand	GI Geoinformatik GmbH
Prof. Dr. Thomas Kolbe	TU München

11.3 Verzeichnis der Hersteller

Firma	Webseite
Esri	www.esri.de
Forest it Design	www.forest-it.com
Handheld	www.handheldgermany.com
Leica	www.leica-geosystems.de
RIWA	www.riwa-gis.de

11.4 Anzeigen

Firma	Seite
Arc-Greenlab	51
Esri	18
GI Geoinformatik GmbH	7
IP SYSCON	86
ppm	32, 82, 97
RIWA	111
Runder Tisch GIS e. V.	10
VertiGIS	43
Wichmann	16

AAA-Datenmodell	Zusammenführung der Grunddatenbeständen von ATKIS (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem), ALKIS (Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem) und AFIS (Amtliches Festpunktinformationssystem). Ziel dieses Projekts der AdV ist die bundesweit einheitliche Darstellung und Beschreibung aller Geobasisdaten.
AFIS	Amtliches Festpunktinformationssystem
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
AXF	Archive eXchange Format
BLE	(Bluetooth-Low-Energy) Funktechnik, mit der Geräte über 10 Meter miteinander vernetzt werden können.
BLIMP	Steht für ein nicht starres Luftschiffsystem, das mit Gas befüllt ist und an der Leine (Tether) oder im Fall von Luftschiffen auch mit einem Antrieb ausgestattet sein können.
BLOS	(Beyond Line of Sight) Autonomer Einsatz von UAS über den Sichtflugbetrieb hinaus.
C/A-Navigationscode	(Coarse/Acquisition) Spezieller Code für die zivile Nutzung von Satellitennavigationssystemen. Wird im GPS-System und bei GLONASS verwendet.
Candela	Internationale Basiseinheit der Lichtstärke pro Quadratmeter (cd/m ²).
Code-Messung	Distanzermittlung (zwischen Empfänger und Satellit) durch Korrelation des Satellitensignals (Code) mit einer im Empfänger erzeugten Kopie des Codes. Messung nach dem Laufzeitprinzip (Strecke = Laufzeit * Geschwindigkeit).
CRS	(Coordinate Reference System) Koordinatenreferenzsystem bestehend aus einem geodätischen Bezugssystem und Koordinatensystem.
DGfK	Deutsche Gesellschaft für Kartographie
DGNSS	(Differenzielles GNSS) Korrektur der Codemessungen führen zu Genauigkeiten von 50 Zentimetern bis 1 Meter.

DGPF	Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung
DGPS	(Differenzielles GPS) Verbesserte GPS-Positionierung mithilfe von Korrekturdaten. Eine (oder mehrere) Basisstation mit bekanntem Standort ermittelt permanent Signallaufzeitkorrekturen zu jenem beobachteten Satelliten und stellt diese dem Nutzer zur Verfügung.
DHDN	(Deutsches Hauptdreiecksnetz) Bezugssystem des amtlichen Vermessungswesens. Trennung von Lage (DHDN) und Höhe (DHHN).
DREF91	Entspricht dem Koordinatenreferenzsystem ETRS89 (siehe auch ETRS89).
Drohne	(engl. drone) Ist eine militärische Bezeichnung für ein Unmanned Aerial Vehicle und geht auf eines der ersten ferngesteuerten Flugzeuge zurück.
EASA	(European Aviation Safety Agency) Europäische Agentur für Flugsicherheit
EEA	(European Environment Agency) Europäische Umweltagentur
EGNOS	(European Geostationary Navigation Overlay System) EGNOS-Daten der ESA werden über geostationäre Satelliten gesendet. Die Schwierigkeit ist die geringe Höhe der Satelliten über dem Horizont. Damit steht der Dienst bodengebundenen Nutzern in Mitteleuropa nicht zuverlässig zur Verfügung.
ENISA	(European Union Agency for Network and Information Security) Zuständig für die erforderliche Netz- und Informationssicherheit in der EU.
EPS	(Echtzeit-Positionierungs-Service) Genauigkeit von 0,3-0,8 m (Lage) und 0,5-1-5 m (Höhe).
EPSG-Code	(European Petroleum Survey Group Geodesy) Eindeutige Bezeichnung von Parametern, die für begrenzte räumliche Bereiche den Erdkörper definieren. Da die Form der Erde einem Geoid entspricht, sind die Parameter im EPSG-Code eindeutig und programmunabhängig identifizierbar.
ESA	(European Space Agency) Koordination, Förderung und Sicherstellen der europäischen Raumfahrt.
ETRS89	Amtliches dreidimensionales Koordinatenreferenzsystem mit einem globalen, dreidimensionalem und kartesischem Koordinatensystem. Positionsbestimmung mittels satellitengeodätischer Verfahren.

