



# WATCHING YOU - vom Wandel eines Satellitensystems

**GPS ist heute das Zauberwort, wenn es um globale Navigation oder auch nur um das punktgenaue Orientieren in unseren Städten geht. Aus dem ehemals rein militärischen ist heute ein weltweit durch jedermann nutzbares System geworden. Von Anwendungen und Perspektiven berichtet unser Artikel.**

Watching you, wie dieser Artikel beschrieben ist, erinnert uns sofort an Orwells Visionen - und das ist gar nicht einmal so weit hergeholt.

## Schwerter zu Pflugscharen...

In den Zeiten des kalten Krieges zwischen den Militärblöcken NATO und Warschauer Pakt haben die USA rund um die gesamte Erde ein Netz von auf kreisförmigen Bahnen um die Erde kreisenden Satelliten installiert, das zunächst ausschließlich dem Zweck vorbehalten war, Marschflugkörper, die bekannten Cruise Missiles,

punktgenau an ein beliebiges Ziel leiten zu können. Die dabei erreichbare Genauigkeit liegt bei wenigen Zentimetern.

Das Netz von 21 Stamm- und drei Ersatzsatelliten ist in 20 000 km Höhe so um die Erde positioniert, daß jeder Punkt der Erde von vier Satelliten gleichzeitig „eingesehen“ werden kann (Bild 1).

Aus der Anordnung der Satelliten rund um die Erde und ihrer Zweckbestimmung leitet sich auch die Bezeichnung GPS, also Global Positioning System, her. Komplette heißt das System NAVSTAR-GPS, wobei NAVSTAR das Kürzel für Navigation Satellite Timing and Ranging ist.

Schon bald erkannte man die auch zivile Nutzbarkeit des Systems, zumal die USA weitsichtig zwei verschiedene Betriebsmodi des Systems konzipiert hatten. Der sogenannte P-Code (Precise Protected) steht für Messungen mit der oben genannten Präzision, der Empfang dieser Codierung ist jedoch wirklich nur den Militärs möglich, sie wenden ihn für die Raketenleitung an. Natürlich ist diese Codierung geheim, sonst könnte ja der potentielle Gegner das System auch für sich nutzen.

Der zweite Code, der sogenannte C/A-Code (Clear/Acquisition), ist für alle übrigen Anwendungen, so etwa für Alpinisten, Seefahrer, Luftfahrzeuge oder aber die Navigation auf der Erde bestimmt. Er ist allgemein auswertbar und ermöglicht Standortbestimmungen im Bereich von wenigen Metern bis ca. 100 m. Die Wellenbereiche für dieses Verfahren liegen zwischen 19 und 24 cm. Die Ungenauigkeit ist von den eigentlichen Betreibern des Systems, den Militärs, beabsichtigt, aus o.g. Gründen. Findige Techniker haben bei der Entwicklung der Empfangsgeräte durch intelligente Fehlerberechnungsalgorithmen jedoch eine Genauigkeit des C/A-Codes erreichen können, so daß eine Standortbestimmung bis auf wenige Meter genau heute ohne weiteres möglich ist. Dieses Verfahren nennt sich Differential-GPS.

## Überwachte Präzision

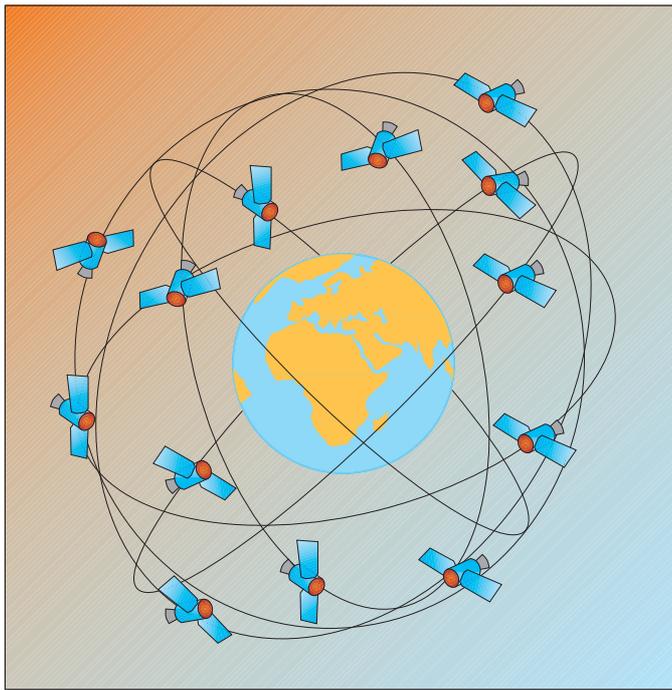
Da selbst Satelliten als Präzisionsgeräte kaum ganz genau den Kurs halten können, werden sie durch mehrere, rund um die Erde verteilte Bodenstationen überwacht, darunter einer aus Deutschland. Diese ermitteln Abweichungen der Bahndaten sehr genau (sie sind an exakt vermessenen Standorten der Erde lokalisiert) und leiten diese Daten an ein Zentrum in den USA weiter, das die Satelliten wiederum entsprechend den aktuellen Daten aktualisiert.

