

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 97 (1979)
Heft: 20

Artikel: Die Entwicklung der Planeten
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-85466>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 29.01.2026

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

Die Entwicklung der Planeten

Erste Ergebnisse der US-PIONIER-Venus-sonden widersprechen der bisher gültigen Theorie

(AD) Die Theorien über den Ursprung und die Entwicklung der Planeten unseres Sonnensystems müssen möglicherweise revidiert werden. Am Ames-Forschungszentrum der NASA in Mountain View (Kalifornien), der Leit- und Auswertzentrale für das Projekt Pioneer-Venus I und II, versuchen Wissenschaftler, die ersten Ergebnisse der Serienstudie vom 9. Dez. 1978 zu deuten, die den Erwartungen aufgrund der bestehenden Theorie absolut nicht entsprechen.

Sie betreffen in erster Linie Informationen über die *Atmosphäre* des leuchtenden Gestirns, das einmal als Schwesterplanet der Erde bezeichnet wurde. Die «Geschwister» scheinen jedoch grundverschieden voneinander zu sein. Ob sie überhaupt Familiennählichkeit aufweisen und tatsächlich aus dem gleichen Urstoff zu etwa gleicher Zeit entstanden sind, wird immer fraglicher.

Es waren nämlich höchst *unerwartete Daten*, die sowohl die Umlaufsonde (Pioneer-Venus I), die am 4. Dez. 1978 in eine stark exzentrische Venusumlaufbahn eingeschwenkt war, als auch die fünf direkt auf den Planeten gerakten Forschungsgeräte zur Erde funkten. Deren Gemeinschaftsattacke kam am 9. Dez., nachdem sie bereits im November, noch etwa 11 Millionen km von der Venus entfernt, voneinander getrennt worden waren und jedes auf eigener Bahn auf das Ziel zuflog. Vier von ihnen sollten Absturzbahnen folgen, die die Gewähr gaben, dass sowohl die Tag- und Nachtseite der Venusatmosphäre als auch ihr pol- und äquatornaher Bereich sondiert wurden. Eines dieser Geräte brachte dann sogar der Wissenschaft ein Sondergeschenk, indem es nach dem Aufsturz noch unerwartet für weitere 68 Minuten Messdaten zur Erde funkte. Dann waren die Batterien erschöpft, und sicherlich hatte auch die Hitze (mehr als 480°C) ihren Teil zu seinem Verstummen beigetragen. Der «Bus», das ursprüngliche Trägergerät für die vier Aufsturzsonden, verglühete etwa 130 km über der Oberfläche in der Atmosphäre der Venus. Seine Messdaten waren nach dem Eintauchen in den Luftmantel vier Minuten lang empfangen worden.

Die Ermittlung von Temperaturen, Druck und Zusammensetzung der Venusatmosphäre, direkte Messungen und Beobachtungen in verschiedenen Höhenbereichen waren die Aufgaben der Aufsturzsonden. Die Ingenieure hatten sie so zu konstruieren, dass sie beim Durchgang durch die Atmosphäre samt der ca. 20 km dicken dichten Wolken-schicht oberhalb von ca. 50 km Höhe auch den extremen Hitze- und Druckverhältnissen in Bodennähe standhielten. Und nur ganz präzise Berechnungen konnten die Gewähr geben, dass die Geräte auch tatsächlich die gewünschten Punkte auf der Oberfläche in harter Landung erreichten. Wäre z. B. die Erde das Ziel gewesen, würde – dies nur zum Vergleich – das Netz ihrer Verteilung von Oslo in Norwegen und der Malagassenrepublik im Indischen Ozean bis hin zur Amazonasmündung in Brasilien und einem Punkt im Pazifik vor der Stadt Santiago de Chile reichen.

