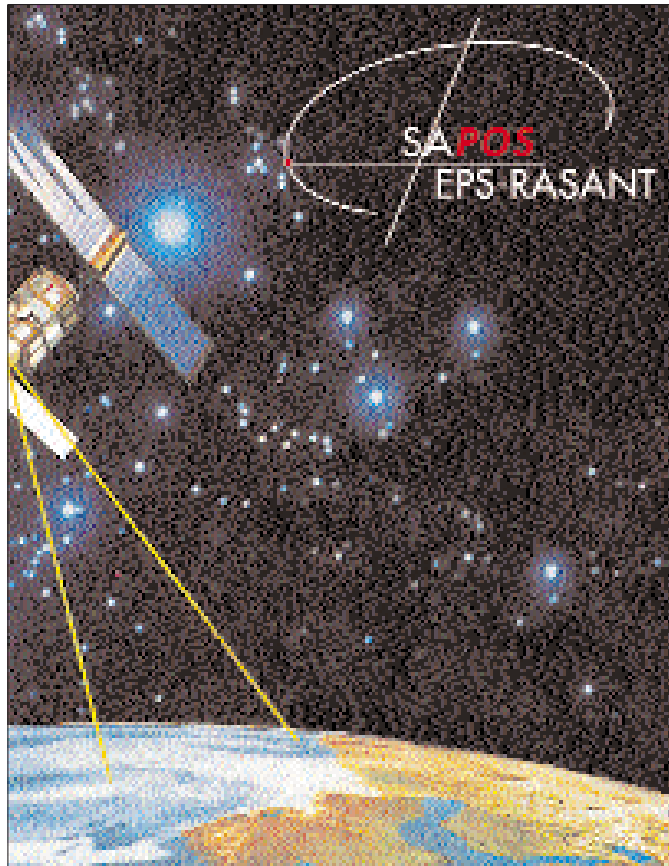


Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung - Echtzeitnavigation -



Landesvermessungsamt
Nordrhein-Westfalen



NRW.

Allgemeine Informationen

SAPOS kann auch der Industrie als Impuls zur Entwicklung von satellitengestützten Anwendersystemen und Fachanwendungen mit Raumbezug dienen. Zusätzlich kann die Vermessungsverwaltung ihre digitalen Karten und Datenbestände einbringen.

Die deutschen Landesvermessungsverwaltungen - koordiniert durch die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) - haben das gemeinsame Konzept für den Satellitenpositionierungsdienst **SAPOS** im Mai 1995 verabschiedet. Weitere Informationen bekommen Sie direkt bei den Landesvermessungsverwaltungen.

SAPOS^W – Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung. **SAPOS** ist eine eingetragene Marke der deutschen Landesvermessung.

RASANT – Radio unterstütztes Navigations Verfahren

EPS – Echtzeit-Positionierungs-Service

Herstellung und Herausgabe

Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen
Bad Godesberg
Muffendorfer Straße 19-21
53177 Bonn