Wie hat man sich nun die Wirkungsweise eines GPS-Empfängers vorzustellen?

## Grand mit Vieren...

Da die Satelliten genaue Umlaufdaten besitzen, haben sie einen genau berechneten Einstrahlbereich auf der Erdoberfläche. Diese Einstrahlbereiche überschneiden sich ganz geringfügig. An Bord jedes Satelliten befindet sich eine sehr genau gehende Uhr auf Atomzeitbasis, wie wir sie auf der Erde etwa aus Mainflingen kennen (diese steuern unsere Funkuhren). In durch diese Atomuhren definierten Abständen senden die Satelliten ständig Signale zur Erde.

Ein Empfänger auf der Erde empfängt nun die Signale zunächst zweier Satelliten und vergleicht deren Zeitangabe mit seiner



**Bild 1: Schematische Darstellung der Verteilung der GPS-Satelliten rings um die Erde.**

zung ist bisher kostenlos, daher eigentlich ein wenig illegal gegenüber den Militärs. Es ist zu befürchten, daß das Pentagon eines Tages Gebühren erhebt und das System für alle Nicht-Zahler sperrt.

In den in Fahrzeugen integrierten Positionsbestimmungssystemen hat GPS jedoch nur eine unterstützende Funktion.

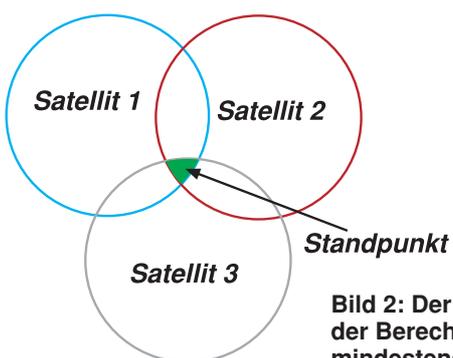
### GPS - Navigationshilfe auf der Straße

Hier kommen die wesentlichen Informationen zum einen von einer CD-ROM, die die Landkarte des durchfahrenen Gebietes enthält und zum anderen von den Fahrzeugsensoren, die den tatsächlich zurückgelegten Weg des Fahrzeugs genau dokumentierbar machen. Die GPS-Unterstützung ist hier das I-Tüpfelchen des Systems. Eine unscheinbare Flachantenne auf dem Kofferraum oder LKW-Dach (Bild 4)

eigenen Zeit, die ebenfalls so genau wie möglich sein muß. Anhand der Laufzeitunterschiede der Satellitensignale zum Empfänger errechnet nun der Computer im Empfänger die exakte Entfernung zum Satelliten und daraus schließlich seinen Standort auf der Erde.

Wozu benötigt man zur Standortbestimmung nun einen dritten und vierten Satelliten? Wir erinnern uns, die Einstrahlkegel der zwei erstgenannten Satelliten überschneiden sich leicht. Daher bilden sie an zwei Stellen Kreuzungspunkte, so daß der errechnete Empfängerstandpunkt bis zu einigen hundert Kilometern abweichen kann.

