Das Kunststoffkugelhaus der PTT: Moderner Strahlungsmessplatz für Funkgeräte

Autor(en): **H.Mm**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 11

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85428

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

er bis zu seinem Tod am 18. April 1955 am Institute for Advanced Studies in Princeton wirkte.
Darf nun dieser Heimatort, Einstein war im Jahre 1901 ins schweizerische Bürgerrecht aufgenommen worden, darf dieses Zürich, darf die Schweiz mit der Dankbarkeit für den Wahlbürger Einstein auch eine gewisse Genugtuung oder gar einen Stolz verbinden? Diese Frage stellte und beantwortete *Res Jost,* Professor für theoretische Physik an der ETH, an der Einstein-Tagung vom 24. Febr. in Zürich, wie folgt: «Ich sehe wenig Grund; mir scheint, dass schon für Zufriedenheit wenig Grund vorhanden ist. Als Einstein sich 1952 von seinem Arzt *Rudolf Nissen,* der einem Ruf nach *Basel* als Professor für Chirurgie folgte, verabschiedete, sagte er ihm: «Sie gehen nun zum schönsten Stück Erde, das ich kenne. Ich habe dieses Land in gleichem Masse gern, als es mich nicht gern hat». Er hatte mehr recht, als uns lieb ist. Im Jahre 1933, als er von den Nazis bedroht und bestohlen wurde, hat sich sein Heimatland kaum sehr für seinen berühmten Mitbürger angestrengt. Oportunismus war damals zumeist unsere Landesfarbe.
Am Poly liess man den studierenden Einstein wenigstens gewähren und diplomieren. Man: das sind in erster Linie die damals wirkenden deutschen Professoren. Das ist wenigsten etwas. Man hätte Einstein auch eliminieren können. Ich bin überzeugt, dass dies sein geistiger Tod gewesen wäre. Seine innere Entwicklung, sein geistiges Leben wäre, mit Gottfried Keller zu reden, geköpft worden. Es ist eine alte Erfahrung, dass sich das eigentliche Genie nicht durch besondere Robustheit, sondern durch Gefährdet-Sein, durch Verletzlichkeit auszeichnet. Und wenn man ein werdendes Genie zertritt, dann kann man es in Ruhe tun: Niemand ahnt, welche Wunder es uns gebracht hätte.»

Kurt Meyer

Fernmeldetechnik

Das Kunststoffkugelhaus der PTT

Moderner Strahlungsmessplatz für Funkgeräte.

Vor kurzem ist beim *Technischen Zentrum der PTT* in *Ostermundigen* offiziell ein neuer Strahlungsmessplatz für Funkgeräte in Betrieb genommen worden. Die Anlage befindet sich in einem Kunststoffkugelhaus. Das Gebäude von etwas vier Tonnen Gewicht ist aus 90 dreieck- und trapezförmigen Elementen zusammengesetzt, die mit ca. 4000 Nylonschrauben und -muttern zu einem selbsttragenden halbkugelförmigen Gebilde zusammengeschraubt sind. Die Elemente bestehen aus einem ca. 30 mm dicken Kern aus Polyurethanschaum, der beidseitig mit 2 mm dikkem Glasfaserkunststoff beschichtet ist. Die Kugelform hat unter anderem den Vorteil, dass im Winter kein Schnee darauf liegenbleibt, der die Messungen beinflussen könnte. Das Haus hat eine Höhe von 8 m und einem grössten Durchmesser von etwa 13 m; es steht auf einem Stahlbeton-Ringfundament. Die Halbkugel ist mit sechs lichtdurchlässigen Teilen versehen.
Die PTT-Betriebe haben unter anderem die Aufgabe, für das einwandfreie Funktionieren des vielfältigen Funkverkehrs zu sorgen. Das Interesse für *mobile Funkdienste* (wie Handie Talkie, Taxifunk usw.) wird immer grösser: die Konzessionsgesuche nehmen jährlich um etwa 20 Prozent zu. Heute werden in der *Schweiz* über 140 000 Funkgeräte aller Art verwendet. Durch diese Vielzahl hat aber auch die *Gefahr gegenseitiger Störungen* zugenommen. Um dies zu verhindern, muss jeder Gerätetyp, der neu in den Handel kommt, von der Abteilung Forschung und Entwicklung der PTT *typengeprüft* werden. Die massgebenden Grössen, z. B. *Sendeleistung, Oberwellengehalt, Abstrahlung unerwünschter Schwingungen von Sender und Empfänger* sowie *Frequenzstabilität,* sind in offiziellen Zulassungsbestimmungen festgelegt.