Telefon: (0228) 846-0
(0228) 846-2110
(0228) 846-1320
Telefax: (0228) 846-5002

Zentrale
SAPOS
Kundenberatung

April 1998

Ein Einblick in die Geschichte der Navigation

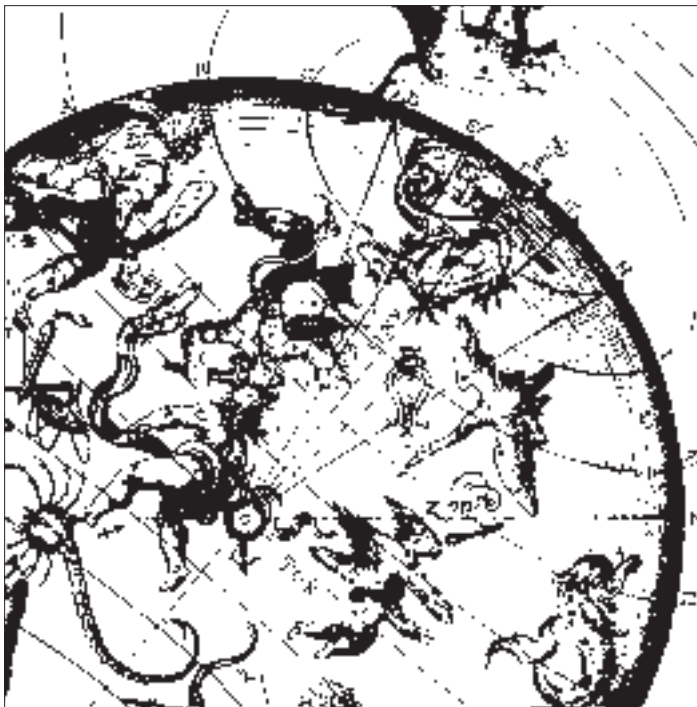
Sonne, Mond und Sterne

Die Orientierung an Sonne, Mond und Sternen ist die älteste Form der Navigation. In Wüsten und auf Meeren, wo herausragende topographische Merkmale fehlen, orientiert man sich an den Himmelskörpern.

Columbus will nach Indien. Er entdeckt Amerika.

Columbus sucht den Westweg nach Indien. Zur Navigation sind ihm Kompaß, Quadrant, Astrolabium und Stundenglas bekannt. Nur wenig später kommen Jakobsstab, Nocturnal und Logleine hinzu.

Columbus navigiert mit Sorgfalt und erreicht dennoch nicht sein Ziel. Die Karte, in die er seinen Kurs übertragen hat, ist unvollständig: Amerika fehlt. Nach Columbus' Entdeckung werden die Weltkarten neu gezeichnet.



Karten, Kunst und Wissenschaft

Karten als Kunstwerke

Viele Karten des Mittelalters sind künstlerisch ausgestaltet. Die bekannten Plattkarten sind aufgrund ihrer Verzerrungen zur Navigation nur bedingt geeignet. Seefahrer orientieren sich an Landmarken, an Gestirnen und mit Hilfe von Kompassen. Nach Übertragung des Kurses in die Karten erreichen unsere Vorfahren zwar wieder Festland, häufig jedoch nicht dort, wo sie ankommen wollen.

Mercators Geheimnis der geraden Loxodrome

Als Loxodrome wird jede Kurve auf der Kugel bezeichnet, die in ihrem Verlauf alle Meridiane unter demselben Winkel schneidet. Wegen ihrer Bedeutung für Navigationsverfahren heißt sie auch Kurslinie. In der winkeltreuen Mercatorprojektion wird die Loxodrome stets als Gerade abgebildet.

Mercators Idee hat Erfolg. Sein Abbildungssystem bringt den Wandel von der Kartenkunst zur kartographischen Wissenschaft. Seefahrer können ihren Kurs erstmals als gerade Linie in die Karte eintragen.

Vom Globus zur Karte

Nur auf einem Globus kann die Erdoberfläche verzerrungsfrei dargestellt werden. Es gibt keine Abbildung der kugelförmigen Erdoberfläche in eine Ebene, die gleichzeitig längentreu, winkeltreu und flächentreu ist.

Für Navigationszwecke werden winkeltreue Abbildungen benötigt. Für die Ermittlung von Entfernungen ist Längentreue Voraussetzung. In der Geographie wird wegen der besseren Vergleichbarkeit von Teilen der Erdoberfläche Flächentreue bevorzugt.