Jetzt kommen der dritte und eventuell sogar der vierte Satellit ins Spiel: Genau wie die beiden anderen überdeckt auch ihr Einstrahlkegel ein wenig die beiden anderen, und der Bodenrechner kann nun aus den Laufzeitunterschieden aller vier Satelliten ganz genau den richtigen Schnitt- bzw. Standpunkt ermitteln. Die meisten GPS-Empfänger basieren jedoch nur auf einer Auswertung von drei Satelliten, die prinzipiell ausreichend ist (Bild 2).



**Bild 2: Der exakte Standpunkt wird aus der Berechnung der Laufzeitunterschiede von mindestens drei GPS-Satelliten errechnet.**

### Satellitenempfang ohne Schüssel

Wer nun glaubt, dies erfordere eine ähnlich voluminöse Empfangstechnik wie bei den Fernsehsatelliten, der irrt gewaltig.

Da das System zunächst für die rein militärische Anwendung konzipiert war, mußten auch die Empfangssysteme möglichst kompakt ausfallen. Also strahlen die GPS-Satelliten mit einer relativ hohen Leistung und einem Frequenzbereich, der nur handtellergroße Flachantennen erfordert. So sind die modernen Antennen, etwa die den Globetrottern, Seglern oder Fliegern bekannten PYXIS-Sony-Navigationsysteme oder auch die Empfangsantennen der neuesten Auto-Navigationsysteme, tatsächlich nur wenige Quadratzentimeter groß (Bild 3).

Die zugehörige Mikrorechen- und Anzeigetechnik ist heute ohnehin so kompakt, daß ein portables Gerät nur noch wenig größer als ein größerer Taschenrechner ist. In Fahrzeugsystemen hat sich die Anzeige von Klartext in einem kleinen Display durchgesetzt. Aktuelle Beispiele sind das Blaupunkt-Berlin-System oder das Carin für den neuen 7er BMW.

Letztendlich bestimmt nur noch der empfangertechnische Aufwand die erreichbare Genauigkeit des Systems. Hier sind heute Preisspannen von mehreren tausend Mark je nach erreichter Genauigkeit üblich. Zukünftig kann sich das GPS-System aber eventuell verteuern, denn die Nut-



**Bild 3: Sie liegen schon bequem in der Hand: mobile GPS-Empfänger für die Anwendung z.B. im Tourismus (Foto: Sony).**

kennzeichnet ein solches System nach außen hin.

Welchen praktischen Zweck dieses hochintelligente System hat? Einfach gesagt, man kann beliebige Standorte auf der Erde fast metergenau bestimmen. Dies ist sowohl für den Abenteuerurlauber im Himalaya oder im brasilianischen Urwald als



**Bild 4: Kennzeichnet schon viele LKW größerer, europaweit agierender LKW-Flotten: Satellitenantennen (hier Eutelsat) auf dem LKW-Dach.**

auch für den Seefahrer oder den Piloten lebenswichtig.

Da unsere Reihe „Technik mobil“ heißt, wollen wir den Aspekt der Fahrzeugorientierung bevorzugt beleuchten.

### Flottenmanagement per GPS

Die ersten und bis heute zahlreichsten Benutzer des GPS-Systems auf den Straßen sind Speditionen, die per GPS ihre Fahrzeugflotten lenken und überwachen.

Dies dient zum einen dem Fahrer, der sich in fremden Städten dann nicht mehr mühsam per Karte und CB-Funk orientieren muß, sondern per GPS bis ans Ziel gelenkt werden kann. Und zum anderen dient es den Spediteuren zur Überwachung ihrer Flotte, sie können jederzeit erfahren, wo sich ihre Fahrzeuge befinden. Für die Fahrer zwar nicht ganz angenehm, aber ökonomisch nachvollziehbar.

Denn auch der umgekehrte Weg ist möglich. Ein im Fahrzeug integrierter Sender kann die Daten des aktuellen Standorts ebenfalls zum Satelliten abstrahlen und so der aktuelle Standort des Fahrzeugs jederzeit bekannt gemacht werden.

Große Speditionen nutzen diese Möglichkeiten bereits über das Eutelsat-System seit Jahren, um ihre Flotten europaweit zu steuern.

