

Anwendungen von GALILEO in Wirtschaft und Telekommunikation

*Christoph Günther,
Michael Angermann,
Patrick Robertson*



GPS wurde ursprünglich für militärische Zwecke entwickelt. Der tragische Abbruch einer vom Kurs abgekommenen Boeing 747 am 31. August 1983 veranlasste Präsident *Reagan*, den Einsatz von GPS in der zivilen Luftfahrt zu befürworten. Dies war mehr als 10 Jahre bevor GPS offiziell in Betrieb genommen wurde. Die aus militärischen Überlegungen heraus verfügte künstliche Verschlechterung des GPS Signals »selective availability« beschränkte das Spektrum weiterer Anwendungen deutlich. Es förderte jedoch die Entwicklung von differenziellen Verfahren und initiierte die Arbeiten zu einem Europäischen Satellitennavigationssystem, namens GALILEO.

Zu den differentiellen Verfahren gehörten sowohl trägerdifferentielle Verfahren, wie sie in der Geodäsie eingesetzt werden, als auch satellitenbasierte regionale Verfahren, wie WAAS und EGNOS, sowie eine ganze Familie von weiteren Ansätzen. Das sich abzeichnende GALILEO Programm trug zur Abschaltung der »selective availability« im Mai 2000 bei, was zu einer explosionsartigen Entwicklung des Marktes für GPS-Geräte und Lösungen führte. Die meisten Entwicklungslinien, die eine höhere Genauigkeit oder/und Zuverlässigkeitsinformation liefern, haben eine hohe Bedeutung erhalten und werden im neuen GALILEO-System von vornherein integriert und unterstützt. Signale auf mehreren Trägern erhöhen bei GALILEO die Verfügbarkeit von trägerbasierten Verfahren erheblich. Zudem liefert GALILEO weltweit ein Integritätssignal. GPS entwickelt sich ebenfalls weiter und wird in Zukunft zunächst zwei, später sogar drei Träger bereitstellen. Dem zivilen Nutzer eröffnet sich damit eine zunehmende Vielfalt von Möglichkeiten, insbesondere bei der kombinierten Nutzung beider Systeme.

Die Bedeutung für Infrastrukturen

Die Synchronisierung der Basisstationen bei IS-95, dem heutigen cdmaOne System, war eine der frühen Anwendungen von GPS im Bereich von Infrastrukturen. Die Basisstationen sollten den gleichen Spreizcode zeitverschoben verwenden. Damit konnten die Schätzung des Kanals und die Suche nach Nachbarzellen seitens der Endgeräte einheitlich gehandhabt werden. Bedingung war jedoch, dass der Zeitbezug der Basisstationen untereinander fest blieb. Dies wurde mit GPS sichergestellt.

Eine ähnliche Aufgabe bestand im Festnetz. Wenn der Takt eines Senders höher ist als derjenige des Empfängers, erhält der Empfänger mehr Daten als er aufnehmen kann. Als Folge daraus muss er Informationseinheiten, z. B. Oktetts, verwerfen. Sind die Verhältnisse umgekehrt, so muss der Empfänger Informationseinheiten einfügen, z. B. die zuletzt empfangene Einheit wiederholen. Die übergeordneten Systeme müssen mit diesen Veränderungen zurechtkommen. Bei der digitalen Pulse-Code-Modulierten (PCM) Sprache ist das erfüllt; bei Daten müssen höhere Schichten die Veränderungen wieder korrigieren, eventuell durch nochmaliges Anfordern von Teilinformatoren. Um diese Nachteile zu vermeiden sind die Netzbetreiber bemüht die Netze so synchron wie möglich zu halten. Dafür wurden die Übertragungs- und Vermittlungssysteme mit Rubidium Atomuhren ausgerüstet, welche später durch GPS-Empfänger ergänzt wurden. Bei einem redundanten GALILEO/GPS System wäre es denkbar ganz auf kostspielige Uhren zu verzichten.

Stromnetze sind dynamische Systeme – es werden Lasten zu- und abgeschaltet und Kraftwerke zum bzw. vom Netz genommen. Um das Netz stabil zu halten ist es wichtig die Phasenlage des Wechselstroms über das gesamte Netz zu regeln. In der Vergangenheit wurde die Phase an unterschiedlichen Orten über analoge Telefonleitungen verglichen. Da in heutigen digitalen Systemen auf Grund von Rahmenstrukturen und Codierungen unbekannt Verzögerungen auftreten, wird die Synchronisierung heute über GPS vorgenommen.

