

## Ein 30jähriger Hindernislauf: GPS\*)

---

Vor 30 Jahren begann die Testphase für den Aufbau des Satellitenvermessungssystems NAVSTAR-GPS, seit 10 Jahren ist die operationelle Einsatzfähigkeit mit 24 Satelliten gewährleistet, die offizielle Erklärung hierzu erfolgte sogar erst 1995. Der Einsatz von GPS für Navigation und Ortung war nicht mehr aufzuhalten und spielt heute im Vermessungswesen eine wichtige Rolle, wozu auch SAPOS® (Satellitenpositionierungsdienst der Deutschen Landesvermessung) beigetragen hat. 30 Jahre GPS – Anlass für einen kurzen Rückblick.

---

Manchmal hängt das Leben am seidenen Faden. Sekunden können über Leben und Tod entscheiden. Um im entscheidenden Augenblick wertvolle Zeit zur Verfügung zu haben, bedarf es des Glücks oder Verstands. Verstand in Form einer Technik, bei der die Fäden durch Funksignale zwischen Satelliten und einer exakten Position auf der Erdoberfläche repräsentiert werden. Diese Signale werden zu jeder Tageszeit, bei jedem Wetter und an jedem Ort der Welt durch das Global Positioning System (GPS) realisiert, so dass eine ausreichend genaue Ortung erreichbar ist. Dank dieser Möglichkeit können jährlich Tausende von Menschen vor den Folgen eines plötzlichen Herzinfarkts gerettet werden. Das sog. „vita-phone“, ein GPS-taugliches Handy, das ständig die EKG-Werte eines Patienten kontrolliert, überträgt beim Erreichen eines kritischen Schwellenwerts die zuletzt ermittelten Positionsdaten an eine Überwachungszentrale, die daraufhin gezielte Rettungsmaßnahmen einleiten kann.

Dies ist nur ein Beispiel für den Status quo nach 30 Jahren Weiterentwicklung von

GPS: Es handelt sich um eine bedarfsorientierte, flexibel einsetzbare, von jedermann zu beherrschende Technik, die das Grundbedürfnis des Menschen befriedigt, ganz genau zu wissen, wo er sich befindet - ein neuer Gebrauchsgegenstand.

### So fing alles an ...

Die aktuellen Probleme öffentlicher Verwaltungen in Deutschland, nämlich Sparzwänge und die mehr als knappen öffentlichen Kassen, existierten 1973 auch in den USA und waren die Ursache für die Geburtsstunde von GPS. Das amerikanische Verteidigungsministerium (U.S. Department of Defense, DoD) entschied damals, die Parallelentwicklung zweier Ortungssysteme, einerseits von der Marine und andererseits von der Luftwaffe, zum "Navigation System with Time And Ranging - Global Positioning System" (NAVSTAR-GPS) zusammenzufassen. Durch diese Namensgebung waren die Einsatzschwerpunkte, die Navigation und die dazu notwendige Zeit- und Streckenmessung, als Zielvorgaben definiert. Für das Erreichen dieser Ziele wurden annähernd 20 Mrd. US\$ investiert, wobei jährlich ca. 600 Mio. US\$ zur Instandhaltung hinzukommen.

---

\*) Gewinner eines Pressewettbewerbs für Vermessungsreferendarinnen/Vermessungsreferendare der Länder Brandenburg und Berlin 2003

## ...und so ging es weiter

Die Testphase des Systems umfasste die Jahre 1974 – 1979. In dieser Zeit wurden die grundlegenden Konzepte auf ihre Machbarkeit hin überprüft sowie Kosten-Nutzenanalysen durchgeführt. Am 27. Juni 1977 wurde der erste GPS-Satellit ins All geschossen. Eine Anwendung der GPS-Technologie, verbunden mit einem praktischen Nutzen für das Vermessungswesen oder andere Bereiche, war in diesem Zeitraum noch nicht gegeben.

Der daran anschließende Abschnitt von 1979 - 1985 war geprägt durch den technischen Aufbau des Systems. Fünf nutzbare Satelliten standen bis zum Jahr 1985 zur Verfügung. In diversen wissenschaftlichen Projekten wurde grundlegendes Wissen über Messmethoden, Empfängertechnologien und Auswertetechniken der Satellitensignale erarbeitet sowie fundamentale geodätische Problemstellungen, wie z.B. die Festlegung des Bezugssystems, die Bestimmung des Schwerefelds der Erde und die Orientierung des Erdkörpers im Raum, gelöst. Dies alles kam später der operationellen Vermessungstechnik zugute. Seit 1983, also 10 Jahre nach der Geburtsstunde von GPS, konnte das System als begrenzt nutzbar bezeichnet werden.