### Bei Diebstahl - Anruf genügt

Dieses Feature haben sich findige Geschäftsleute bereits zunutze gemacht und bieten ein komplettes Fahrzeugüberwachungssystem an, mit dem im Falle eines Diebstahls des Fahrzeugs über GPS der Weg des gestohlenen Fahrzeugs punktgenau verfolgt werden kann. Ein Pilotversuch im Raum Hannover verlief erfolgreich, das System wird bereits kommerzi-

ell angeboten. So hat man wenigstens eine minimale Chance, ein gestohlenen Fahrzeug schnell wieder aufzufinden. Daß dieses System aus Amerika stammt und dort vor allem zur Standortbestimmung von Polizeifahrzeugen dient, verwundert uns sicher kaum noch.

So kommt man der Orwellschen Vision von der totalen Überwachung all unserer Wege schon recht nahe. Jeder, der einmal quer durch Deutschland fährt, dabei einmal durch die Polizei kontrolliert wird, eine Radarfalle erwischt, zweimal per Kreditkarte tankt und in der Gaststadt ein Knöllchen bekommt, ist genauso gut überwacht. Und lassen wir erst die Pläne des Verkehrsministers mit der automatischen Autobahnmaut wahr werden, so klingt GPS-Verfolgung gar nicht mehr so Orwell-mäßig, denn

GPS ist auch Bestandteil dieses geplanten Systems.

Bei erwähntem Diebstahlverfolgungssystem wird im übrigen die Option der wahlweisen Aktivierung des Systems erst nach Diebstahl angeboten.

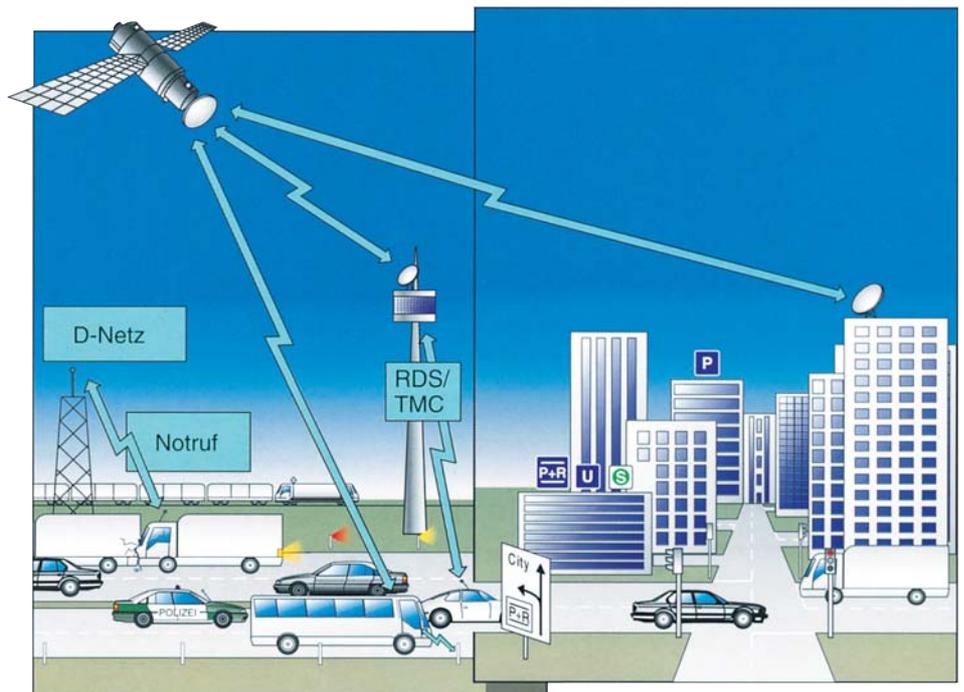
Der praktische Nutzen des GPS-Systems indes ist inzwischen erwiesen und unbestritten, und im Zuge der wachsenden Verkehrsdichte wird das System rasant an Bedeutung gewinnen (Bild 5).