Einer der bedeutendsten Infrastrukturbereiche ist mit Sicherheit der Verkehr. Hier kommt die Satellitennavigation gleich in mehrerlei Hinsicht zum Einsatz. Einerseits ermöglicht sie die Zielführung für Personen und Fahrzeuge mit einem rein empfehlenden Charakter – »nächste Straße rechts«, sowie die optimierte Abwicklung dynamischer Logistikprozesse. Diese Themen werden in einem separaten Aufsatz (s.S. 397) besprochen. Andererseits ermöglicht sie Orientierungs- und Steuerhilfe. Hier bietet GALILEO bei sicherheitskritischen Anwendungen einen direkten Mehrwert. Das klassische Beispiel ist der Anflug eines Flugzeuges auf einen Flughafen. Die frühe Anflugsphase (Approach with

Vertical Guidance) APV-I wird mit EGNOS möglich werden, APV-II und möglicherweise CAT-I mit GALILEO und EGNOS. Je näher man sich dem Aufsetzpunkt nähert, desto anspruchsvoller wird jedoch die Aufgabe. Hier kommen als Ergänzung lokale Elemente und eine Stützung durch Trägheitsnavigation in Betracht. Trägheits- und Satellitennavigation haben komplementäre Eigenschaften. Die Trägheitsnavigation ist störresistent und verzögerungsfrei verfügbar. Die doppelte Integration der Beschleunigung führt jedoch zu einer Kumulation von Fehlern und einem Drift der Position. Die Satellitennavigation ist hochgenau – die Zuverlässigkeit des Signals jedoch erst nach einer Verzögerung bekannt (time to alert = 6 s). Der Ansatz lautet deshalb die 6 Sekunden alte validierte Position aus der Satellitennavigation zu verwenden, um den Trägheitssensor nachzuführen. Es ist davon auszugehen, dass eine regionale Beobachtung von Konstellation, Ionosphäre und eventuell Troposphäre zusätzlich notwendig sein wird, um automatisch landen zu können. Das zu klären ist Gegenstand der Forschung. Ähnliche Ansätze können Hafenmanöver, Flussfahrten, die Zugführung mit minimaler Streckenausrüstung, oder elektronische Leitplanken an den Straßen ermöglichen.

Unkonventionelle Anwendungen

Was gestern unkonventionell war, ist es heute vielfach nicht mehr. Weitgehend konventionell geworden sind die Fahrzeugnavigation, das Flottenmanagement, Informationssysteme beim öffentlichen Verkehr, die »en route« Navigation in der Luft- und Seefahrt, die Steuerung von Satelliten, die Landvermessung, die Vermessung von Brücken und Hochbauten, das Ausbringen von Dünger und



Bild 1: Helikopter als Versuchsträger für die Pipelineüberwachung mittels LIDAR. Später werden autonom fliegende Helikopter diese Aufgabe übernehmen.

[Quelle: Institut für Physik der Atmosphäre, DLR.]

Saatgut, die Nutzung beim Wandern und verschiedene militärische Anwendungen. Wissenschaftliche Anwendungen reichen von der Vermessung der Kontinentalverschiebung, über die Messung des Wassergehalts in der Luft, bis zur Vorhersage einzelner Aspekte des Weltraumwetters.

Viele weitere Anwendungen sind in der Entwicklung, so zum Beispiel die Überwachung von Pipelines mit einem automatisch gesteuerten unbemannten Helikopter. Letzterer fliegt eine Folge von Koordinaten ab, die die Lage der Pipeline wiedergeben und misst die Gaszusammensetzung in der Umgebung der Pipeline mit einem LIDAR (Light Detection and Ranging System). Festgestellte Lecks werden gemeldet, damit Sie von einem Reparaturteam verschlossen werden können. Unbemannte Einsätze sind bei vielen weiteren Aufgaben vorstellbar. Dazu gehören, die Überwachung von Verkehr, Waldbrände, Überflutung, die Bereitstellung einer fliegenden Mobilfunkinfrastruktur bei Großereignissen oder nach Katastrophen, die Hagelbekämpfung, das Sprengen von Lawinen und einiges mehr.



