

Zeitschrift: Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology
Herausgeber: Swisscom
Band: 77 (1999)
Heft: 9

Artikel: Internet für den interplanetaren Raum
Autor: Aschmoneit, Ernst-Karl
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-877046>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 31.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Internet für den interplanetaren Raum

Abenteurer, die in früheren Jahrhunderten unbekannte Kontinente erkundeten, konnten sich meist nicht auf Landkarten stützen. Sie mussten alles mitführen, was sie bei ihren Expeditionen brauchten, sowohl Waffen für die Jagd und Werkzeuge für das Fällen von Bäumen oder für den Bootsbau als auch billigen Schmuck für den Tauschhandel mit den Eingeborenen. Und während der ganzen Unternehmung war es kaum möglich, Nachrichten aus der Heimat zu erhalten oder ihr zu übermitteln. Heute gibt es praktisch keine weissen Flecken mehr auf der Erde, doch fordern jetzt der interplanetare Raum und die Planeten des Sonnensystems den Entdeckerdrang heraus.

Unbenannte Sonden finden beim Besuch des Nachbarplaneten Mars in dessen Umgebung selbstredend weder ein Kommunikations- noch ein Navigationsnetz, also keine im Bereich der Erde gewohnte Infrastruktur

ERNST-KARL ASCHMONEIT, MÖLLN

vor. Dieser Umstand könnte sich als besonders schwerwiegend erweisen, sofern sich einmal Astronauten auf den Weg zum Mars machen sollten. Sie wären, sobald sie den Kommunikationsbereich der Erde verlassen hätten, völlig auf sich allein gestellt.

Eine schwierige Aufgabe

Derzeit erweisen sich Forschungsvorhaben im interplanetaren Raum als schwierige Aufgabe, wie das Beispiel der rund 150 Mio. Dollar teuren «Pathfinder»-Mission der NASA zum Mars zeigte, in deren Verlauf die Raumsonde am 4. Juli 1997 den Mars-Rover «Sojourner» auf der Oberfläche des Roten Planeten absetzte. Dieser Lander war nur ausgerüstet mit einigen wenigen Experimenten, weil die zur Übermittlung der gewonnenen Daten erforderlichen Kommunikationsgeräte und Speichersysteme sowie die Solarpaneele für die Stromversorgung einen verhältnismässig grossen Teil des Nutzlastraums beanspruchten. Es bedurfte eines hohen Aufwandes, um die Raumsonde von der irdischen Bodenstation aus zu ihrem rund 150 Mio. km von der Erde entfernten Ziel zu begleiten und dort die Landeoperation zu steuern. Während des Fluges berechnete das Bodenpersonal die Position der Sonde durch Vergleich der Laufzeit und des Fre-