In den Folgejahren 1985 – 1995 wurde dann das bestehende Weltraumsegment weiter ausgebaut, sodass 14 nutzbare Satelliten bis 1990 zur Verfügung standen. Dies war die Phase des operationellen Einsatzes von Satellitenverfahren, wobei erst mit den zivilen Nutzungsmöglichkeiten von GPS die „Demokratie“ beim Einsatz von Satellitenvermessungsverfahren ermöglicht wurde (im Gegensatz zu den aristokratischen Systemen: Satellite-Laser-Ranging (SLR) und Very-Long-Baseline-Interferometrie (VLBI)). Seit April 1993, also erst nach 20

Jahren des offiziellen Starts, hatte das System seinen damals geplanten Ausbau mit 21 aktiven Satelliten und 3 aktiven Ersatzsatelliten erreicht. Offiziell wurde dies jedoch erst am 17. Juli 1995 durch die U.S. Luftwaffe bekannt gegeben.

## Warum es nicht schneller ging ...

An Hand der dargestellten Entwicklungschronologie ist der langsame Entwicklungsfortschritt, den GPS vor allem in dem Zeitraum 1973 – 1993 genommen hat, offensichtlich. Eine Ursache dafür ist, dass GPS kein kommerziell betriebenes, sondern ein mit amerikanischen Steuergeldern, durch das amerikanische Militär entwickeltes und aufgebautes System ist, das durch politische Vorgaben und Entscheidungen im starken Maße abhängig war und bis heute geblieben ist. So haben wechselnde Entscheidungsträger (Präsidenten) dem Ausbau des Systems unterschiedliche Bedeutung beigemessen und zum Teil von der ursprünglichen Planung abweichende, geringere finanzielle Mittel zur Verfügung gestellt. Dabei spielte auch die weltpolitische Situation eine wichtige Rolle, die sich in diesem Zeitraum von einer anfänglichen Aufrüstungs- in eine spätere Abrüstungsphase wandelte.

Von vielen Fachleuten wurde hingegen das Leistungspotential von GPS schon frühzeitig erkannt und wesentliche Erleichterungen auch im operationellen Vermessungsgeschäft durch publizierte zukünftige Anwendungsbeispiele in Aussicht gestellt. Allerdings wurde der Entwicklungsfortschritt des Systems häufig zu optimistisch prognostiziert und dadurch vielfach aus Mangel an Detailkenntnissen in ungerichteter Weise überbewertet. So schrieb beispielweise Seeber 1977: „Mit GPS werden sich... die meisten Positionie-

rungsprobleme ... schnell und leicht lösen lassen“[1]. Insgesamt wurde auf diese Weise GPS schon frühzeitig der Reiz des Neuen genommen. Stattdessen machte sich bei vielen anwendungswilligen, innovativen Vermessungspraktikern, die mit dieser neuen Technik arbeiten wollten, Frustration und Verärgerung über die vielen Anwendungshindernisse breit. Ein wesentlicher Grund dafür war die mit dem Ausbau des Systems verbundene langsame Zunahme nutzbarer Satelliten. Die Folge waren stark begrenzte Zeitfenster für den Empfang einer ausreichenden Anzahl an Satelliten, wodurch nur ein bedingter Einsatz des Systems möglich war. So war beispielsweise noch 1990 das tägliche GPS-Beobachtungszeitfenster auf ca. 5 Stunden begrenzt.

Da das amerikanische Militär als hoheitliche Aufgabe GPS für militärische Zwecke entwickelte, stand auch jederzeit die militärische Nutzung im Vordergrund und bestimmte die Entwicklungsvorgaben. Eine Vermarktung des Systems aus kommerziellen Gesichtspunkten, d.h. ein Marketing für die Nutzung von GPS und das Wecken von Bedarf für solche Geoinformationen, wurde nie betrieben. Die Nutzung der frei verfügbaren Signale wurde sogar -ganz im Gegenteil- durch künstlich erzeugte Fehlerquellen stark behindert. Folglich hatten Dienstanbieter gegenüber dem Systemhersteller, dem U.S. Militär als Entwickler der Basistechnologie GPS, in der Zeit des Systemauf- und -ausbaus immer einen zeitlichen Rückstand, der erst nach dem kompletten Ausbau aufgeholt werden konnte. Dementsprechend bildete sich ein um mehrere Jahre zeitversetzter, mit Ausnahmen von wissenschaftlichen Eigenentwicklungen, kommerzieller GPS-Empfängermarkt, verbunden mit verzögerten Nutzungsmöglichkeiten von GPS.

