Die Erdumgebung: von der Troposphäre zur Heliosphäre: aus dem Arbeitsgebiet der Aeronomie

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **100 (1982)**

Heft 4

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74746

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

Beim 12 mm Rohr beträgt der Wärmeverlust des nackten Rohres 16% weniger als mit einer zusätzlichen Isolationsschicht von 6,5 mm Dicke! Der Verlust würde unter den gegebenen Umständen erst geringer als beim nackten Rohr, wenn die Isolationsdicke 27 mm bzw. der Aussendurchmesser d_a 66 mm übersteigt!

Tabelle 3. Aussendurchmesser d_a (q_{max}) maximaler Wärmeabgabe bei Rohren, welche mit einem Isolationsmaterial der Wärmeleitfähigkeit λ_2 isoliert sind und bei verschiedenen Wärmeübergangszahlen α_a

Wärmeleitfähigkeit λ_2 [W/m K]	*Wärmeübergangszahl* α_a [W/m² K]	*Aussendurchmesser mit maximaler Wärmeabgabe* $d_a(q_{max})$ [m]
0,03	3,8	0,0158
0,03	5,0	0,0120
0,03	23,3	0,0025
0,1	3,8	0,0526
0,1	5,0	0,0400
0,1	23,3	0,0043

Schlussfolgerung

Viele *Warmwasserleitungen* liegen im obigen Durchmesserbereich. Einige Stichproben an praktisch ausgeführten Leitungen mit Isolation haben zur Erkenntnis geführt, dass diese Leitungen tatsächlich *zu wenig isoliert* waren. Bei den betreffenden Beispielen waren die Betriebszeiten nicht sehr gross, so dass der Energieverlust und dessen Kosten von sekundärer Bedeutung waren. Grösseres Gewicht haben die Kosten von Energieverlusten in Heizleitungen, Kältemittelleitungen und Leitungen in verfahrenstechnischen Anlagen.

In vielen Fällen überwiegen jedoch die Isolationskosten. Ist dann die Isolation ungenügend, so hat man nebst höheren Investitionen noch grössere Verluste zu bezahlen - dies in der Meinung, etwas Gutes getan zu haben. Bei einem Vergleichsangebot für 100 m' Rohr kostete das isolierte Rohr 240–320% im Vergleich zum nackten Rohr (100%). Bezüglich Wärmeverluste haben sich die obigen Ausführungen bestätigt.

Es geht hier keineswegs darum, vorisolierte Rohrfabrikate in Frage zu stellen, vielmehr auf die Wichtigkeit des *Einflusses der Wärmeübergangszahl* bzw. der Strömungsgeschwindigkeit der umgebenden Luft auf die Wärmeverluste hinzuweisen, wenn die erwähnten Rohre mit der Absicht der Wärmeverlustminderung eingesetzt werden. Für einmal befindet man sich nicht auf der «sicheren Seite», wenn die Wärmeübergangszahl aus Unsicherheit höher angesetzt wird.

Literaturhinweis

[1] *Cammerer J. S.* (1980): «Der Wärme- und Kälteschutz in der Industrie». Springer

[2] *Gröber, Erk, Grigull* (1962): «Grundgesetze der Wärmeübertragung». Springer, S. 247f, S. 270f

Adresse des Verfassers: Dr. *H. P. Weiss*, dipl. Masching. ETH/SIA, Lavaterstr. 45, 8027 Zürich.

Die Erdumgebung: Von der Troposphäre zur Heliosphäre

Aus dem Arbeitsgebiet der Aeronomie

Etwas vereinfacht bedeutet «Aeronomie» die Wissenschaft von den Gesetzmässigkeiten der *«höheren Atmosphäre»* (griechisch: aer «Luft», nomos «Gesetz») in Abgrenzung gegen die *Meteorologie,* die Wissenschaft von den *unteren Bereichen der Atmosphäre,* in denen sich auch das Wettergeschehen abspielt. Genauer gesagt, beschäftigt sich die Aeronomie mit den physikalischen Vorgängen in den Atmosphärenschichten, worin die Dissoziation von Molekülen und die Ionisation von Atomen und Molekülen eine dominierende Rolle spielen. Danach liegt das Forschungsgebiet der Aeronomie eigentlich nur in der Ionosphäre zwischen etwa 60 und einigen 100 km Höhe, in der die genannten Phänomene auftreten.