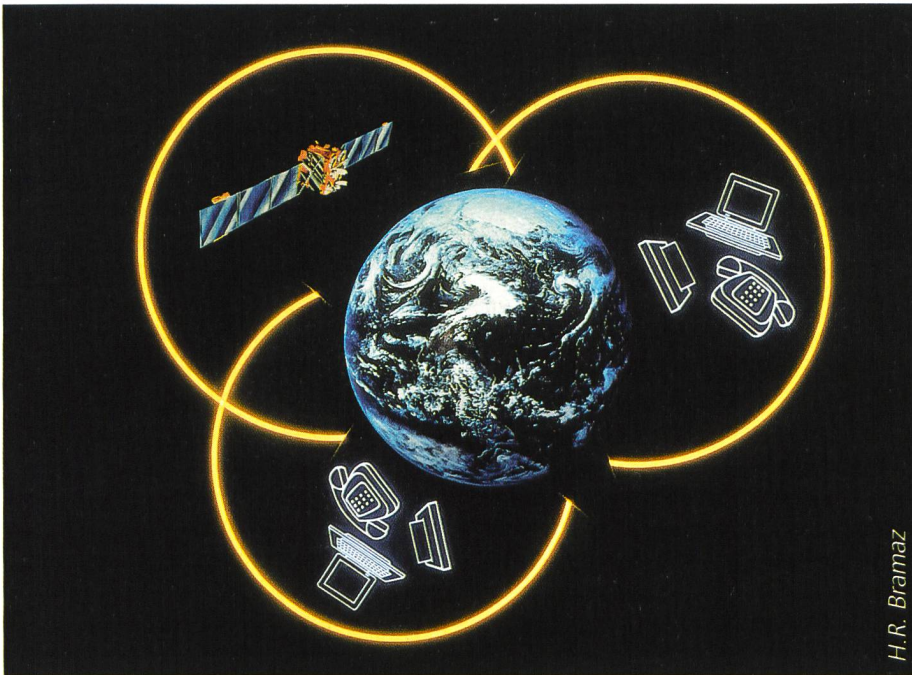
quenzshifts von Signalen, die verschiedene Parabolspiegel auf der Erde erreichten. Doch als Sojourner in die Marsatmosphäre eintauchte, war es infolge nicht voraussehbarer Winde und Änderungen in der Atmosphärendichte nicht mehr möglich, die Abstiegsrichtung und -geschwindigkeit genau zu bestimmen. Somit ging die Sonde rund 20 km abseits des eigentlich gewünschten Landplatzes nieder. Das ist eine zu grosse Abweichung, wenn es darauf ankommt, dass die Sonde am Rand eines als Ziel vorgesehenen Canyons oder in der Nähe eines bereits früher gelandeten Mars-Rovers aufsetzen soll. Infolge des langen Übertragungsweges zwischen Erde und Mars brauchen Steuersignale zur Raumsonde und Rückmeldungen in Gegenrichtung, abhängig von der wechselnden Stellung beider Planeten in ihren Bahnen um die Sonne, sieben bis 25 Minuten. Ausserdem betrug die vertretbare Datenrate zunächst nur 8 kbit/s, also erheblich weniger, als Computermodems normalerweise bieten. Demzufolge musste Sojourner, wann immer er an einen Felsen am Marsboden stiess, auf Instruktionen von der Leitstelle warten, zuweilen sogar einen ganzen Tag, der für das eigentliche Mess- und Beobachtungsprogramm im Verlauf der neunzig Tage dauernden Mission verloren ging. Erschwerend kam hinzu, dass die staubige Marsatmosphäre das wegen der grösseren Entfernung ohnehin schwächere Sonnenlicht zusätzlich dämpfte und damit die Erzeugung der zum Senden benötigten Energie begrenzte.

Internet bezieht Marsumfeld ein

Rechtzeitig vor künftigen Missionen will die amerikanische Weltraumorganisation NASA Abhilfe schaffen. Wissenschaftler und Ingenieure ihres Jet Propulsion Labo-

ratory (JPL) in Pasadena, Kalifornien, planen die Einrichtung eines interplanetaren Satellitennetzes. Vorgesehen ist, den Mars mit einem Ring aus sechs Navigationsatelliten zu umgeben, die es den auf dessen Oberfläche abgesetzten Robotern – oder dereinst auch Menschen – erlauben, ihre Position zu bestimmen. Die Satelliten sollen zugleich als Kommunikationsrelais dienen, indem sie die schwachen Signale der Mess- und Analysegeräte von der Marsoberfläche aufnehmen, verstärken und zur Erde weiter senden. Beim JPL hofft man, die ersten dieser Multifunktionsatelliten bereits im Jahre 2003 starten zu können. Nach den bisherigen Entwürfen ist damit zu rechnen, dass sie 200 kg wiegen und nur je 50 Mio. Dollar kosten werden. Noch hat jedoch die US-Regierung nicht die erforderlichen Gelder zugesagt oder bereitgestellt. Auf längere Sicht denkt die NASA daran, das Marsnetz noch auf andere Planeten auszudehnen und es vielleicht einmal zu einem das gesamte Sonnensystem umfassenden «interplanetaren Internet» auszubauen.

Allerdings bereitet die lange Signallaufzeit Schwierigkeit bei der Absicht, das Marsnetz mit dem erdgebundenen Internet kompatibel zu machen. Das Marsnetz arbeitet mit einem Protokoll, das die zu übertragenden Informationen in Pakete unterteilt und jedes davon mit einer Zieladresse versieht. Es verfügt über ein Fehlerkorrekturprogramm, das den Empfänger in die Lage versetzt, vom Sender Datenpakete erneut anzufordern, die infolge des verhältnismässig starken Hintergrundrauschens im All verfälscht oder verzerrt eintreffen. Bei früheren Missionen war es üblich, grundsätzlich jede Nachricht zweimal abzusetzen in der Hoffnung, dass nicht bei beiden Sendungen die gleichen Daten verloren gehen würden. Abschliessend verglich ein Computer das Doppelpaket und leitete daraus die richtige Information ab. Um dieses ineffiziente Verfahren zu vermeiden, wird für das Marsnetz ein Protokoll entwickelt, das erkennt, welches Datenpaket korrekt angekommen ist und welches nicht, um nur vermisste Teile neu abzurufen, und zwar auch noch Stunden