Sender, Wellen und Hyperbeln

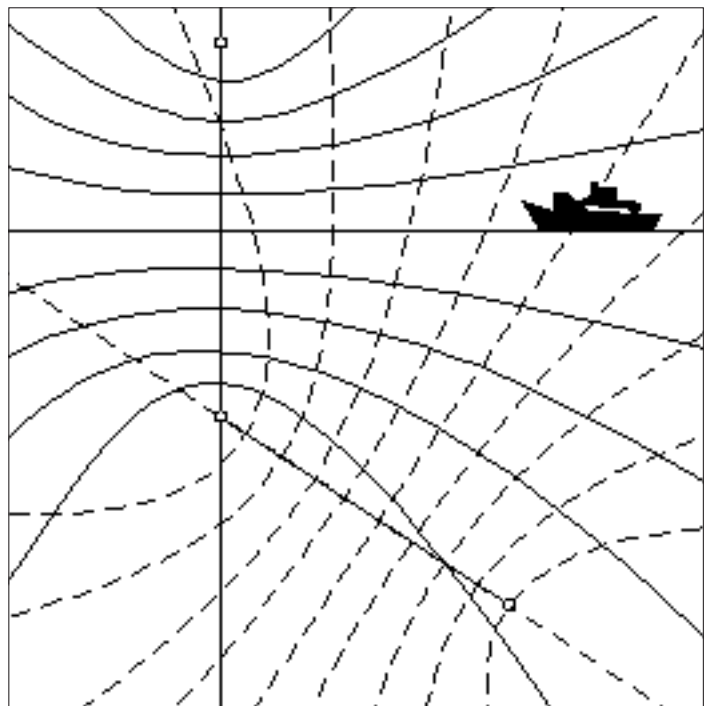
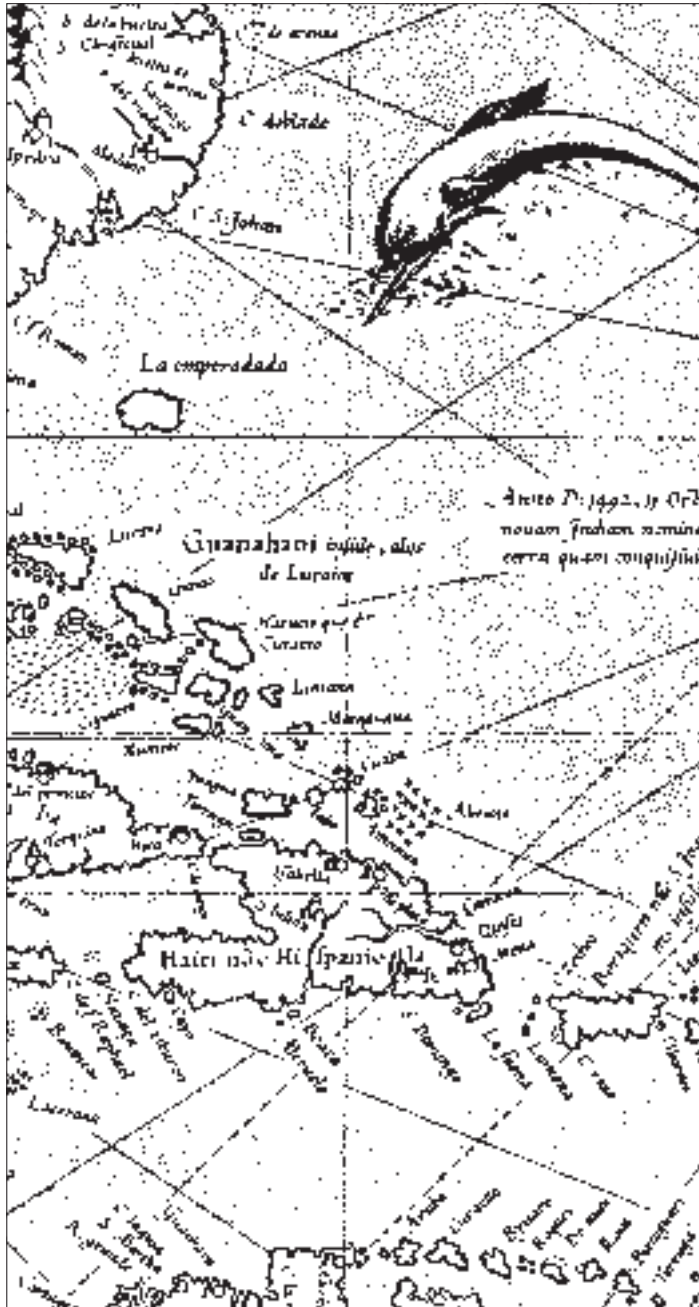
Navigation mit Funkwellen