Grundsätzlich hängt die Effizienz eines Systems stark von dem Fortschritt der Konkurrenzentwicklungen ab. Dementsprechend ist für den Bereich des Vermessungswesens die nur langsame Durchsetzung von GPS-Vermessungen, auch vor dem Hintergrund der starken Konkurrenz klassischer terrestrischer Verfahren, zu sehen. In Deutschland wurden über Jahrzehnte andere Systeme (Lage-, Höhen-, Schwerefestpunktfelder) entwickelt, die heute noch eine gute bis sehr gute Vermessungsinfrastruktur darstellen. Damit war und ist die Notwendigkeit zum Einsatz satellitenbasierter Vermessungssysteme allein aufgrund ihrer Existenz nicht gegeben. Erst mit der Verbesserung der Empfängertechnologie und Auswertesoftware konnten die Genauigkeit, die Verfügbarkeit und die Dauer zum Erzielen eines Ergebnisses den hohen Ansprüchen im Vermessungswesen gerecht werden. Die bestmögliche und volle Nutzung des GPS-Potenzials, die kinematische real-time Positionierung mit Zentimeter- oder gar Subzentimetergenauigkeit in einer Messzeit von wenigen Minuten, wurde erst Mitte der 90er-Jahre erreicht. Erst seit diesem Zeitpunkt ist eine Konkurrenzfähigkeit der auf GPS basierenden Messergebnisse zu klassischen Verfahren entstanden.

Zwei weitere wesentliche Bestandteile haben den Entwicklungsfortschritt der Empfänger- und Auswertesysteme nachhaltig beeinflusst: die Entwicklungen auf dem Gebiet der Hard- und Software. Bei der Hardware ist der Fortschritt von Prozessoren und Speichermedien hervorzuheben. Die stetig schnelle Entwicklung des Leistungspotenzials von Prozessoren und die im gleichen Maße steigende Speicherkapazität von Datenträgern aller Art seit Mitte der 80er-Jahre hat auch den Empfän-

gersystemen von GPS einen bis zum heutigen Tage noch andauernden Leistungsschub beschert. Aber nicht nur der Entwicklungsfortschritt von Kilobyte zu Gigabyte und von Kilohertz zu mittlerweile Gigahertz war entscheidend, sondern auch die Reduzierung der Ausmaße und des Gewichts dieser Hardware, die eine Voraussetzung für den flexiblen Einsatz von GPS-Empfängern war und ist. Wogen die Empfänger zu Anfangszeiten bis in die 80er-Jahre hinein noch so viel, dass separate Transportmittel eingesetzt werden mussten, so ist heutzutage die Implantation in Uhren und Handys möglich, wie es das Eingangsbeispiel beschrieben hat. Ein weiterer Vorteil aus der Entwicklung der Computertechnologie zum Massenprodukt waren die immer weiter sinkenden Preise der Hardwarekomponenten von GPS-Empfängern. Wurden damals für einen GPS-Empfänger, der für vermessungstechnische Aufgaben eingesetzt werden sollte, noch ca. 80 000 DM bezahlt, so ist derzeit für Geräte nach heutigen Maßstäben "nur noch" ein Viertel zu zahlen. Die Entwicklung im Bereich der Hardware war gleichermaßen die Voraussetzung für den Einsatz umfangreicherer und leistungsfähigerer Auswertesoftware. Besonders in der Anfangszeit prägten stark wissenschaftliche Eigenentwicklungen die Softwarelösungen, die ein hohes Maß an theoretischem Fachwissen zur korrekten Anwendung und Auswertung voraussetzten. Dabei war der Anwender häufig mehr mit systeminternen Problemen belastet, als mit der eigentlichen Positionsbestimmung, wodurch insbesondere die Bedienerfreundlichkeit litt. Erst seit Beginn der 90er-Jahre wurde mit der Konzentration auf die bedarfsgerechte, nutzerspezifische Aufbereitung der Empfängerdaten die Nutzung von GPS-Rohdaten vereinfacht.

Zusätzlich wurden die Auswertemodelle im Laufe der Jahre verfeinert und teilweise mit neuen Erkenntnissen erweitert, was wiederum den Umfang der Software erhöhte. Eine weitere Folge der leistungssteigernden Entwicklung von Prozessoren war die Verkürzung der Zeitspanne vom Einschalten des GPS-Empfängers bis zu einer exakten Positionsbestimmung. Waren bis Anfang der 90er-Jahre noch mehrstündige Beobachtungszeiten für das Erzielen von cm-Genauigkeiten im Postprocessing erforderlich, so ist diese Genauigkeitsqualität heutzutage bei vergleichbaren Bedingungen, z.B. mittels **SAPOS®**-Technologie, in ca. 1 Minute real-time Messung möglich.