Da aber die Ionosphäre - wie bereits erwähnt - sowohl mit den darunterliegenden Atmosphärenschichten als auch mit den erdferneren Bereichen bis hin zur Sonne in starken Wechselbeziehungen steht, sahen sich die Forscher auf dem Gebiet der Aeronomie gezwungen, zum Verständnis ihrer Beobachtungsergebnisse ihren «Zuständigkeitsbereich» zu überschreiten.

Die Gliederung der unmittelbaren Erdumgebung kann nach verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen, was in manchen Fällen zu *unterschiedlichen* Bezeichnungen für dieselben Höhenbereiche führt. Aber auch bei Beschränkung auf einen charakteristischen Parameter sind die *Grenzen der Bereiche fliessend und starken räumlichen und zeitlichen Schwankungen unterworfen.* Die nachfolgend angeführten Zahlenangaben sind daher stets als *grobe Mittelwerte* zu verstehen.

Schon die Festlegung einer oberen Grenze der irdischen Atmosphäre ist sehr problematisch. In den untersten Atmosphärenschichten nimmt der Luftdruck exponentiell mit der Höhe ab, er ist in 16 km Höhe auf etwa 10 Prozent seines Wertes in Meereshöhe gefallen. Die Temperatur sinkt je Höhenkilometer etwa um 6 Grad. Würde sich diese Abnahme in gleicher Weise

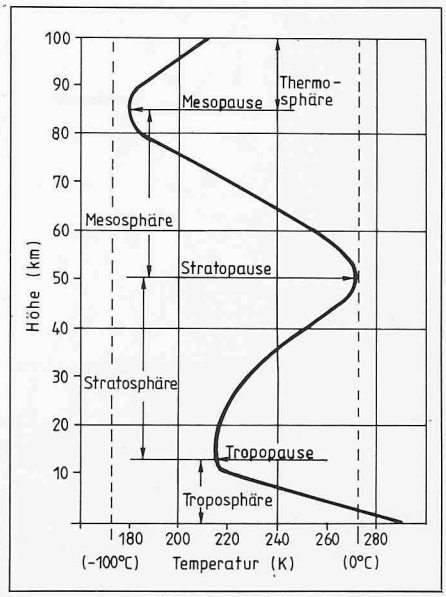


Bild 1. Mittleres Temperaturprofil und Schichtstruktur in der irdischen Atmosphäre zwischen 0 und 100 km Höhe nach einem Modell (US Standard Atmosphere 1962), gültig für mittlere geographische Breiten um 45 ° N. Temperaturverlauf und Bereichsgrenzen können räumlich und zeitlich variieren

stetig nach oben fortsetzen, wären in 50 km Höhe Temperaturen in der Nähe des absoluten Nullpunkts (−273° C = 0 Kelvin) und in 300 km Höhe Gasdichten von weniger als einem Teilchen je Kubikzentimeter zu erwarten. Im Gegensatz zu Vorstellungen, die noch um