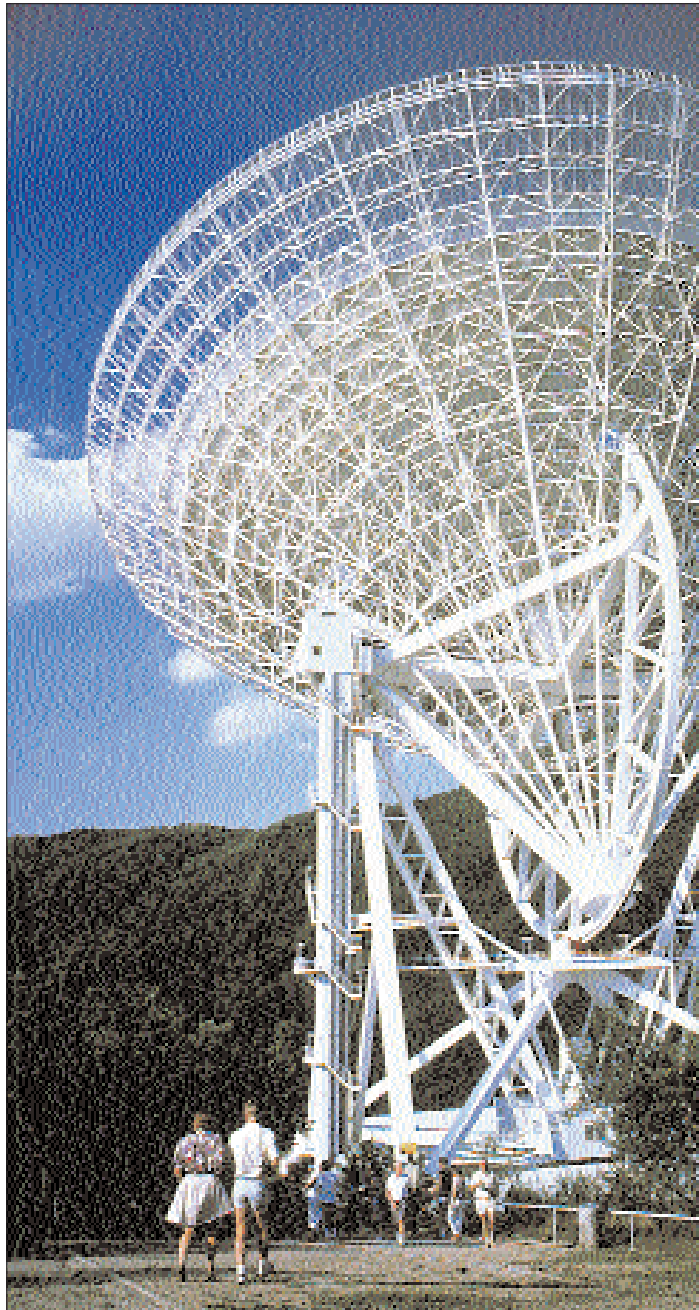
Heinrich Hertz macht eine bedeutsame Entdeckung: elektromagnetische Wellen breiten sich im Raum aus. Die Möglichkeit zur Entwicklung neuer Navigationsmethoden ist eröffnet. Die klassischen Verfahren der Standortbestimmung bekommen Konkurrenz.

Verfahren der Funknavigation werden vor allem in den beiden Weltkriegen entwickelt. Bedeutung erlangen die Systeme DECCA, LORAN und OMEGA.

Das Prinzip

Ortsfeste Sender senden Funksignale aus, durch die Entfernungsunterschiede zu je zwei Sendern ermittelt werden können. Alle Punkte, die den gleichen Entfernungsunterschied zu den beiden Sendern haben, liegen auf einer Hyperbel. Ist ein dritter Sender vorhanden, kann eine zweite Hyperbel erzeugt werden. Der Schnittpunkt der beiden Hyperbeln ist der gesuchte Standort.