EVLOS	(Extended Visual Line of Sight) UAV-Betrieb im erweiterten Sichtflugbereich (vereinzelte national erlaubt bzw. im Erprobungsstadium).
Fixed Wing	Bezeichnung für ein UAS, deren Flügel sich immer in der selben starren Position befinden und nicht flügelartig bewegen.
Galileo	Europäisches Satellitennavigationssystem, das im Aufbau GLONASS und GPS ähnelt.
GCP	(Ground Control Points) Bodenreferenzpunkte zur Georeferenzierung von Luft- und Satellitenbildaufnahmen.
GDI-DE	(Geodateninfrastruktur Deutschland) Sie soll eine länder- und ressortübergreifende Vernetzung von Geodaten in Deutschland erreichen, um sicherzustellen, dass Geoinformationen zukünftig verstärkt in Entscheidungsprozessen oder in der Verwaltung zum Einsatz kommen.
GLONASS	(Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) Russisches Satellitennavigationssystem. Es wird bei westlichen Empfängern zur Unterstützung von GPS verwendet.
GNSS	(Global Navigation Satellite System) Allgemeine Bezeichnung für satellitengestützte Navigationssysteme. Umfasst GPS, GLONASS, Galileo und andere Systeme wie EGNOS.
GPPS	(Geodätischer Postprocessing Positionierungs-Service) Unterstützt nachträgliche Auswertungen von statischen GNSS-Messungen, die ohne Referenzstationsdaten im Feld durchgeführt wurden.
GPS	(Global Positioning System) US-amerikanisches-satellitengestütztes, weltweit verfügbares System zur Navigation.
GSA	European Global Navigation Satellite Systems Agency
GSM	(Global System for Mobile Communication) Standard für digitale Mobiltelefonie. Ursprünglich Bezeichnung für eine entsprechende Arbeitsgruppe.
HEPS	Hochpräziser Echtzeit-Positionierungs-Service im amtlichen ETRS89-System (mit einer Genauigkeit von 1-2 cm (Lage) und 2-3 cm (Höhe)).
IEC	(International Electrotechnical Commission) Für internationale Normen im Bereich der Elektronik und Elektrotechnik zuständig.
IKGIS	Institut für Kommunale Geoinformationssysteme
IMEI	International Mobile Equipment Identity

IMU	Inertial Measurement Unit
Induktiver Touchscreen	Bedienung nur über spezielle Eingabestifte (Digitizer) mit integrierter Spule möglich.
INSPIRE	(Infrastructure for Spatial Information in the European Community) Eine Initiative der europäischen Kommission mit dem Ziel, eine Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft zu schaffen.
Ionosphäre	Teil der Atmosphäre mit einer großen Menge von Ionen und freien Elektronen. Hohe Sonnenaktivität führt (über die Ionosphäre) zu Störungen bei den GNSS-Messungen.
IPS	(Indoor Positioning System) Lokalisierung von Personen oder Objekten innerhalb von Gebäuden durch lokale Funkzellen.
Jailbreak	Beschreibt die Veränderung des Betriebssystems eines Smartphones oder Tablet-PCs, um bestimmte (kostenpflichtige) Funktionen und Applikationen ausführen zu können.
Kapazitiver Touchscreen	Bildschirm reagiert auf Berührung. Bedienung nur mit leitenden Eingabegeräten, z. B. Finger, spezielle Stifte etc.
Koordinatenreferenzsystem	Koordinatenreferenzsystem bestehend aus einem geodätischen Bezugssystem und Koordinatensystem (siehe auch CRS).
LBS	(Location-based Services) Standortbezogene Dienste (z. B. Positionsermittlung), die vom User mobil genutzt werden können.
LGLN	Landesamt für Geoinformation und Landesentwicklung Niedersachsen
LoD	(Level of Detail) gibt den Detaillierungsgrad von 3D-Stadtmodellen an.
LTE	(Long Term Evolution) Ein Mobilfunkstandard der vierten Generation (3,9-G-Standard), der mit bis zu 300 Megabit pro Sekunde hohe Downloadraten erreichen kann.
MSAS	Multi-functional Satellite Augmentation System
NGO	Non-Governmental Organization
Ntrip	Networked Transport of RTCM via Internet Protocol
NTv2-Ansatz	(National Transformation Version 2) Eine Gitterdatei mit hoch aufgelösten Subgittern zur Transformation.