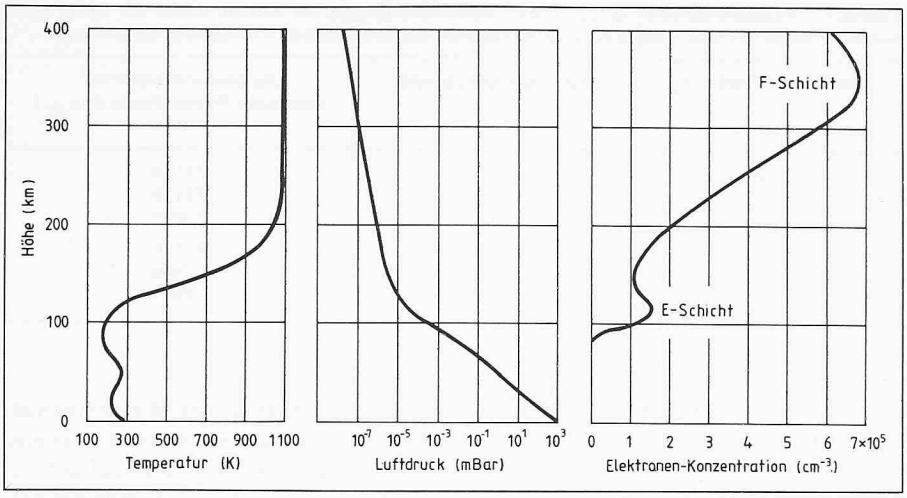
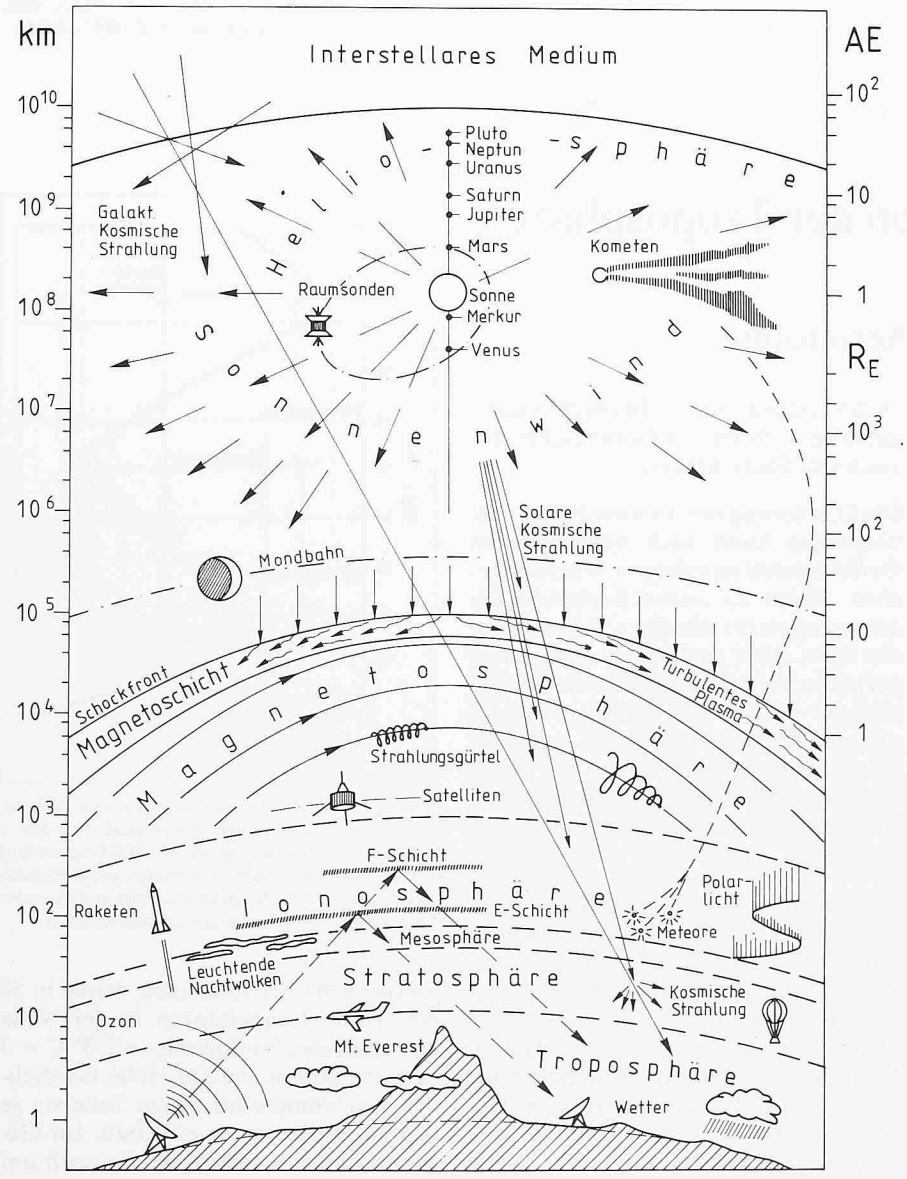