Technische Vorschriften

Funkgeräte können andere Geräte der gleichen Art sowie UKW- und Fernsehgeräte stören, wenn ausser dem Nutzträger Neben- und Oberwellen über die Antenne, das Chassis oder andere Teile des Gerätes abgestrahlt werden. Die Störungen machen sich z. B. im Fernsehbild als Moiré oder als unterschiedlich bewegte Streifenmuster bemerkbar, während sie im Ton Zwitschern oder Rauschen verursachen können. Es werden daher für die Grösse der Abstrahlung unerwünschter Schwingungen von Sendern und Empfängern des Mobilfunks Grenzwerte festgesetzt, bei deren Einhaltung die Störwahrscheinlichkeit sehr gering ist.
Das Festlegen von *Störstrahlungsgrenzwerten* ist nur sinnvoll, wenn gleichzeitig auch ein Messverfahren zum Erfassen der Störgrösse angegeben wird.

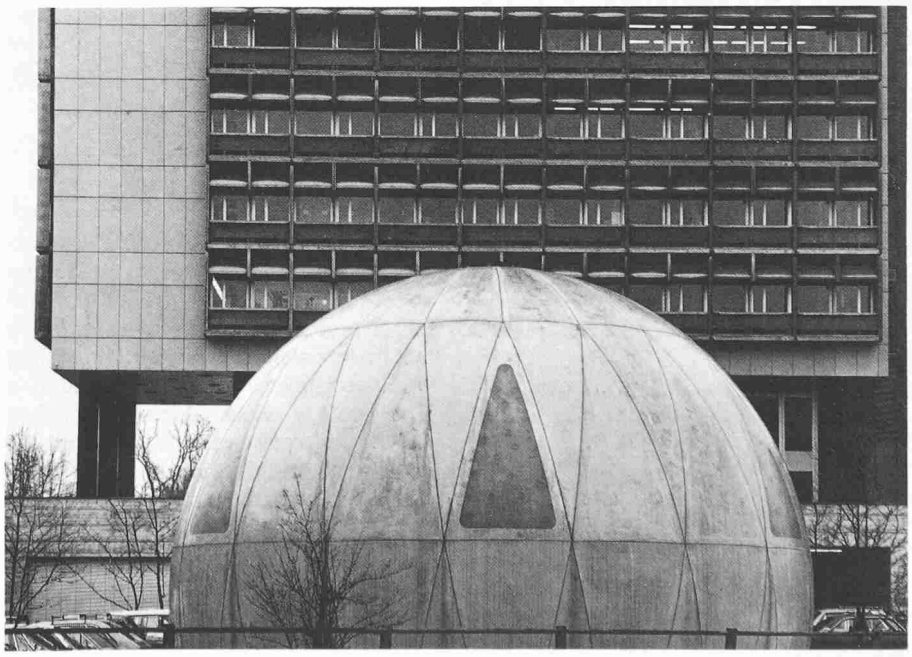


Bild 1. Das 8 m hohe Kugelhaus aus Kunststoff vor der Kulisse des Hochhauses der Abteilung Forschung und Entwicklung PTT in Bern-Ostermundigen



Bild 2. Aufstellen eines Prüflings auf dem Drehtisch der Plattform, im Hintergrund die verstellbare Messantenne