oder sogar Tage später. Dieses Protokoll zu schreiben, das die zuweilen langen Verzögerungszeiten verarbeiten kann, erweist sich als grösste Herausforderung für das Entwicklerteam. Für den Empfang der Nachrichten aus dem interplanetaren Netz stellt die NASA ihr leistungsfähiges Deep Space Network bereit, zu dem je eine Bodenstation in Kalifornien, Spanien und Australien mit 70-m-Parabolspiegeln gehört. Das neue Protokoll soll es erlauben, von Stationen auf der Erde aus über das Internet auf das Marsnetz zuzugreifen. Dann könnte die NASA beispielsweise Schülern – als nächster Generation von Astronauten oder Raumfahrtsspezialisten – gestatten, von Computern in ihren Klassenräumen aus einen Rover auf dem Mars zu steuern, Wetterberichte vom Roten Planeten abzufordern oder dort stationierte Kameras auf ausgewählte Objekte auszurichten. Andererseits will die NASA das Marsnetz, ähnlich wie ihre irdischen Kommunikationssysteme, besonders gut schützen, um das Eindringen von Hackern und das Einschleusen von Computerviren in das interplanetare Internet zu verhindern.

Probleme der Bifunktionsatelliten

Ersparnisgründe zwingen dazu, die Marsatelliten nicht nur für die Kommunikations-, sondern zusätzlich auch noch für die Navigationsaufgaben, ähnlich wie das die Erde umspannende Global Positioning System (GPS), zu nutzen. Dieses besteht aus 24 Satelliten, die so positio-

niert sind, dass für jeden Punkt der Erdoberfläche stets vier von ihnen über dem Horizont stehen. Deren dauernd ausgestrahlten Signale umfassen eine extrem genaue, auf Atomuhren basierende Zeitangabe und ihre jeweiligen Standortdaten. Daraus können GPS-Empfänger durch Vergleich der Einfallszeit von Signalen dreier Satelliten mit dem Referenzzeitpunkt des vierten Satelliten ihre Position auf dem Erdboden weniger als 100 m genau berechnen. Es würde jedoch einen unvermeidbar grossen Aufwand erfordern, auch in den Marsorbit 24 Satelliten zu bringen. Deshalb will die NASA sich zunächst mit nur einem Satelliten begnügen.

Während irdische Bodenstationen die Uhren in GPS-Satelliten ständig überwachen und selbst winzige Abweichungen korrigieren, ist das bei Marsatelliten nicht möglich. Vielmehr können Bodenstationen auf dem Mars anhand der mit dem Satelliten ausgetauschten Signale die Dauer eines Umlaufs messen und daraus dessen Entfernung bestimmen, ohne die Uhren präzise synchronisieren zu müssen. Zwar ergibt eine einzelne Abstandsmessung noch nicht die genaue Position auf dem Boden. Erst wenn der Satellit den Mars-Rover dreimal in unterschiedlichen Erhebungen am Himmel über dem Standort passiert hat, ist der Bordcomputer imstande, die Position innerhalb von etwa 1 km so zu errechnen, als hätte er drei Satelliten gleichzeitig beobachtet.

Zwar lassen sich durch die Kombination

der Navigations- mit der Kommunikationsfunktion Kosten begrenzen, doch steht sie dem Wunsch entgegen, die für jede Satellitenart zweckmässigste Umlaufbahn zu wählen. GPS-Satelliten umrunden die Erde in 19 000 km Höhe, von wo aus sie jeweils einen grossen Teil der Erdoberfläche abdecken. Satelliten für das Marsnetz in gleicher Höhe über dem Roten Planeten könnten, weil sie die meiste Zeit Sicht zur Erde hätten, einen nahezu unterbrechungsfreien Kontakt zwischen den beiden Planeten gewährleisten, würden aber vergleichsweise starke Sender in den auf dem Mars abzusetzenden Landern voraussetzen. Für deren Stromversorgung wären zur Nutzung der in dieser Entfernung zum Zentralgestirn geringeren Sonnenenergie verhältnismässig grosse Solarpaneele unerlässlich. Da die NASA ihre Sonden, um die Kosten der Marsmissionen in Grenzen zu halten, möglichst leicht und kompakt ausführen will, bleibt auf ihnen neben den für die Erfüllung der eigentlichen Missionaufgaben nötigen Mess- und Analysesystemen kein Platz für ausreichend starke Sender mit der zugehörigen Stromversorgung.