Theoretiker in Verlegenheit

Aufregung verursachte zunächst einmal die Erkenntnis, dass der Gehalt der Venusatmosphäre an dem Edelgas Argon, und zwar an dem *Isotop mit der Massenzahl 36*, etwa 100mal grösser ist als in der Erdatmosphäre. Das Gas müsse, so meinen die Wissenschaftler, noch aus dem Urstoff von Gasen und Staub stammen, der sich vor 4,5 Milliarden Jahren um den neugeborenen Stern, unsere Sonne, bewegte. Aus ihm dürften sich die Planeten gebildet haben. Weshalb aber die Venus soviel mehr Argon als die Erde, und noch sehr viel mehr als der Mars habe zurückhalten können, ist noch ein Rätsel.

Theoretisch müssten die inneren Planeten – Merkur, Venus, Erde, Mars – schon vor langer Zeit ihrer Urgase zum grössten Teil verloren haben. Und es gibt vorläufig keine einleuchtende Erklärung, weshalb die Venus ihre Uratmosphäre behielt, die Erde dagegen sie weitgehend verlor. Denn beide Planeten haben etwa die gleiche Masse, sind ungefähr gleich gross und haben – nach kosmischen Massstäben – eine vergleichbare Entfernung zur Sonne.

«Unsere Vorstellungen von der Planetenbildung waren notgedrungen stark vereinfacht», meint *Michael B. McElroy* von der Harvard-Universität, einer der Projektwissenschaftler. «Schliesslich war die Erde bis vor wenigen Jahren der einzige Planet, den wir näher erforscht hatten. Aus den «Bausteinen», die wir von der Erde her kannten, versuchten wir in der Theorie die Planeten Merkur, Venus und Mars zu konstruieren.» Dazu *Thomas Donahue* von der Universität Michigan: «Wir müssen wieder zurück an die Tafel und neue Theorien über die Bildung und die Evolution von Planeten entwickeln.» Viele der neuen Messdaten seien mit der Theorie vom gemeinsamen Ursprung gerade der Planeten Erde und Venus nicht zu vereinbaren.

Inzwischen ausgewertete erste Daten von der Umlaufsonde, des Orbiters, zeigen, dass die Luft in der Hochatmosphäre über dem Nordpol ca. 25 °C wärmer ist als über dem Äquator, wo am meisten Sonnenlicht einfällt. Es wird angenommen, dass atmosphärische Strömungen vom Äquatorbereich in Richtung zu den Polen diese Unterschiede hervorrufen. In der Venusatmosphäre steigt heisse Luft über der Äquatorzone auf, verliert auf ihrem Weg zu den Polen an Wärmeenergie, sinkt deshalb in tiefere Schichten ab und wird dabei durch Kompressionskräfte aufgeheizt.

Wie die vier Landesonden fand auch der Orbiter – er braucht für einen Umlauf 24 Stunden 14 Minuten – mit Hilfe eines *Massenspektrometers* Sauerstoff, Kohlenstoff bzw. Kohlendioxid, Helium, Stickstoff, Neon und Wasserdampf in der Atmosphäre. In ca. 370 km Höhe registrierte er überwiegend atomaren Sauerstoff, fand aber auch molekularen Sauerstoff, neben Wasserstoff, Helium, Stickstoff und CO₂. In tieferen Bereichen ändert sich, so *Hary Taylor* vom Goddard-Raumflugzentrum, die relative Häufigkeit dieser Substanzen. Wegen des schwachen

Magnetfeldes auf der Venus könnten, so wird ferner vermutet, von dem sehr «heissen», wenn auch schwachen Sonnenwind grosse Gasmengen aus dem Bereich der hohen Ionosphäre in der Lufthülle der Venus fortgetragen werden.

Die Spektrometer geben Hinweise auf deutliche und scharfe Übergänge zur Ionopause bei 612 km und 532 km Höhe – sowohl in der Abstiegs- als in der Aufstiegsbahn des Orbiters. Die Daten lassen auf ausgeprägte Strukturen, aber auch Störungen in diesem Bereich schliessen. Die Tatsache, dass die Elektronen-Temperaturen, d. h. ihre Bewegungsenergie, nahe dem venusnächsten Bahnpunkt höher sind als erwartet, könnte auf eine wirksamere Aufheizung der hohen Ionosphäre durch den Sonnenwind zurückzuführen sein. Aber es wäre auch denkbar, dass ein noch unbekannter Mechanismus am Werk ist, durch den die obere Schicht der Ionosphäre gegenüber der unteren isoliert wird.