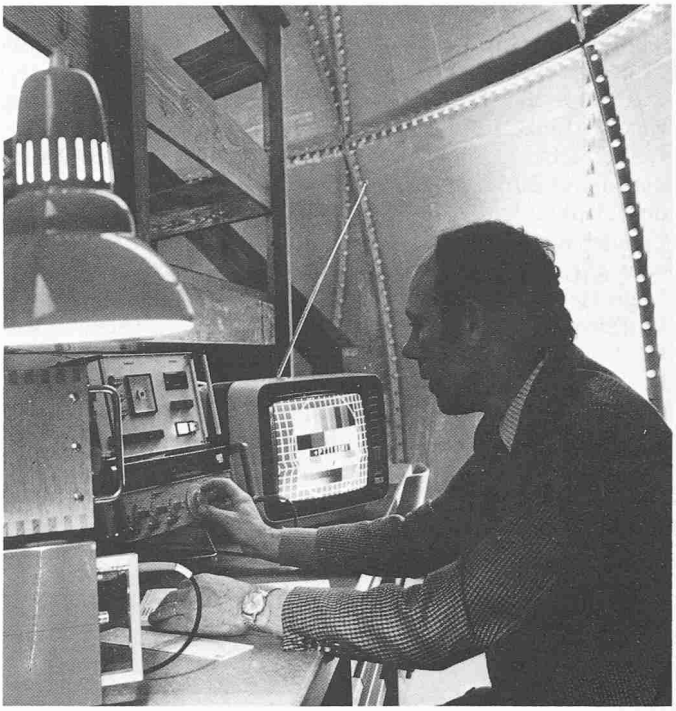


Bild 3. Teilansicht des Messplatzes. Auf dem Bildschirm sind im Testbild deutliche Bildverzerrung eines störenden Handfunksprechgerätes zu erkennen

Messmethode

Die *Abstrahlungsmessungen* wurden bis anhin nach der international genormten «30-m-Methode» durchgeführt. Diese beruht auf der Messung der Feldstärke, die der störende Prüfling in einer Messentfernung von 30 m erzeugt. Als nachteilig stellte sich bei diesem Verfahren heraus, dass ein verhältnismässig grosser Messplatz erforderlich ist, der zudem von der Witterung stark beeinflusst wird. Zudem sind Messungen im Freien zeitaufwendig – der Messaufbau muss immer wieder neu erstellt werden –, was besonders ins Gewicht fällt, wenn man bedenkt, dass jährlich über hundert Geräte typengeprüft werden. Es wurde daher nach Methoden gesucht, die diese Nachteile nicht aufweisen.

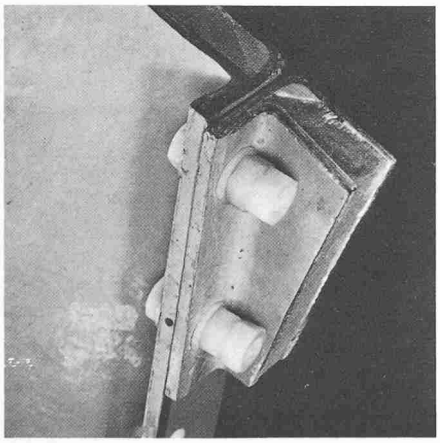


Bild 4. Die dreiecks- und trapezförmigen Bauelemente bestehen aus einem 30 mm dicken Kern aus Polyurethanschaum, der beidseitig mit 2 mm dickem Glasfaserkunststoff beschichtet ist. Die verwendeten Schrauben sind aus Nylon

Umfangreiche Untersuchungen in der Abteilung *Forschung und Entwicklung PTT* haben gezeigt, dass es für den vorgesehenen Messfrequenzbereich von 25...2000 MHz möglich ist, die Messdistanz auf 5 m zu reduzieren, so dass die Messungen unter gewissen Voraussetzungen auch in einem geschlossenen Raum vorgenommen werden können. Kürzlich haben auch die CEPT-Länder (Conférence européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications), zu denen auch die Schweiz gehört, im Rahmen der allgemeinen Harmonisierung von Mess- und Prüfvorschriften in Europa das neue Verfahren in ihre Empfehlungen aufgenommen.

CEPT-Messverfahren

Die Messung der Nutzleistung des Senders wie die Störleistung von Sender und Empfänger nach dem CEPT-Verfahren werden auf einem ebenen Messplatz vorgenommen, dessen Umgebung frei von reflektierenden Gegenständen sein soll. Auf diesem Messplatz stehen sich der zu messende Prüfling und die zur Ermittlung der Störleistung benötigte Messantenne in 5 m Abstand gegenüber.