Demnach setzt der einwandfreie Empfang von Signalen der schwachen Sender in den Landern Relaisatelliten in niedrigen Bahnen voraus, wo sie sich während eines grossen Teils der Umlaufzeit von der Erde aus betrachtet hinter dem Mars befinden und somit periodisch für die Kommunikation ausfallen. Sie müssten deshalb, damit keine der wertvollen Messwerte verloren gehen, mit Datenspeichern grosser Kapazität ausgerüstet sein. Um die Kommunikations- und Navigationserfordernisse einigermaßen miteinander in Einklang zu bringen, prüfen die NASA-Ingenieure Bahnhöhen zwischen 400 und 1000 km. Nach derzeitigem Planungsstand ist vorgesehen, die ersten Satelliten in niedriger Bahn über dem Marsäquator anzuordnen, den sie dann alle zwei Stunden umkreisen. Allerdings dienen sie dort nur in Äquatornähe abgesetzten Landern oder Rovern als Relais. Wissenschaftler sind aber besonders an Gebieten um die Pole des Planeten interessiert, weil sie in deren Eis primitive Formen von Leben vermuten. Deshalb müssten mindestens in der zweiten Missionsphase auch Satelliten in Polarorbits gebracht werden und den Mars senkrecht zum Äquator umkreisen.

Wenn alles nach Plan verläuft, dürften

die kombinierten Kommunikations- und Navigationssatelliten eine ausreichende Unterstützung für die künftige Erforschung des Roten Planeten bieten. Erstes Ergebnis wären detailliertere Karten von der Marsoberfläche. Wenn man einen Planeten von Satelliten aus fotografiert, besteht eines der Probleme darin, die Bilder mit der exakten Position auf der Oberfläche zu koordinieren. Zum Kartieren eines Planeten bedarf es eines «Kontrollnetzes» aus Punkten, deren Position relativ zu jedem anderen bekannt ist. Sie äusserst genau zu vermessen, dürfte zu den ersten Aufgaben des den Mars umgebenden Navigationsnetzes gehören.

Vorbereitung bemannter Marsmissionen

Auf dem Programm der NASA steht unter anderem eine für das Jahr 2003 eingeplante Mission, in deren Verlauf ein Rover nach exakt vorausberechneter Punktlandung bis zu 500 g Gestein von einer sorgfältig ausgewählten Stelle des Marsbodens einsammeln und einem Aufstiegsfahrzeug übergeben soll. Dieses befördert die in einem Kanister von der Grösse einer Grapefruit enthaltene Bodenprobe zum Orbiter. Für das Jahr 2005 ist dann das Rendez-vous einer französi-

schen Sonde mit dem Orbiter vorgesehen, wobei sie den Kanister übernimmt und zu Untersuchungen in Laboratorien auf die Erde zurückbringt.

Zu den abenteuerlichsten Zielen gehört die Absicht, vielleicht in zwei Jahrzehnten eine bemannte Expedition zum Mars zu unternehmen. Damit die Astronauten nicht alles, was sie für die viele Monate dauernde Reise hin und zurück sowie für ihren Aufenthalt auf dem Planeten benötigten, an Bord mitführen müssten, wird daran gedacht, zunächst mehrere Roboter zu entsenden, die unter Nutzung der natürlichen Ressourcen auf dem Mars Treibstoff, Trinkwasser und Atemluft erzeugen würden. Die Marsbesucher müssten imstande sein, die vorbereiteten Basen leicht und sicher zu finden, wobei sie sich auf die Navigationssatelliten abstützen würden. Landeten sie in grösserer Entfernung von den Basen, könnte das für sie lebensbedrohend sein.

Voraussetzung für das Gelingen eines solchen Vorhabens sind erweiterte Kommunikationsmöglichkeiten. In Betracht kommt, nach dem Vorbild der geostationären Nachrichtensatelliten, die in rund 36 000 km Höhe über dem Äquator um die Erde fliegen, wo sie die glei-

che Winkelgeschwindigkeit wie die Erde haben und deshalb über ihrem Fusspunkt zu «stehen» scheinen, Satelliten in «areostationärer» Bahn anzuordnen.