Die Wissenschaftler – unter ihnen Spezialisten aus anderen Ländern wie *Jacques Blamont* von der Universität Paris und *Ulf von Zahn* von der Universität Bonn – werden auf Monate hinaus mit der Analyse der Daten von den Pioneer-Venus-Sonden beschäftigt sein. Sie hoffen, Ähnlichkeiten wie ausgeprägte Unterschiede zwischen den inneren Planeten ermitteln und Antworten auf die Frage finden zu können, weshalb die Entwicklung auf dem Planeten Venus anders verlaufen ist als auf der Erde. Dies könnte sogar für die Zukunft der Menschen auf unserem Planeten und ihren Umgang mit Natur und Umwelt von erheblicher Bedeutung sein. Denn einen selbstverschuldeten «Treibhauseffekt» z. B., der durch gedankenlose Anreicherung der irdischen Lufthülle mit Kohlendioxid verursacht würde, können wir uns nicht leisten.

Hochbetrieb im Funkverkehr mit sechs Satelliten gleichzeitig

Nicht weniger schwierig und kompliziert war die Bewältigung der nachrichtentechnischen Aufgaben auf dem Höhepunkt der Mission. Exakt nach «Fahrplan» kam die Sechsergruppe am Planeten Venus an. Erste kritische Phase: Einsteuern des Orbiters in die vorgesehene Umlaufbahn. Mehrfach wurden in den ersten Tagen der venusnächste und venusfernste Bahnpunkt verändert, bis schliesslich mit 233 km und 65 983 km die bestmöglichen Werte für die Umlaufellipse erreicht waren. Während dieser Zeit musste natürlich auch der Funkverkehr mit der noch immer im Anflug befindlichen Fünfergruppe (Pioneer-Venus II) voll aufrechterhalten werden. Am 9. Dez. endlich tauchten innerhalb von Minuten ihre vier gegen Reibungshitze geschützten Aufsturzsonden nacheinander in die Venusatmosphäre ein. Wenig später folgte der «Bus». Projektleiter *Charles Hall* vom Ames-Forschungszentrum meint: «Es war der komplizierteste Job von Satellitenüberwachung und Funkverkehr, den wir je hatten.»

Die Beobachtungsstationen auf der Erde mussten zu sechs Geräten gleichzeitig Verbindung halten, von denen jedes einzelne Hunderte von Informationseinheiten («bits») in der Minute übermittelte. Mit dem

Eintritt der vier Landesonden in die dichte Venusatmosphäre kam es bei allen zunächst einmal zum «Blackout», wie man dies z. B. von zurückkehrenden Apollo-Raumschiffen her kannte: Um die Kapsel bildet sich infolge der Reibungshitze ein Mantel glühender ionisierter Gase, die den Funkkontakt unterbrechen. Während des weiteren Absinkens meldete sich aber jede der Sonden präzise zum erwarteten Zeitpunkt wieder und übermittelte ihre zahlreichen Messdaten.

«Unterhalb von 49 km Höhe ist die Atmosphäre bemerkenswert klar, bis hinunter zum Boden», fand Boris Ragent vom Ames-Forschungszentrum. In 15 km Höhe registrierten alle vier Sonden eine Temperatur von 377°C . Von da an zeigte sich bei allen das gleiche Problem: Die Temperaturmesser spielten plötzlich verrückt, möglicherweise als Folge eines Kurzschlusses, den die stark

korrodierend wirkende Atmosphäre hervorgerufen haben könnte. «Was wirklich passierte, verstehen wir noch nicht», erklärt Alvin Seiff (Ames-Institut). Die Daten für die übrigen Messwerte dagegen kamen bis zum Aufsturz – in einem Fall noch für weitere 68 Minuten – ordnungsgemäß durch. Die sowjetische Sonde Venera 8 hatte 1972 übrigens noch 107 Minuten nach ihrer Landung Daten von der Oberfläche gesendet, dabei 480°C als Oberflächentemperatur sowie einen Druck von mehr als dem 90fachen des Drucks an der Erdoberfläche gemessen.