Bild 2: Blick durch den halbdurchlässigen Bildschirm eines Schneepfluges auf die Straße. Die eingeblendeten Fahrbahntrenn- und Begrenzungslinien ermöglichen die Orientierung bei Schnee oder sonst behinderter Sicht. Die Rechtecke beschreiben vom Radar erfasste Hindernisse. Bisher wurden 8 Schneepflüge in Minnesota und Alaska ausgerüstet

[Quelle: University of Minnesota.]

Eine andere Klasse von Anwendungen kann unter der Überschrift »Augmented Reality« zusammengefasst werden. Als Beispiel sei ein Ansatz aus Minnesota genannt. Dort liegt im Winter viel Schnee, sodass die Räumfahrzeuge häufig die Strasse kaum mehr finden. Entsprechend ersann die University of Minnesota einen eleganten GPS-basierten Ansatz. Im Sommer wurden die Strassen mit Räumfahrzeugen abgefahren und per Video aufgenommen. Parallel dazu wurden die Position und Ausrichtung der Fahrzeuge aufgezeichnet. In einer entsprechenden Nachverarbeitung wurden daraus die Straßenränder extrahiert. Die Straßenränder werden nun im Winter in das Sichtfeld des Fahrers dort eingeblendet wo sie aus seiner Position heraus erscheinen sollten. Dies ist ein dynamischer Prozess der durch die Position und Ausrichtung des Fahrzeuges gesteuert wird. Diese werden mit GPS bestimmt. Um zu vermeiden, dass der Fahrer ein eingeschneites Auto oder Reh rammt ist das Räumfahrzeug mit Radar, Metalldetektoren und Infrarotsensoren ausgerüstet. Sehr ähnliche Anwendungen gibt es beim Verlegen von Leitungen und Rohren, besonders in der Nähe von Gas- und Starkstromleitungen. Man kann sie solche Anwendungen aber auch im Hoch- und Tiefbau vorstellen – dem Kran- oder Baggerführer werden Teile des Bauwerks gezeigt, inklusive der Lage an der er seine Last absetzen soll. Bauherr und Architekten können durch eine geeignete Brille das Bauwerk inklusive Fortschritt in der realen Umgebung beurteilen. Die Wirkung historischer Bauten könnte sich dem Kunstinteressierten erschließen. Der Ansatz lässt sich auch auf den Innenbereich erweitern, dann allerdings nicht satellitenbasiert. So könnte die Fehlerdiagnose einer Maschine zu einer Reparaturanleitung führen, bei der die Teile und an ihnen auszuführenden Handlungen angezeigt werden. Längerfristig könnte sogar die erste Hilfe an Verletzten unterstützt werden.

In ganz anderer Art kann Positionsinformation nach Katastrophen helfen. Die Position ist dabei der Bezugspunkt für Information, die eine effektive Organisation der Hilfe ermöglicht. Die Information wird über eine mobile Station ausgetauscht, die die Funktionen lokaler Server, Mobilfunkbasisstation, WLAN Access Point, und Satellite Terminal erfüllt. Der Prototyp einer solchen Station wurde im Projekt Wireless Cabin zur Versorgung von Flugzeugpassagieren mit terrestrischen Diensten entwickelt.

Heute gehen Bergungsspezialisten nach Erdbeben mit Farbsprays durch das Katastrophengebiet und markieren ihre Erkenntnisse an Bauwerksteilen. Andere Helfer orientieren sich daran und handeln danach. Bei einem neuartigen Ansatz werden alle Informationen in einer gemeinsamen ortsbezogenen Datenbasis hinterlegt. Bei einem Erdbeben würden z.B. die Hundeführer über Verschüttete Berichten, andere Helfer über geborgene Verletzte, Sanitäter über benötigte Ärztliche Hilfe, usw. ... Auf Grund seiner Funktion erhält jeder eine Maske für die Eingabe der Daten und für die Anzeige der nächsten Aufgabe.