Radioteleskope

Radioteleskope empfangen Signale von Quasaren, das sind extraterrestrische Strahlungsquellen. Die zeitliche Differenz des Empfangs eines von einem Quasar ausgesandten Radiosignals an den Antennen mehrerer Radioteleskope wird gemessen. Werden die Radiosignale verschiedener Quasare analysiert, kann hieraus eine Standortbestimmung abgeleitet werden.

Navigationssatelliten

Die Satellitentechnik ermöglicht neue Navigationstechniken. Bedeutung erlangt in den siebziger Jahren das Navigationssystem TRANSIT, das auf dem Doppler-Effekt beruht. Seit den achtziger Jahren werden das Global Positioning System (GPS) und das Global Orbiting Navigation Satellite System (GLONASS) genutzt.

GPS und GLONASS

GPS und GLONASS sind zwei voneinander unabhängige Systeme. Werden zur Positionsbestimmung beide Systeme genutzt, ergibt sich ein hohes Maß an Navigationsicherheit.

Bei GPS kreisen in 6 Umlaufbahnen je 4 Satelliten, bei GLONASS in 3 Umlaufbahnen je 8 Satelliten in ca. 20.000 km Höhe um die Erde. Weltweit können jederzeit mindestens 4 Satelliten von jedem System gleichzeitig beobachtet werden. Die Satelliten senden Positionskoordinaten und Zeitangaben aus. Mit diesen Informationen kann ein Beobachter auf der Erde unmittelbar seinen Standort berechnen.

Differentielle Satellitennavigation

Steigerung der Positionsgenauigkeit bei GPS und GLONASS ist erst durch das differentielle Meßverfahren gegeben. Hierzu ist ein zweiter Satellitenempfänger notwendig, der auf einem bekanntem Punkt Korrekturwerte bestimmt und diese zur Verbesserung der Position an den Satellitenempfänger des Nutzers abgibt. Positionierungsdienste wie **SAPOS** stellen diese Korrekturen bereit, so daß der Nutzer nur noch einen einzigen Satellitenempfänger benötigt.

SAPOS-Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung

Das Global Positioning System (GPS) erlaubt militärischen Nutzern weltweite Navigation und schnelle Positionierung mit höchster Genauigkeit. Für zivile Anwender hat der Betreiber eine künstliche Systemverschlechterung integriert, die die Navigationsgenauigkeit auf etwa 100 Meter beschränkt. Durch Korrekturinformationen des Satellitenpositionierungsdienstes der deutschen Landesvermessung (**SAPOS**) kann diese Systemverschlechterung aufgehoben werden. Somit kann es auch zivilen Nutzern gelingen, mit einfachen Zusatzkomponenten eine metergenaue Navigation oder durch geringen Mehraufwand eine zentimetergenaue Vermessungsanwendung durchzuführen.