Diese Daten stimmen gut mit jenen überein, die amerikanische Wissenschaftler in Untersuchungen von der Erde aus ermittelt hatten. Sie kennzeichneten die Venus als eine lebensfeindliche, höllisch heiße Welt. Ein sogenannter Treibhauseffekt unvorstellbaren

Ausmasses bestimmt dort die Umweltbedingungen. Das Kohlendioxid, aus dem die Venusatmosphäre zu mehr als 95 Prozent besteht, und Wasserdampf stauen die Wärme der Sonneneinstrahlung, so dass die Wärme nicht in den Weltraum abgestrahlt wird. Dadurch erfährt die Oberfläche eine Aufheizung auf mörderische Temperaturen. Die amerikanischen Sonden meldeten Werte um 483°C . Verständlich, dass unter diesen Bedingungen Wasser in flüssiger Form nicht existieren kann, auch wenn der hohe Druck den Siedepunkt erhöht. Übrigens lieferten optische Sensoren der Sonde, die die harte Landung länger als eine Stunde überlebte, Anhaltspunkt über die Beschaffenheit der Oberfläche: Durch den Aufsturz wurden Staubmassen aufgewirbelt, die vier Minuten brauchten, bis sie wieder zu Boden gesunken waren.

Umschau

Abgasturbolader für Dieselmotoren der Zukunft

Die Abgasturbolader VTR 454 (Bild 1), eine einstufige Reihe, wurden für ein Verhältnis von Austritts- zu Eintrittsdruck über 4, bei Gesamtwirkungsgraden von 63 bis über 65 Prozent, entwickelt (Bild 2). Sie erfüllen damit die Forderungen der Motorenindustrie nach höheren Nutzmitteldrücken der Zweitakt- und Viertakt-Dieselmotoren und dürfen die praktische Anwendung der zweistufigen Aufladung in die neunziger Jahre hinausschieben.

Im Verdichterkennfeld dieser neuen Baureihe verlaufen die Linien konstanter Drehzahl trotz der Erhöhung der Druckverhältnisse flacher als die unserer bisherigen Abgastur-

bolader. Hierbei gelang es, den Verlauf des höchsten Wirkungsgrades mit dem der Motorschlucklinie über einen grossen Drehzahlbereich weitgehend zur Deckung zu bringen. (Bild 3). Die Neuentwicklung beruht auf Ergebnissen der umfassenden und unternehmensweiten Forschung auf dem Gebiet der Strömungstechnik im Verdichter- und Turbinenbau. Gleichzeitig wurden bewährte Einzellemente aus 55jähriger Erfahrung mit der Aufladetechnik in der neuen Maschine beibehalten.

Die Kombination bewährter Teile mit der neuen Technik sichert hohe Leistungsfähigkeit, störungsfreien Betrieb und Service-freundlichkeit. Trotz aller Vorzüge der neuen Baureihe lösen diese Abgasturbolader

die beiden bestehenden Serien nicht ab. Die neuen Lader kommen für zukünftige Dieselmotoren mit Druckverhältnissen ab etwa 3 in Frage. Bei Dieselmotoren heutiger Bauart eignen sich die Abgasturbolader VTR 454 für Leistungsbereiche von 4200 bis 7300 kW bei Viertaktern und von 3300 bis 5800 kW bei Zweitaktern.