Die Höhe der Messantenne über dem Messplatz muss sich kontinuierlich zwischen 1...5 m variieren lassen, ausserdem muss auch die Polarisation der Messantenne (horizontal und vertikal) geändert werden können. Der Prüfling wird in der Mitte einer elektrisch leitenden Fläche von mindestens 5 m Durchmesser auf einem um 360° drehbaren Support in einer Höhe von 1,5 m aufgestellt.

Dieser Support besteht für Messfrequenzen <50 MHz aus einer Plastikröhre von 1,5 m Länge und einem Innendurchmesser von 10 cm, die mit Salzwasser (9 g NaCl/l) gefüllt ist (Nachbildung des menschlichen Körpers). Für Messfrequenzen $>$ MHz besteht der Support aus elektrisch neutralem Material. Als Messantenne werden vorzugsweise Breitbandantennen mit grosser Richtwirkung verwendet, deren Charakteristiken durch Eichmessungen ermittelt und in die Korrekturfaktoren einbezogen werden.

Die Störleistungsmessungen werden in der Weise vorgenommen, dass zunächst durch Drehen des Supports mit dem daraufstehenden Prüfling ein Feldstärkemaximum gesucht wird. Anschliessend wird die Höhe der Messantenne variiert, um einen allfällig grösseren Feldstärkewert zu erhalten. Diese Messungen werden sowohl mit horizontaler als auch vertikaler Polarisation der Messantenne vorgenommen. Für die Grösse der Störleistung ist der bei diesen Messungen erhaltene Maximalwert massgebend. Der Prüfling wird dann durch eine Substitutionsantenne ersetzt. Die der Substitutionsantenne zugeführte Leistung wird so eingestellt, dass die HF-Spannung an der Messantenne dem bei der Messung des Prüflings ermittelten Wert entspricht. Die äquivalente Strahlungsleistung (ERP, Effective Radiated Power) entspricht der Leistung, die der Substitutionsantenne zu-

geführt wird, unter Berücksichtigung eines allfälligen Korrekturfaktors der Substitutionsantenne.

Der Messplatz

Das beschriebene Verfahren muss für *jede einzelne Störschwingung* wiederholt werden. *Störstrahlungsmessungen* sind daher *zeitaufwenig* und *kostspielig* wenn nicht für eine *weitgehende Automatisierung* gesorgt wird. Der Messplatz wurde daher so ausgelegt, dass von einem Bedienungstisch aus die meisten Messvorgänge und Abläufe ferngesteuert werden können. Der auf dem Gelände des *Technischen Zentrums PTT* in *Bern-Ostermundigen* errichtete Messplatz ist in Bild 5 im Längsschnitt und in Bild 6 in der Draufsicht schematisch dargestellt. Die Messfläche wird durch eine 8eckige Plattform mit etwa 10 m Eckmass gebildet, die in 1,4 m Höhe über dem Boden des Gebäudes auf hölzernen Stützen ruht. Auf der Seite des Drehtisches mit dem Prüfling ist die Plattform mit einem geerdeten Kupferbelag von 5 m Durchmesser belegt, der mit Kunststoff abgedeckt ist. Auf der Messfläche steht links der Drehtisch mit dem Prüfling, rechts der Antennenmast mit der Messantenne.

Der im Querschnitt quadratische Antennenmast aus glasfaserverstärktem Epoxyharz trägt den beweglichen Antennenträger. Dieser hängt an einem über eine Rolle geführten Seil, dessen Länge mit Hilfe einer Motorseilwinde variiert werden kann. So lässt sich die Messantenne über der Messfläche im geforderten Bereich 1...5 m verändern.