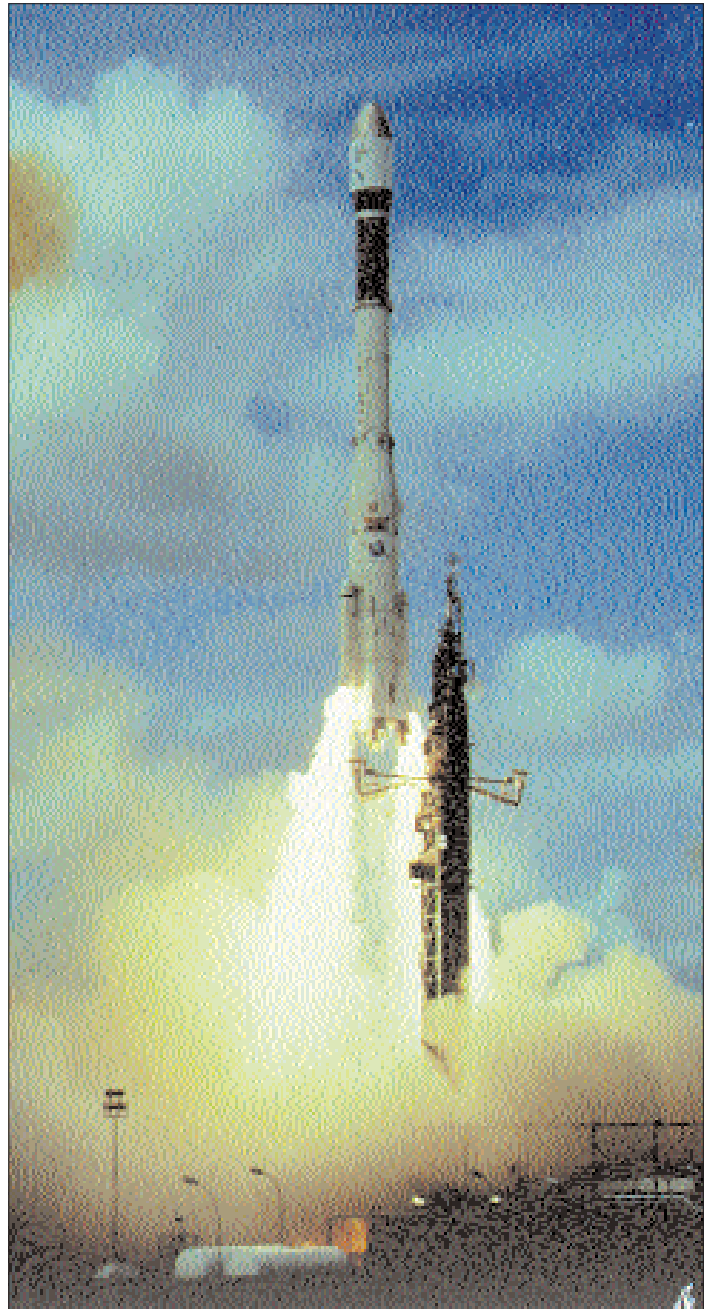
Im Rahmen des **SAPOS** betreibt die deutsche Landesvermessung bundeseinheitlich permanente GPS-Referenzstationen, deren Position hochgenau im Koordinatensystem der GPS-Satelliten ermittelt wurde. Auf diesen Stationen werden mit hochwertigen GPS-Komponenten ständig die Soll-Entfernungen zu den Satelliten mit den tatsächlich gemessenen Entfernungen verglichen und daraus Korrekturdaten bestimmt. Diese Korrekturdaten werden dem Nutzer in standardisierten Formaten über unterschiedliche Kommunikationswege zur Verfügung gestellt. Die Korrekturdaten können von fast allen marktüblichen GPS-Empfängern verarbeitet werden.

Noch nie in der Geschichte der Navigation war eine Positionsbestimmung so einfach, wie es heute durch die Verwendung der weltumspannenden Satellitennavigationssysteme möglich ist. **SAPOS** ist ein unverzichtbarer Bestandteil, um dem Anwender die für seine Zwecke optimale Positionsgenauigkeit zu ermöglichen.

In Verbindung mit geeigneten Transformationsprogrammen kann **SAPOS** den Übergang in das amtliche Koordinatensystem und die Kartenwerke der Landesvermessung liefern, von denen alle weiteren Karten abgeleitet sind.

Moderne Verkehrsmanagementsysteme erfordern die metergenaue Standortbestimmung ebenso, wie viele andere Aufgaben und Fachanwendungen aus unterschiedlichen Verwaltungs- und Wirtschaftsbereichen. **SAPOS**, ursprünglich für Vermessungsanwendungen eingerichtet, liefert hilfreiche Unterstützung für z.B.:

- Sicherheitsdienste
- Polizei
- Feuerwehr
- Rettungsdienste
- Logistik
- Taxiunternehmen
- Speditionen
- Umweltschutz
- Landwirtschaft
- Abfallwirtschaft
- Wasserwirtschaft
- Forstwirtschaft
- Geologie
- Sendernetzplanung



Servicebereiche des Satellitenpositionierungsdienstes der deutschen Landesvermessung

SAPOS umfaßt vier Servicebereiche mit unterschiedlichen Genauigkeiten. Neben zwei abgestuften Diensten, die durch On-Line Übertragung von Korrekturen eine Positionsbestimmung mit Meter- oder Zentimetergenauigkeit in Echtzeit zulassen, werden in zwei weiteren Diensten Korrekturdaten vorgehalten, die dem Anwender durch eine nachträgliche Spezialauswertung (sogenanntes Postprocessing) höchste Genauigkeiten bei seiner Positionsbestimmung ermöglichen.