Position und Zeit werden automatisch erfasst. Die nächste Aufgabe wird aufgrund der Position des Helfers und des in der Datenbasis vorhandenen Lagebildes empfohlen. Wenn der Auftrag angenommen wird, wird er keinem anderen mehr zugewiesen. Der Transport von Menschen und der Fluss von Hilfsgütern werden ebenfalls erfasst und optimiert. Der Nachschub aus Geberländern kann zielgerichtet organisiert und verteilt werden.



Bild 3: Im Hintergrund: Konventionelle Sprühmarkierung eines Gebäudes nach INSARAG (International Search and Rescue Advisory Group). Durch die georeferenzierte Übertragung in den »Information Space« (im Vordergrund) steht diese Information allen Hilfskräften elektronisch zur Verfügung und kann zur Optimierung der Einsatzlogik verwendet werden.

Die wesentlichen Neuerungen bei diesem Ansatz sind das gemeinsame Lagebild aller Hilfskräfte und die damit verbundene Möglichkeit der Optimierung. Die Information steht nicht mehr lokal an einer Häuserwand. Sie ist global für alle verfügbar. Der Arbeitsfortschritt ist global bekannt, sodass die Hilfskräfte eine maximale Wirkung erzielen können. Der Ansatz lässt sich auf andere Ar-

beitsbereiche ausdehnen. Beispiele hierfür sind Baustellen, das Be- und Entladen von Schiffen oder Güterzügen, das Einbringen von Ernten, und - mit anderen Positionierungsmitteln - die Arbeitsorganisation in Werkstätten, Fabriken und dergleichen mehr.

Die Verknüpfung von Information und Position

Im vorhergehenden Absatz haben wir ein Beispiel für die Verknüpfung von Position und Information kennengelernt. Die Verknüpfung kann in beide Richtungen erfolgen. Im beschriebenen Fall wurde einem Ort Information zugeordnet. Weitere Beispiele hierfür sind: das Schlagloch oder die Eisplatte auf der Fahrbahn, die Ware auf dem Lagerplatz, der Transport auf der Strecke, die Temperatur des Sees, die Beschreibung der historischen Stätte, und dergleichen mehr. Diese Informationen werden typischerweise durch eine Verknüpfung in umgekehrter Richtung gewonnen, nämlich durch die Zuordnung eines Ortes zu einer Aktion. Beispiele hierfür sind der Ort an dem sich

- ein Sensor befand als er einen Wert gemessen wurde,
- eine Kamera befand als eine Aufnahme gemacht wurde,
- ein Gabelstapler befand als er die Ware absetzte,
- ein Computer befand als eine Datei gespeichert wurde,
- ein Mensch befand als er eine Überweisung tätigte,

und dergleichen mehr. Die Zuordnung von Informationen zu Orten wird durch die zunehmende Zahl vernetzter Sensoren begünstigt. Sie wird zu einer virtuellen Abbildung der Wirklichkeit in einem virtuellen Raum führen – dem »Information Space«. Die primäre Grenze für die Vollständigkeit dieser Information wird im Datenschutz liegen. Die Zuordnung von Positionen zu Aktionen ist die Grundlage für die Zuordnung von Informationen zu Orten, sie bereichert aber auch die Informationen selbst – so lässt sich das Urlaubsphoto vor dem Eifelturm ebenso finden wie der auf dem Flug von Berlin nach München verfasste Text.

Neben einer Abbildung des Ist-Zustandes ist auch vielfach eine Extrapolation in die Zukunft möglich, z. B. auf Grund von Periodizitäten oder weil Absichten in Form von Fahr- oder Arbeitszielen bekannt gegeben werden. Die Verfügbarkeit von Ressourcen unterschiedlichster Art kann transparent und nutzbar gemacht werden. Der Handwerker erfährt von potentiellen Aufträgen in seinem derzeitigen Wirkungskreis ebenso wie der potentielle Auftragsgeber von verfügbaren Handwerkern in seiner Umgebung. Eine ähnliche Vermittlungsfunktion ist für alle anderen Dienstleistungsangebote denkbar: Arzt, Anwalt, ... inklusive Handel. Wichtig ist, dass sich die Vermittlung immer auf den Abgleich von erreichbaren Angeboten bezieht. Der Ortsbezug hat allerdings für die einzelnen Dienstleistungen und Waren eine unterschiedliche Bedeutung, was entsprechend berücksichtigt wird.