Diese Bezeichnung leitet sich von Ares, dem griechischen Namen für den römischen Kriegsgott Mars ab. Aus der Kreisbahn in 17 000 km Höhe über dem Marsäquator hätten die «Mars Sats» während der meisten Zeit Sichtkontakt zur Erde und böten damit eine nahezu unterbrechungsfreie Kommunikation. Dabei könnte es zweckmässig sein, für die Kommunikation zwischen den beiden Planeten Laserstrecken zu benutzen, wie sie derzeit im SILEX-Versuch getestet werden. Sie erlauben eine wesentlich stärkere Bündelung des Sendestrahlens mit verhältnismässig kleinen Parabolspiegeln und bieten eine grosse, selbst für die Übertragung von Videoprogrammen und umfangreichen Datenmengen ausreichende Kapazität. 7

Ernst-Karl Aschmoneit,
Oberingenieur i.R., Mölln, Deutschland

Summary

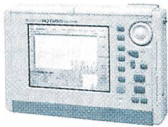
Internet for interplanetary space

When they visit the neighbouring planet of Mars, unmanned probes naturally find neither a communications nor a navigation network in its vicinity, i.e. none of the usual infrastructure in the region of the Earth. These circumstances could turn out to be particularly difficult if astronauts should ever reach Mars. They would be completely alone once they had left the communications range of Earth. The American space agency NASA wants to remedy this in good time before future missions. Scientists and engineers in their Jet Propulsion Laboratory (JPL) in Pasadena, California, are planning to set up an interplanetary network of satellites. The plan is to surround Mars with a ring of six navigation satellites enabling robots set down on the surface of the planet, or even people, to establish their position. At the same time the satellites should also serve as a communications relay by recording, amplifying and sending to Earth the weak signals from the measurement and analysis devices on the surface of Mars. At JPL it is hoped to be able to start the first of these multifunction satellites as early as 2003.

mesomatic

TELECOM MESSTECHNIK

messtechnik aus einer hand



ANDO

Optische Messtechnik

- Spectrum-Analyzer
- OTDR
- SDH-Analyzer
- Power-Meter

TTC

Telecom Messtechnik

- Frame Relay
- ISDN
- ATM
- SS7
- LAN

RIFOCS

Optische Messtechnik

- Modulare Mess-Systeme
- Power-Meter
- Return Loss
- Laser Quellen

JDS/FITEL

Optische Messtechnik

- Polraizations Meter
- Prog. Abschwächer
- Noise Source
- ErFa-Verstärker

JDS/FITEL

Optische Komponenten

- WDM's
- Circulators
- Coupler's
- Switches
- Attenuators

FURUKAWA

Spleissgeräte

- Schnell
- Handlich
- Präzis

hinterbergstrasse 9
6330 cham/switzerland

telefon 041-748 60 22

telefax 041-748 60 23

info@mesomatic.ch

www.mesomatic.ch



Swisscom-Mitarbeiterabbatt
5%

Wir kennen,
was wir vermitteln!

Sema Sprachreisen
Karstgässchen 4
8201 Schaffhausen

Tel. 052 625 68 25, Fax. 052 624 06 32
www.semasprachreisen.ch

USA/ Kanada

England/ Irland

Australien/ Neuseeland

Frankr./ Italien/ Costa Rica

Name: _____

Strasse: _____

Plz/Ort: _____

Tel. _____

comtec



Skalpell ...

Zange ...

Domino Gigabit!

Platz 1 für den
Gigabit-Analysator im
Network Computing
Magazine

Die Kommunikations-Verbindungen sind die Nervenstränge Ihres Unternehmens, sie müssen den ständig steigenden Belastungen gewachsen sein. Höhere Übertragungsraten und eine wesentlich intensivere Nutzung verlangen ein völlig neues Netz-Management. Die Gigabit-Technik ist heute bereits Realität. Im Notfall muss eine schnelle Diagnose und Problemlösung her. Wavetek Wandel Goltermann hat die Lösung:

DominoGigabit, ein Internetwork-Analysator mit hervorragenden Leistungsparametern, einzigartiger Messgenauigkeit und grosser Mobilität. Damit können Sie sicher sein, alles Menschenmögliche für Ihr Kommunikationsnetz getan zu haben.

Rufen Sie uns an: **+41 31 996 44 11** oder besuchen Sie uns auf unserer Web-Seite: **www.wwgsolutions.com**


WAVETEK
WANDEL
GOLTERMANN
Communications Test Solutions