In den Endstellungen sorgen Umschalter für eine automatische Umkehr der Bewegungsrichtung. Zur Polarisationsdrehung ist ein Pneumatikkolben eingebaut, der über eine Zahnstange in Verbindung mit einem Getriebe eine Drehung der Antenne um 90° in jeder Höhe erlaubt. Der Luftkolben wird mit Druckluft betätigt. Dies hat unter anderem den Vorteil, dass zur Steuerung keine die Messung störenden Metalldrähte verwendet werden müssen. Alle oberhalb der Messfläche befindlichen Teile des Antennenmastes mit Träger sind aus Isoliermaterial gefertigt. Die Motoren und sonstigen Antriebsteile wurden unter der Messfläche angebracht.

Nach den gleichen Grundsätzen ist auch der Drehtisch für den Prüfling konstruiert. Der unter der Messfläche angebrachte Antriebsmotor dreht über ein Getriebe den Tisch um 360°. Beim Erreichen der Endstellung wird die Drehrichtung automatisch umgeschaltet.

Messantenne und Drehtisch werden von dem Bedienungsplatz aus ferngesteuert. Der Bedienungstisch steht an einer Seite der 8eckigen Messplattform auf dem Boden des Gebäudes, also 1,4 m tiefer als die Messfläche, so dass die Messungen wieder durch die Messgeräte noch die Bedienungsperson beeinträchtigt werden.

Die Fernsteuerleitungen sind beim Bedienungstisch in einem Steuerpult zusammengefasst. Mit Drucktasten können Polarisation, vertikale Bewegung der Messantenne und Drehung des Tisches gesteuert werden. Für die beiden letztgenannten Vorgänge sind Positionsanzeigen im Steuerpult eingebaut.

Das Gebäude

Die Einführung der «5-m-Methode» mit einer verlangten Messgenauigkeit von ±2 dB verlangte den Bau eines entsprechend grossen, *reflexionsfreien Raumes*. Dieser Forderung trägt der Kunststoffkugelbau Rechnung. Um Reflexionen zu verhindern, wurde eine *freitragende Konstruktion ohne Metall* gewählt. Eine ähnliche Konstruktion ist erstmals auf dem Gelände der Philips-

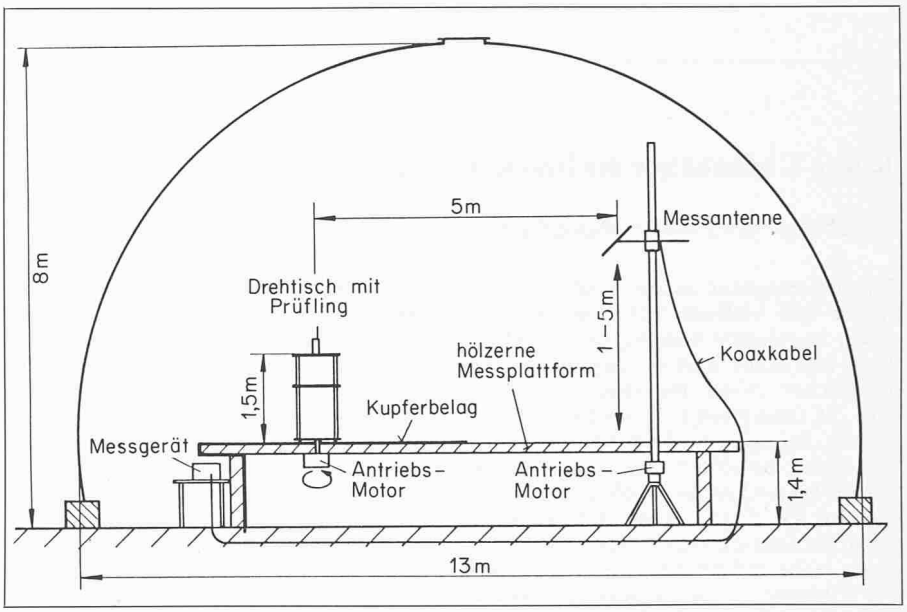


Bild 5. Messplatz: Längsschnitt (schematisch)