Bild 2. Mittleres Höhenprofil für Temperatur, Luftdruck und Elektronen-Konzentration in der Erdatmosphäre bis 400 km Höhe. In der Ionosphäre (etwa oberhalb 80 km) unterliegen die gezeigten Parameter starken Schwankungen, besonders in Abhängigkeit von der geographischen Breite, der Tageszeit und dem Solarzyklus

Bild 3. Schematische Darstellung des Schichtenaufbaus der Erdumgebung von der Troposphäre bis zur Heliosphäre. Um den gesamten Bereich zwischen 1 km und 10^{10} (10 Milliarden) km Höhe über dem irdischen Meeresniveau in einem Bild unterzubringen, wurden die Höhen logarithmisch komprimiert. Die wahren, mittleren Werte für alle eingezeichneten Abstände können auf den seitlichen Skalen abgelesen werden (1 R_E = 1 Erdradius ≈ 6370 km, 1 AE = 1 Astronomische Einheit ≈ 150 Millionen km). Himmelskörper und andere eingezeichnete Objekte sind nicht massstabsgetreu wiedergegeben. Die Erdabstände der Planeten gelten für ihre Konjunktion (bei Merkur und Venus für die untere Konjunktion). Der sonnennächste Fixstern α-Centauri ist rund 4 · 10^{13} km oder 280 000 AE von uns entfernt



die Jahrhundertwende bestanden, ist das aber ganz und gar nicht der Fall. Erscheinungen wie *Meteore, Polarlichter* und die *Reflexion von Radiowellen* in Hunderten von Kilometern Höhe zeigen die *Existenz gasförmiger Materie merkbarer Dichte* auch noch in sehr grossen Höhen an. Messungen mit Hilfe von *Ballonen, Raketen, Satelliten* und *Raumsonden* haben in Verbindung mit verfeinerten Beobachtungen vom Erdboden aus zu dem folgenden Bild von der Erdumgebung geführt:

Die Temperatur sinkt im Mittel vom Meeresniveau bis in eine Höhe von 10–15 km auf Werte von etwa −40 °C bis −60 °C (230 bis 210 K) (Bild 1). In diesem Bereich, der *Troposphäre,* spielt sich das *irdische Wettergeschehen* ab. Jenseits seiner oberen Grenze, der *Tropopause,* bleibt die Temperatur beim weiteren Aufstieg zunächst nahezu höhenunabhängig, sie steigt erst wieder zwischen 20 und 50 km Höhe um etwa 50 °C (K). Man nennt diese Schicht die *Stratosphäre;* sie wird nach oben von der *Stratopause* begrenzt, in der das relative Temperaturmaximum gemessen wird. Die Ursache für die Erwärmung der Stratosphäre ist die Absorption des Sonnenlichtes in der dort lagernden *Ozonschicht.* Über der Stratopause fällt die Temperatur in der *Mesosphäre* erneut bis auf Werte von etwa −90 °C (180 K) in 85 km Höhe; dort liegt die Grenze zur anschliessenden *Thermosphäre,* die *Mesopause.*

In der Thermosphäre steigt die Temperatur mit der Höhe stetig an und erreicht bei 150 km Werte um 500 °C (770 K). Der Temperaturbegriff hat jedoch in diesen Bereichen seinen umgangssprachlichen Sinn schon längst verloren, weil der Luftdruck und damit die Gasdichte bereits auf sehr kleine Werte abgesunken ist (Bild 2). Damit wird die Temperatur eines Körpers in der Thermosphäre nicht mehr von der Temperatur seiner extrem dünnen, gasförmigen Umgebung, sondern von der *Bilanz zwischen auftreffender und ausgesandter Strahlung* bestimmt. Dissoziation und Ionisation der Gase unter dem Einfluss der Sonnenstrahlung kommen hinzu – die *Ionosphäre* ist erreicht. Ihre untere Abgrenzung gegen die *Neutrosphäre,* den Bereich der neutralen, molekularen Gase, fällt annähernd mit der Stratopause zusammen.