Im Verkehr lässt sich ein sehr umfassendes Bild von Verkehrslage und Straßenzustand konstruieren. Ersteres geschieht bereits teilweise indem Taxis und Busse Ihre Position und Durchschnittsgeschwindigkeit melden. Fahrzeuge führen zahlreiche weitere Sensoren mit, aus deren Messwerten auf Wetterbedingungen (Regen, Nebel, Glatteis, Windböen) und Straßenzustand (Schlaglöcher, Spurrinnen, befahrener Teil der Fahrbahn, Neigung der Fahrbahn) geschlossen werden kann. Dies kann sowohl dafür verwendet werden anderen Verkehrsteilnehmern den Ist-Zustand mitzuteilen als auch Gefahren zu identifizieren, wie z. B. das Auftreten von Windböen bei einer gewissen Wetterlage. Die Kenntnis von Reisezielen wird außerdem die Organisation von Mitfahrgelegenheiten vereinfachen. Der Abgleich der Profile von Fahrern und Mitfahrern, z. B. Raucher oder Nichtraucher, wird deren Akzeptanz über den Bekanntenkreis hinaus fördern.

PriceWaterhouseCooper hat 100.000 neue Arbeitsplätze im Kontext von GALILEO vorausgesagt. Wir gehen davon aus, dass die konsequente Nutzung der Verknüpfung von Information und Position, und die Entwicklung der damit verbundenen Möglichkeiten, Handel, Handwerk, industrielle Prozesse und das Transportwesen besser zu organisieren einen wesentlichen Beitrag dazu leisten werden.

Voraussetzungen hierfür sind allerdings,

- die Entwicklung einer geeigneten Darstellung von Positionen und Trajektorien von Gebilden wie, Lagerplätzen, Straßen, Fahrten, Flugstrecken, Seen, Gaswolken und dergleichen mehr und eine Zuordnung zwischen diesen Gebilden und WGS84 Koordinaten,
- die Entkopplung der Gewinnung von Ortsinformation und Anwendungen. Als vielversprechend erweist sich dabei die Entwicklung eines Schichtenmodells bei dem Sensorwerte zu WGS84 Positionen aggregiert werden und diese wiederum auf – im gegebenen Kontext relevanten – Positionsinformationen transformiert werden, sodass sie von der Anwendung ohne weitere Transformation verwendet werden können. Dafür muss vielfach auch der Kontext geschätzt und mitgeliefert werden (im Zug sitzend, am Lenkrad eines PKW sitzend, ...),
- die Entwicklung von Hilfsmitteln, um Informationen über die Position zu suchen, z. B. braucht es hierfür geeignete Browser,
- die Erlernung des Umgangs mit einer sich ändernden Qualität und Verfügbarkeit von Positionsinformation ohne, dass die Anwendungen ihre Benutzerfreundlichkeit verlieren.

Diese Aufgaben sind lösbar, müssen jedoch gemeinsam von den Fachgebieten Informatik und Navigation angegangen werden. Die Möglichkeiten und der Nutzen sind beträchtlich.

Zusammenfassung

Die Satellitennavigation wurde in den vergangenen fünf Jahren in unzähligen Bereichen eingesetzt. Vieles wurde dabei ermöglicht und noch mehr angedacht, täglich kommen neue Ideen hinzu. Die systematische Aufarbeitung der Voraussetzungen um die Verwendung von Positionsinformation in Anwendungen ebenso natürlich erscheinen zu lassen wie die der Uhrzeit steht noch aus. Hierfür müssen Begriffe geklärt, Schnittstellen definiert und der Umgang mit einem unvollkommenen Sensor erlernt werden. Die Positionsinformation muss außerdem durch Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsinformation ergänzt werden. Erst dies wird die Evolution der heutigen Anwendungen mit empfehlendem Charakter in Richtung eingreifender Unterstützungen oder Vollautomatischer Steuerung ermöglichen. GALILEO setzt hier vielversprechende Akzente. Das Potential der automatischen Nutzung von Positionsinformation für die Weiterentwicklung wirtschaftlicher Abläufe und die Wirkung auf das gesellschaftliche Verhalten sind enorm. Es gilt in den nächsten Jahren dieses Potential zu erschließen.