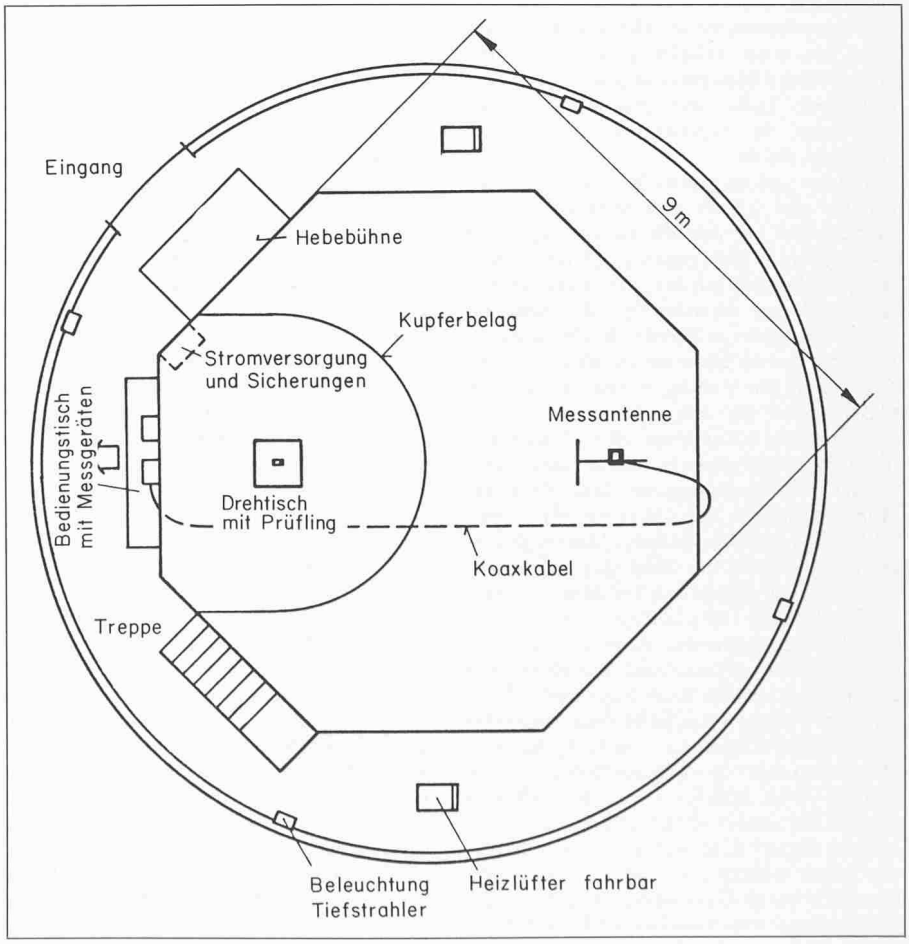


Bild 6. Messplatz: Draufsicht (schematisch)

Fernsehgerätefabrik in Krefeld (BRD) für Störstrahlungsmessungen realisiert worden. Hersteller ist die Firma Dederichs, Kunststoffbau GmbH, Mölln (Deutschland). Die Halbkugel ist in 90 (dreiecks- und trapezförmige) Elemente unterteilt, die mit etwa 4000 Maschinenschrauben und -muttern aus Nylon zu einem selbsttragenden halbkugelförmigen Gebilde zusammengeschraubt sind. Die Elemente bestehen aus einem rund 30 mm dicken Kern aus Polyurethanschaum, der beidseitig mit 2 mm dickem Glasfaserkunststoff beschichtet ist. Das Haus hat bei einer Höhe von 8 m und einem grössten Durchmesser von 13 m ein Gewicht von 4 t und steht auf einem Stahlbeton-Ringfundament. Die Kugel ist mit 6 lichtdurchlässigen Teilen ausgerüstet.

Zur Beleuchtung sind rund um den Sokkel Tiefstrahler angeordnet. Eine elektrische Heizung mit Heizlüfter ermöglicht auch im Winter eine Raumtemperatur von 20 °C. Die Farbe der Kunststoffkugel wurde aussen kieselgrau und innen weissgrün gewählt.

Auf die Feldstärkemessungen hat das Gebäude praktisch keinen Einfluss. Auch Regen beeinflusst nach den Erfahrungen die Messergebnisse nicht wesentlich. Reflexionen von weiter entfernten Objekten, besonders von Strassenfahrzeugen auf einer in der Nähe vorbeiführenden Durchgangsstrasse, sind bei den Messungen zwar zu erkennen, sind für die Ergebnisse jedoch bedeutungslos. H. M.