OGC	(Open Geospatial Consortium) Eine internationale Arbeitsgemeinschaft von 519 Firmen, Regierungsbehörden und Universitäten, die offiziell anerkannte Standards für Geoinformationen erarbeitet und veröffentlicht.
On-Premise-Ansatz	Der Nutzer erwirbt eine Software und betreibt diese, im Gegensatz zum On-Demand-Modell (Nutzung auf Nachfrage), selbst.
Ornithopter	Wird auch Schwingflügler genannt und ist ein Flugzeug, das seinen Antrieb durch Bewegung von Tragflächen erzeugt.
OSM	(OpenStreetMap) Ein internationales Projekt mit dem Ziel, eine freie Weltkarte zu erschaffen.
OTF	(On-the-fly) Begriff aus der Computertechnik. Es wird auf die temporäre oder dauerhafte Speicherung von Daten in einem Zwischenspeicher verzichtet.
PDA	(Personal Digital Assistant) Ein Oberbegriff für alle tragbaren Geräte wie zum Beispiel Smartphones oder Tablets.
POI	(Point of Interest) Es handelt sich um Orte von allgemeinem Interesse (z. B. Hotels, Geschäfte oder Restaurants), die auf einer Karte verortet sind.
Postprocessing	Nachbereitung von GPS-Messung mit Korrekturdaten (siehe auch DGPS).
Resistiver Touchscreen	Bildschirm reagiert auf Druck. Bedienung mit jedem Gegenstand.
RFID	(Radio Frequency Identification) Zur schnellen Erfassung von beispielsweise Artikeln oder Paletten in der Logistik oder im Handel. RFID dient zur Erkennung und Datenspeicherung der Ware auf einem Tag oder Chip.
RPAS	(Remotely Piloted Aircraft System) Umfasst unbemannte Luftfahrzeuge, die meist zivil genutzt werden. Die Bezeichnung wird zunehmend bei internationalen Behörden und Gesetzgebern verwendet.
RTCM	(Radio Technical Commission for Maritime Services) Datenformat für Roh- und Korrekturdaten, Austausch in Echtzeit.
RTK	(Real Time Kinematik) Referenzstationen liefern Korrekturdaten im RTCM-Format als kontinuierlichen Datenstrom über das mobile Internet.
SaaS	Software as a Service

SAPOS	(Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung) Korrekturdaten über das mobile Internet. Der Dienst ist in der Regel kostenpflichtig. Anbieter sind die SAPOS-Dienste der Länder.
SBAS	(Satellite Based Augmentation System) Geostationäre Satelliten für Korrekturdaten (siehe WAAS, EGNOS).
SDK	Software Development Kit
SfM	(Structure from Motion) Workflow mit unterschiedlichen Algorithmen zur Erkennung von räumlichen Strukturen von Objekten mithilfe korrespondierender Merkmale in Bildern.
Swift-Programmiersprache	Programmiersprache von Apple für iOS und Mac OS X
Trägerphasenmessung	Messung der Phasendifferenz zwischen der Trägerphase des Satelliten und der Phase des erzeugten Referenzsignals im Empfänger. Aufwendiges Verfahren, das die in der Geodäsie benötigten Genauigkeiten ermöglicht.
UAS	(Unmanned Aerial System) Unbemanntes Luftfahrtsystem, bestehend aus Flugkörper, Bord- und Bodensystemen, deren Einsatzführung sowie den zugehörigen Nutzlasten des Flugkörpers.
UAV	(Unmanned Aerial Vehicle) Unbemannter Flugkörper, der der eigentlichen Flugplattform entspricht (auch Drohne genannt).
UI	(User Interface) Benutzeroberfläche oder Benutzerschnittstelle. Art und Weise, wie Befehle und Daten in den Computer eingegeben werden.
UMTS	(Universal Mobile Telecommunications System) Bezeichnet einen Standard für Mobilfunknetze, durch den Daten schneller drahtlos übertragen werden können als im herkömmlichen GSM-Netz.
UTM	(Universale Transversale Mercatorprojektion) Ebenenkonforme Meridianstreifenabbildung mit 6° Streifenbreite.
VLOS	(Visual Line of Sight) UAV-Betrieb im Sichtflugbereich.
VOK	Vor-Ort-Kontrolle
VTOL	(Vertical Take Off & Landing) UAS, die einen vertikalen Start und eine vertikale Landung ermöglichen.
WAAS	Geostationäre Satelliten für Korrekturdaten (SBAS) für den amerikanischen Bereich. Für Europa siehe EGNOS.

WFS	(Web Feature Service) Webservice, mit dem Vektordaten in Form von Geoobjekten mit Sachinformationen bereitgestellt werden können. Ermöglicht somit Recherchen nach raumbezogenen Informationen aus beliebigen objektorientierten Vektordatenbeständen.
WGS84	(World Geodetic System 1984) Bezugssystem für GPS; geozentrisches Ellipsoid.
WLAN	Wireless Local Area Network
WMS	(Web Map Service) Ein webbasierter Kartendienst, der einen beliebigen rechteckigen 2D-Ausschnitt aus einem Geodatenbestand als Rasterbild zur Verfügung stellt.
WMTS	(Web Map Tile Service) Ein Dienst zur Bereitstellung vorgefertigter Kartenkacheln.
WPA	(Wi-Fi Protected Access/Architecture) Verschlüsselungsstandard für die WLAN-Sicherheit, der den Access Points (AP) den Zugang zum WLAN sichert.
ZSHH	(Zentralstelle für Hauskoordinaten und Hausumringe) Bündelt ausgewählte Produkte des Liegenschaftskatasters der Vermessungsverwaltungen der Bundesländer und stellt Kunden diese im Auftrag der Länder zu einheitlichen Gebühren- und Lizenzmodellen sowie Datenformaten zentral bereit.