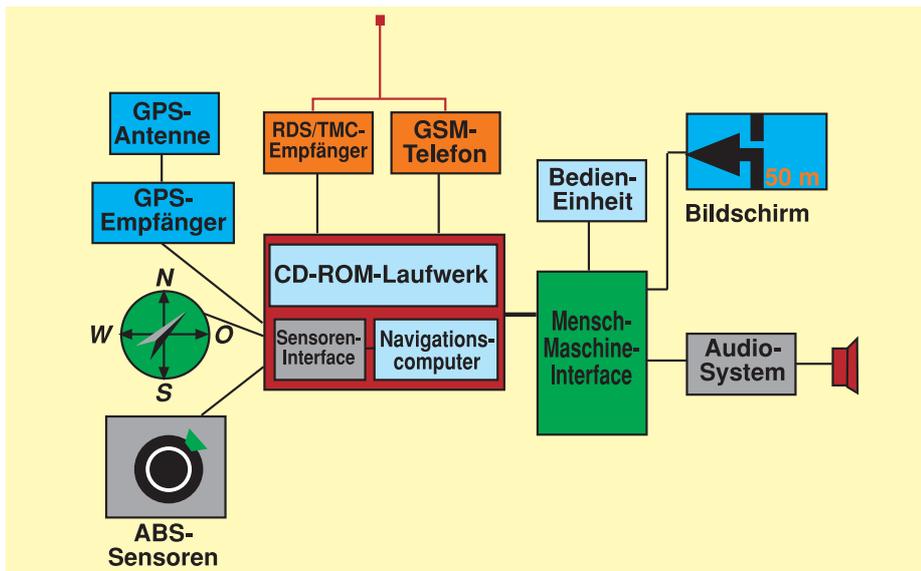
Durch die intelligente Verbindung von GPS und terrestrisch gestützten Ortsbestimmungsverfahren ist es bereits heute möglich (und käuflich), Fahrtrouten bis auf wenige Meter genau zu bestimmen. Durch die Verbindung mit aktuellen CD-ROMs, TMC-Verkehrsmeldungen und Fahrdaten entsteht so ein hochexaktes und vor allem flexibles Verkehrsleitsystem. Treue Leser haben darüber bereits in der Ausgabe 5/94 eine nachlesenswerte Abhandlung lesen können.

### GPS führt ans Ziel

Inzwischen sind auch im PKW-Bereich die ersten Serien-GPS-Systeme verfügbar, so im neuen 7er und im 5er BMW. Gemeinsam mit Philips hat man hier ein hochintelligentes Fahrzeuginformationscenter entwickelt, das alle Funktionen vom Radio, über den Bordcomputer, das TV-Gerät bis eben hin zum Navigationssystem umfaßt (Bild 6). Dieses zeigt auf dem Bordmonitor den exakten Standort des Fahr-

**Bild 5: Im Zusammenwirken mit weiteren Verkehrsleitsystemen ist es Verkehrsteilnehmern möglich, per GPS bequem beliebige Ziele ohne Behinderungen zu erreichen.**





**Bild 6: Das Navigationsequipment des CARIN-Systems im neuen 7er BMW; man erkennt deutlich die einzelnen Komponenten des in Bild 6 dargestellten Systems (Grafikidee: BMW).**

zeugs an und errechnet gleichzeitig stets den kürzesten Weg zum Ziel. Mittlerweile sind die verfügbaren Straßenkarten auf CD-ROM so ausgefeilt, daß auch Einbahnstraßen und andere Verkehrslagen keine Probleme mehr bereiten.

Durch die zukünftige Einbindung des Traffic-Message-Systems (TMC) werden auch ständig die aktuellsten Verkehrsmeldungen in die Berechnungen des Systems

anzuwählen, eine besonders interessante Option für ländliche Gegenden. Dabei ist der Kartenmaßstab veränderbar von 1 cm: 50 m bis 1 cm: 25 000 m. Bei Erreichen des Randes des Kartenausschnitts wird automatisch weitergeblättert (Bild 7).

### Harmonisierung europaweit

Daß hier von Anfang an eine gesamt-europäische Harmonisierung erreicht werden konnte, ist dem PROMETHEUS-Projekt der EG zu verdanken, dem nahezu alle namhaften Autohersteller und Komponentenlieferanten zuarbeiten.