Kühle Gashaut um die heisse Venus

Ergebnisse der Pionier-Raumflüge

Zimmertemperatur in der äusseren Atmosphäre und höllische Hitze am Boden – genau umgekehrte Verhältnisse wie auf der Erde: Das ist ein Ergebnis der jüngsten amerikanischen *Pionier-Raumflüge* zur Venus. Nur 285 Grad Kelvin, das sind etwa 8 Grad Celsius, betragen die Temperaturen in den äussersten Schichten der Venus-Atmosphäre, bei der Erde liegen diese Werte ungefähr bei 800 Grad Celsius. Auf der Venus reicht die Atmosphäre nur bis etwa 180 Kilometer Höhe, auf der Erde dagegen bis etwa 500 Kilometer. Diese Daten lieferte ein vom *Max-Planck-Institut für Kernphysik* in *Heidelberg* und der *Universität Bonn* gemeinsam entwickelter *Gasanalysator*. Das Gerät – ein *Massenspektrometer in Miniaturausführung* – ist das erste vollständig ausserhalb der USA gebaute Messgerät, das von der amerikanischen Luft- und Raumfahrtbehörde NASA bei der Erforschung von Planeten eingesetzt wurde.

Als letzter von insgesamt fünf Landekörpern begann das «Bus» genannte «Pioneer»-Mutterschiff mit dem deutschen Messgerät an Bord am 9. Dez. gegen 21.15 Uhr mitteleuropäischer Zeit mit dem planmässigen Absturz auf den Abendstern: Mit mehr als 40 000 Kilometer je Stunde Geschwindigkeit raste das trommelförmige Gefährt im Sturzflug durch die ständig dichter werdenden Gasschichten der Venus-Atmosphäre.. Aus ungefähr 700 Kilometern Höhe funkte das 6,8 Kilogramm schwere Massenspektrometer die erste Gasanalyse zur Erde: In dieser Höhe registrierte das Gerät ungefähr 3000 Teilchen je Kubikzentimeter. Innerhalb kürzester Zeit wuchs die Gasdichte milliardenfach – auf 400 Milliarden Teilchen je Kubikzentimeter etwa 130 Kilometer über dem Boden. Hier gelangen die letzten Gasanalysen vor der Zerstörung nur noch mit Hilfe eines technischen Tricks: Eine zusätzlich eingeschaltete Pumpe verschaffte dem Messgerät vorübergehend noch eine kurze Atempause, ehe die Raumsonde – von der Reibung in der dichten Venus-Atmosphäre erhitzt – schliesslich wie ein Meteor vollständig verglühte.

«Unser Experiment war ein voller Erfolg, wir haben während 3 Minuten und 20 Sekunden etwa 60 Gasanalysen erhalten», berichtet *Dieter Krankowsky* vom Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg. Unter seiner wissenschaftlichen Leitung entwickelten *Dietmar Linkert* und seine Mitarbeiter vor allem die Elektronik für das Messgerät, während Ulf von Zahn vom *Physikalischen Institut* der *Universität Bonn*, der Hauptexperimentator, die Sensoren für das erfolgreiche Massenspektrometer gebaut hat. Durch Beschuss mit Elektronen wurden in dem Massenspektrometer die neutralen Teilchen der Venus-Atmosphäre elektrisch leitfähig gemacht und anschliessend ihre Masse anhand der Ablenkung in einem Magnetfeld bestimmt. Damit konnten alle zwischen Wasserstoff und dem schwersten Kohlendioxid-Molekül (Atomgewicht 46) vorkommenden neutralen Komponenten in der Gashülle des Abendsterns erfasst werden.

«Auch der Trick mit der Pumpe funktionierte einwandfrei», bestätigt Krankowsky. «Damit ist es uns gelungen, die in etwa 137 Kilometer liegende Turbopause der Venus-Atmosphäre zu erreichen und zu durchstossen.» Weil sich unterhalb dieser Schicht die Gase nicht mehr entmischen und somit – unabhängig von der Höhe – gleichmässig vorkommen, kann man jetzt die globale Häufigkeit verschiedener Bestandteile in der Venus-Atmosphäre bestimmen.