SAPOS EPS Echtzeit-Positionierungs-Service	1 bis 3 m
SAPOS HEPS Hochpräziser Echtzeit-Positionierungs-Service	1 bis 5 cm
SAPOS GPSS Geodätischer Präziser Positionierungs-Service	1 cm
SAPOS GHPS Geodätischer Hochpräziser Positionierungs-Service	besser 1 cm

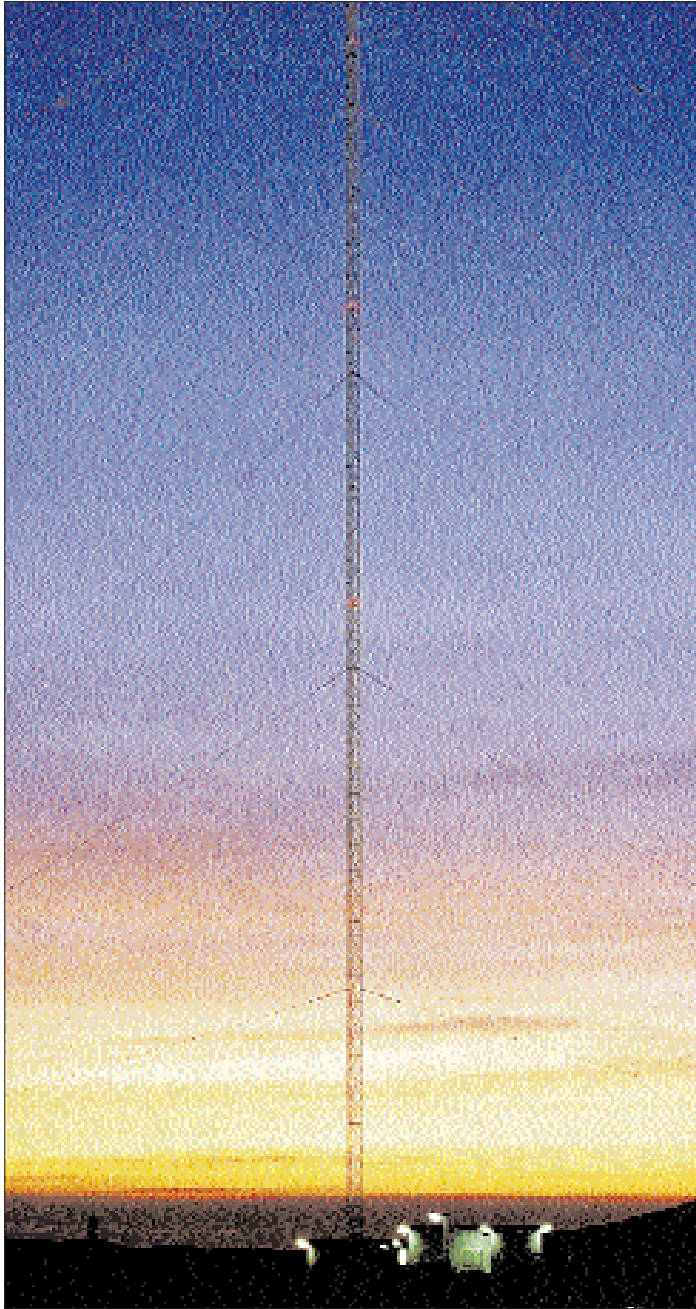
Innerhalb des Echtzeit-Positionierungs-Service des **SAPOS** hat der Lösungsansatz EPS-RASANT die Zielsetzung, durch die Einrichtung eines Korrekturdatendienstes die Positionsergebnisse der Satellitennavigation zu verbessern. Die Bereitstellung des einheitlichen Raumbezugs der Landesvermessungsverwaltung in moderner Form wird damit realisiert. Der Übergang in die präzisen Kartenwerke der Landesvermessung wird möglich.