### **Wie es weitergeht ... - Quo vadis GPS?**

Wie schnell GPS bzw. **SAPOS®** ein fester Bestandteil unseres täglichen Lebens sein wird, hängt im Wesentlichen von zwei Faktoren ab: Einerseits vom Grad der Verfügbarkeit von Satellitensignalen und andererseits vom Einfallsreichtum der Vermarktung dieser Geobasistechnologie.

Die Verfügbarkeit betreffend sind die Entwicklungsperspektiven klar erkennbar. So werden gegenwärtig beginnend und in naher Zukunft verstärkt, die Signale der russischen Satelliten des Weltraumsegments GLONASS (Global'naya Navigatsioannaya Sputnikovaya Sistema) immer häufiger mit denen der GPS-Satelliten zusammen ausgewertet, so dass sich die Anzahl der nutzbaren Satelliten um z.Zt. 11 zusätzliche Satelliten erweitern würde. Die gemeinsame Nutzung von GPS- und GLONASS-Satellitensignalen ist dabei ein Empfängersoftwareproblem, für das konkrete Lösungsvorschläge bereits existieren. Diese müssen in Zukunft verstärkt in die neue

Empfängergeneration implementiert werden. Aber solange die Funktionalität der Satellitenpositionierung und –navigation vom “Good Will” amerikanischer und russischer Interessen abhängig ist, wird bei allen Nutzern eine unterschwellige Unsicherheit bestehen bleiben. Dabei kann auch die Hinzunahme eines zweiten Systems nur eine Risikoverteilung, nicht aber eine Systemunabhängigkeit bedeuten. Erst das sich in der Planung befindende europäische Satellitensystem GALILEO, dessen Finanzierung durch die 15 ESA-Mitgliedsstaaten (European Space Agency) mit dem Vertrag vom 19. März 2003 gesichert worden ist, wird zur Unabhängigkeit und Steigerung der Verfügbarkeit um weitere ca. 30 Satelliten führen. Darüber hinaus belebt die Konkurrenz den Markt, was am Ende auch dem Kunden von Satellitenpositionierungssystemen zugute käme.

Wie wichtig die Vermarktung für die schnelle Verbreitung eines Produkts ist, zeigt das Beispiel von Microsoft Windows, das von vielen Fachleuten zwar nicht als das beste Betriebssystem bewertet wird, das aber aufgrund des intensiven Marketingkonzepts weltweit das am weitesten verbreitete und immer noch meist verkaufte Softwareprodukt der Welt ist. So ist auch die Vermarktung der quasi “öffentlichen“ Geodaten von außerordentlicher Bedeutung. Mit *SAPOS*<sup>®</sup> ist man bereits auf dem richtigen Weg. So wurde vor kurzem ein sog. “Public Privat Partnership“ (PPP) mit der Ruhrgas AG eingegangen, um Marktanteile auf dem Gebiet der Satellitenpositionierung zu erschließen. Ziel solcher Verbindungen muss es sein, Anwendungen und Absatzmärkte im gewerblichen und industriellen Sektor mit dem Zweck zu erschließen, den Rohstoff “Geobasisdaten” durch branchenspezifische Lösungen zu

veredeln und damit einem breiteren Nutzerkreis zugänglich zu machen. Nur auf diesem Wege werden Geobasisdaten Ge(o)brauchsdaten, die ein hohes Wirtschaftsgut darstellen können.

Zu Beginn ein schon realisiertes Beispiel für den sinnvollen Einsatz von GPS, zum Schluss eine noch in den Sternen stehende weitere Anwendungsmöglichkeit für alle “Suchenden”: Vorstellbar ist, dass Internetanbieter, die über riesige Kundendatenbanken inklusive Informationen über die Traumpartner ihrer Nutzer verfügen, ihren Kunden über ein entsprechendes Handy Signale zusenden, wenn sich die zu ihnen passende “zweite Hälfte” in ihrer Nähe aufhält. Da kann man nur hoffen, dass sich die Verfügbarkeit in den nächsten Jahren weiter erhöht.

Fazit: Die Entwicklung sinnvoller Techniken ist das eine, deren Umsetzung in die Praxis das andere.

### Literaturverzeichnis:

- [1] Seeber, Günter: Das NAVSTAR Global Positioning System, ZfV, 8/1977, S. 381 - 383