BBC Baden

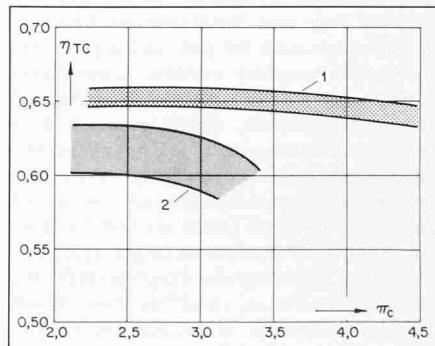


Bild 2. Turboladerwirkungsgrad, Vergleich VTR 454/VTR 501. η_{TC} : Gesamtwirkungsgrad des Turboladers (Bereiche für verschiedene Turboladerspezifikationen), π_C : Verdichterdruckverhältnis (1 VTR 454, 2 VTR 501, in Produktion seit 1970, Wirkungsgraderhöhung seit 1975)

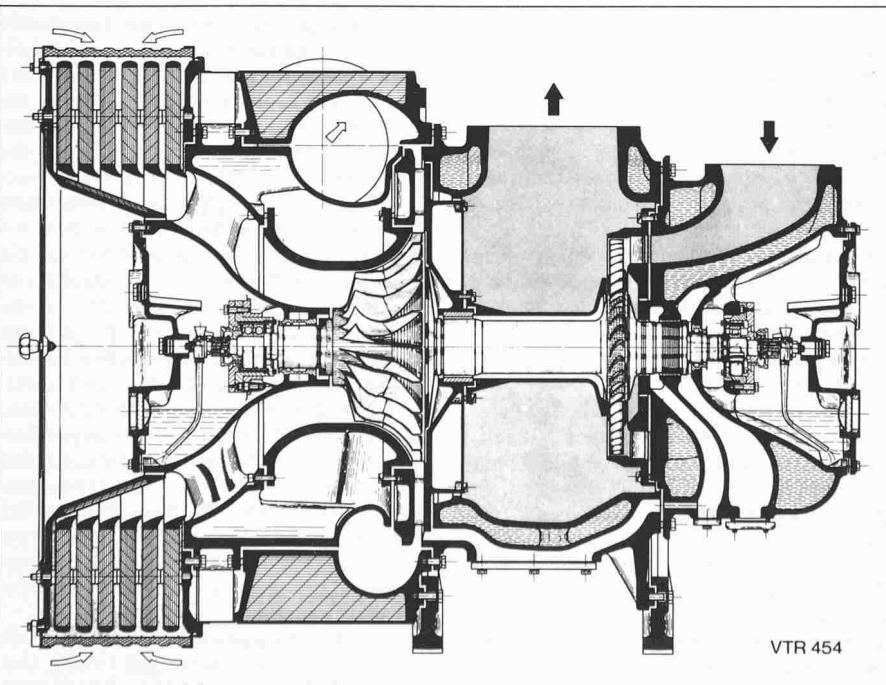


Bild 1. Schnittzeichnung eines VTR 454 (1978). Druckverhältnis für Dauerleistung $p_2/p_1 = 4$; Luftmenge V ca. 7 bis $12 \text{ m}^3/\text{s}$ totale Länge ca. 1,9 m. Anwendung für Dieselmotoren von 4000 bis 6000 kW Leistung

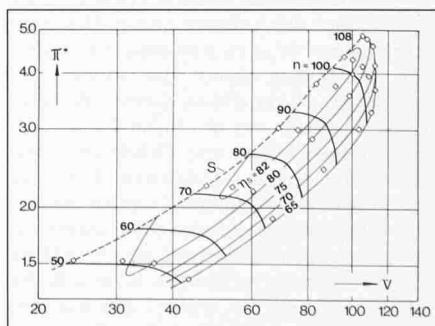


Bild 3. Turboladerverdichter-Kennfeld VTR 454. n : bezogene Drehzahl (%), v : bezogener Luftdurchsatz (%), η : isentroper Wirkungsgrad bezogen auf Totalzustand (%), π^* : Verdichter-Totaldruckverhältnis, S: Pumpengrenze