Mit RASANT ist eine metergenaue Standortbestimmung in Echtzeit möglich.

Weitere Auskünfte über die Servicebereiche des **SAPOS** geben die Dienststellen der Landesvermessungsverwaltungen.



RASANT – Bundesweite Einrichtung eines EPS-Service zur Korrekturdatenübertragung über UKW-Rundfunk



In vielen Fachanwendungen ist die eindeutige Zuordnung eines Meßwertes, einer demoskopischen Information oder einer beliebigen Fachinformation zu einer präzisen Koordinate gefordert. Neben dem breiten Feld der Verkehrstelematik, oder des Flottenmanagements werden die Forderungen nach genauer Navigation oder Positionierung auch verstärkt im Freizeit- und Hobbybereich deutlich. Dabei werden heute vielfach Satellitennavigationsverfahren eingesetzt, deren Positions-genauigkeiten den gestellten Anforderungen der Fachanwender nicht entsprechen können.

Das Korrekturdatenübertragungsverfahren RASANT

Grundvoraussetzung zu einer Genauigkeitssteigerung bei der Satellitennavigation ist die Übertragung von notwendigen Korrekturinformationen von einer Permanentstation über ein geeignetes Datentransfermedium zum Nutzer. Hier können die Korrekturen und die selbst empfangenen Satellitensignale gemeinsam verarbeitet werden, was zu einer deutlichen Verbesserung der Genauigkeit führt. Dieses Meßverfahren wird als differentielles GPS (DGPS) bezeichnet.



In Zusammenarbeit mit dem Westdeutschen Rundfunk hat das Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen zur optimalen Datenübertragung die Verfahrenslösung RASANT entwickelt und realisiert. Zur Übertragung der Korrekturdaten wird innerhalb des UKW-Rundfunks das Radio-Daten-System (RDS) genutzt.

Eine Datenübertragung über die bestehende Infrastruktur der Rundfunksender bietet sich wegen der landesweit ausgebauten Sendernetze und der unbegrenzten Nutzeranzahl besonders an. Dabei ist es vorteilhaft, daß die Korrekturwerte der Permanentstation im Einsatzbereich der metergenaue Navigation ohne Genauigkeitseinbuße bis zu einigen hundert Kilometern gültig sind. Der Sendebereich einer Rundfunkanstalt kann vollständig durch die Daten einer SAPOS-Permanentstation versorgt werden.

In der Bundesrepublik Deutschland wird RASANT in Zusammenarbeit der Landesvermessungsverwaltungen mit den öffentlich-rechtlichen Rundfunksendern bundesweit ausgestrahlt.

Die Datenübertragung im Radio-Daten-System

Das Radio-Daten-System RDS ist ein Verfahren zur Übermittlung von Daten über einen Unterträger des UKW-Hörfunks, worin Informationen für die Identifikation von Programm, Programmtyp, Verkehrsfunk oder Zusatzdiensten enthalten sind. Für eine Nutzung des RDS mußten geeignete Programme entwickelt werden, um die GPS-Korrekturen schnell und datensicher zu übertragen.

Die Korrekturdaten der SAPOS-Permanentstationen werden für die Übertragung in ein RASANT-spezifisches Format verdichtet und störungsresistent über RDS übertragen. Für den Empfang sind durch kooperierende Endgerätehersteller kompakte Nutzereinheiten entwickelt worden, die den Anschluß an einen eigenen GPS-Empfänger erlauben. Auch Endgeräte mit integriertem GPS-Empfangsteil sind am Markt verfügbar. Im Kaufpreis eines Gerätes ist ein Einmalbetrag für die Nutzung von RASANT enthalten.