Wie erwartet, registrierte das von den Forschern in Bonn und Heidelberg gebaute Massenspektrometer zwischen 93 und 100 Prozent Kohlendioxid in der Atmosphäre des Abendsterns. Das durchsichtige Gas und Spuren von Wasserdampf in den tieferen Schichten der Venus-Luft wirken wie ein halbdurchlässiger Spiegel: Er lässt zwar die Sonnenstrahlen herein, die entstehende Wärme aber nicht wieder hinaus. Dieser *«Treibhaus-Effekt»* verursacht die auf dem Venus-Boden herrschenden «höllischen» Temperaturen von mehr als 480 Grad Celsius. Solche Zusammenhänge waren freilich schon bei früheren Venus-Missionen gefunden worden und wurden jetzt erneut bestätigt. «Völlig überrascht» waren die Wissenschafter jedoch, als ihr Messgerät einen *ungewöhnlich hohen Gehalt an Edelgasen in der Venus-Atmosphäre* feststellte. Aufgrund der Verhältnisse in der Lufthülle der *Erde* und auch auf dem *Mars* rechneten die Wissenschafter mit viel weniger Edelgasen in der Venus-Atmosphäre. Doch auch die anderen Messgeräte der amerikanischen Pioneer-Mission haben diesen hohen Edelgas-Gehalt registriert, ebenso wie inzwischen die beiden Ende Dezember auf der Venus weich gelandeten sowjetischen Sonden «Venera 11» und «Venera 12».

Weil manche Edelgase als Indizien für die «Ur»-Stoffe gelten, aus denen einst die Planeten entstanden sind, wucherten nach diesen «aufregenden Ergebnissen der Pioneer-Mission» sofort wilde Spekulationen: Stammte die hitzige Venus doch nicht «von dieser Welt», war sie vielleicht aus anderen «Ur»-Substanzen als die anderen Planeten entstanden? Muss deshalb die Geschichte unseres Sonnensystems neu geschrieben werden?

Inzwischen hat sich nach einer eingehenderen Analyse der Messdaten viel von der ursprünglichen Aufregung gelegt. Viele Anzeichen deuten darauf hin, dass die Venus – wenn auch nicht gerade ein Zwilling der Erde – ihr jedoch so fremd nicht ist, abgesehen von einigen Besonderheiten, die auf eine etwas andere Geburt und einen anderen Lebenslauf schliessen lassen. So wurde etwa dreihundertmal mehr von dem Edelgas *Argon mit dem Atomgewicht 36* gefunden, als auf der Erde vorhanden ist. Dieses auch als primordiales («ursprüngliches») Isotop des Argons bezeichnete Gas ist sozusagen ein Fingerabdruck der ursprünglichen Materie, aus der sich die Planeten gebildet haben. Die Wissenschafter vermuten nun, dass – im Gegensatz zur Erde und zum Mars – die Venus bei ihrer Entstehung noch zusätzlich zu dem Stoff, aus dem die Erde sich bildete, Beimengungen von Materie erhalten hat, die besonders reich an Argon-36 waren. Hingegen ist ein schweres Isotop, das *Argon mit dem Atomgewicht 40*, das durch radioaktiven Zerfall von *Kalium-40* im Planeten entsteht, in der Gashülle der Venus fast genau so häufig gefunden worden wie auf der Erde. Dies legt den Schluss nahe, dass in der Venus ähnliche Mengen von Kalium-40 enthalten sind wie auf der Erde und dass dieses Argon-40-Gas auf beiden Planeten im gleichen Mass aus dem Inneren freigesetzt wurde.

Ein weiteres Edelgas, das leichte *Helium-4*, das durch radioaktiven Zerfall von Uran und Thorium in etwa gleichen Mengen auf Erde und Venus entstehen sollte, ist etwa 1000mal häufiger auf der Venus gemessen worden. Die beteiligten Wissenschafter erklären dies dadurch, dass Helium-4 und wahrscheinlich auch die anderen Gase we-