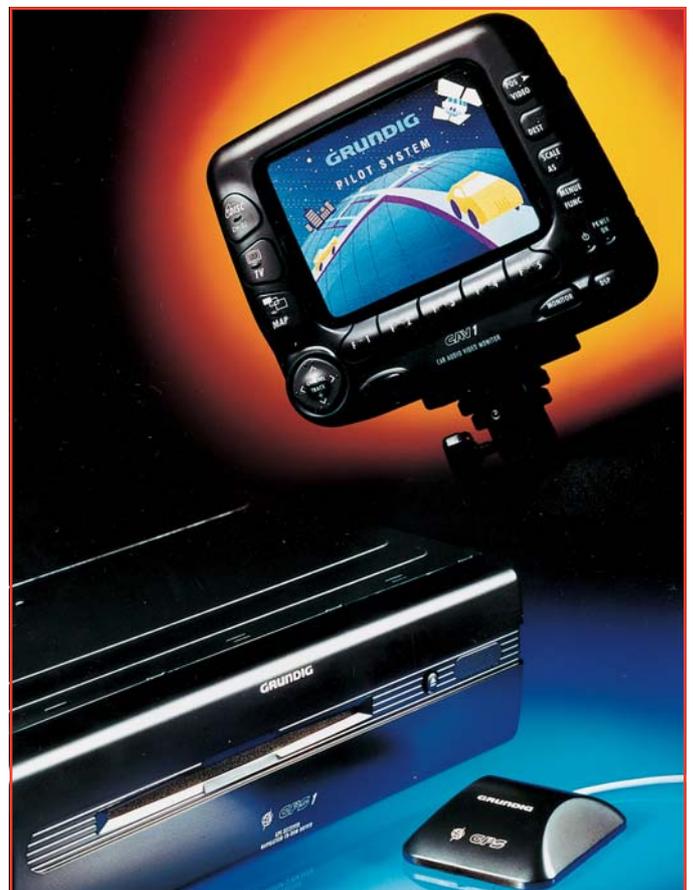


mit einbezogen, so daß auch eine Umgebung von Staus, Baustellen etc. empfohlen werden kann.

Bereits 1994 war auf CD-ROM Deutschland mit dem Hauptstraßennetz, Orten und Städten verfügbar, ebenso Frankreich. Die Weiterentwicklung in diesem Jahr weist bereits ein lückenloses europäisches Straßennetz sowie die volle Digitalisierung aller Städte mit mehr als 5000 Einwohnern auf. BMW gibt die erreichbare Zielgenauigkeit bereits mit  $\pm 10$  m an. Vor allem die einfache Bedienbarkeit solcher Navigationssysteme besticht. Prinzipiell sind nur Land, Zielort und Zielstraße bzw. etwa ein Hotelname einzugeben. Auch per Kartendarstellung und Cursorführung ist das Ziel

**Bild 7: Wahlweise wird der ermittelte Weg entweder im Klartext (siehe Einleitungsfoto) oder als Karte dargestellt (Bild: BMW).**

**Bild 8: Die GPS-Systeme werden universeller und preiswerter: Grundig stellte zur IFA 95 ein fahrzeugunabhängiges GPS-Routenfindersystem vor (Foto: Grundig).**



Auch weitere Hersteller wie Blaupunkt, Alpina und Grundig haben solche GPS-Systeme schon zur Serienreife entwickelt und bieten diese im Preissegment ab etwa 4000 DM an (Bild 8).

### GPS in Gegenwart und Zukunft

Wie wird es nun weitergehen mit der Entwicklung von GPS-Systemen?

Unabhängig von der aber eher zu vernachlässigenden Gefahr, daß das Pentagon das System abschalten oder zumindest Gebühren kassieren könnte, arbeiten verschiedene Hersteller an der Perfektionierung des Systems. Schon gehört GPS zur Grundausstattung aller seegehenden Schiffe, von Flugzeugen, Truckflotten. Aber auch der Urlauber im fremden Land kann heute über portable Geräte verfügen, die schon fast in jeden Trekking-Rucksack passen. Man erinnere sich nur ganz profan an Orientierungsprobleme etwa auf italienischen Landstraßen.

So wird GPS über kurz oder lang ebenso verbreitet sein wie ein Autoradio oder der Kompaß beim Wandern. Und es soll ja schon heute zahlreiche Seeleute geben, denen der Begriff Sextant kaum etwas sagt...

Daß mit der massenweisen Einführung von GPS-Systemen ein starker Preisverfall einhergehen wird, der diese Geräte jedem zugänglich macht, liegt auf der Hand und ist bereits in den nächsten Jahren zu erwarten. **ELV**