Eine charakteristische Grösse für den Zustand der Ionosphäre ist die *Teilchendichte* der gebildeten Ladungsträger, die das Reflexionsverhalten der verschiedenen Schichten gegenüber Radiowellen bestimmt. Die *Elektronen-Konzentration* zeigt zwei Hauptmaxima bei etwa 120 km und 350 km Höhe, was zur Unterscheidung zwischen einer *E-Schicht* und einer *F-Schicht* geführt

hat, wobei die Grenze zwischen beiden Bereichen in dem dazwischenliegenden Minimum der Elektronen-Konzentration bei rund 150 km Höhe verläuft (Bild 2). Wie man aus der Abbildung weiter erkennt, nimmt der Gasdruck in der Neutrosphäre zunächst sehr gleichmässig exponentiell mit der Höhe ab, dieser Abfall erfolgt in der Ionosphäre jedoch wesentlich langsamer. Der Grund dafür liegt zum einen in der hohen Temperatur dieser Schicht, zum anderen in der Dissoziation von Stickstoff und Sauerstoff in Atome, die leichter als die Moleküle dieser Elemente sind und daher grössere Skalenhöhen im Erdschwerefeld ereichen. Bei ungefähr 1000 km Höhe geht die Ionosphäre in die *Protosphäre* über, in der Wasserstoff das vorherrschende Element ist, der aber weitgehend ionisiert, also in Protonen und Elektronen zerfallen ist. In diesen Höhenbereichen wird die Bewegung der geladenen Teilchen zunehmend vom irdischen Magnetfeld kontrolliert, dessen Einflussbereich, die *Magnetosphäre,* auf der sonnenzugewandten Seite der Erde im Mittel bis in etwa 100 000 km Erdabstand, auf der sonnenabgewandten Seite sogar noch in wesentlich grössere Entfernungen reicht. Die Magnetosphäre wird vom *Sonnenwind* umströmt, der überwiegend aus *vollständig ionisiertem Wasserstoff* besteht und von der Sonne ständig in den interplanetaren Raum gesandt wird. Die Grenze zwischen Magnetosphäre und Sonnenwind, die *Magnetopause,* stellt in physikalischer Sicht auch die *Grenze zwischen den Atmosphären von Erde und Sonne* dar, auch wenn Teilchen aus dem Sonnenwind in die Magnetosphäre gelangen, wo sie die nach ihrem Entdecker *Van Allen* benannten *Strahlungsgürtel* in einigen tausend Kilometern Höhe auffüllen und für viele spektakuläre geophysikalische Phänomene verantwortlich sind.

In 50 bis 100 AE Entfernung von der Sonne (1 AE = 1 Astronomische Einheit, ist der mittlere Abstand Sonne–Erde, das sind etwa 150 Millionen Kilometer) vermutet man heute die Trennschicht zwischen der interplanetaren Materie und dem ionisierten Anteil des interstellaren Mediums, der Materie, die den Raum zwischen den Fixsternen erfüllt. Der durch abströmenden Sonnenwind gekennzeichnete Einflussbereich der Sonne wird *Heliosphäre* genannt. An seinen bisher noch unerforschten Grenzen endet auch der direkte Einflussbereich unseres Zentralgestirns (Bild 3).

Die *Max-Planck-Gesellschaft* gibt seit 1975 in loser Folge «Berichte und Mitteilungen» aus ihren derzeit 52 Instituten heraus. Die jüngste Veröffentlichung befasst sich mit den Arbeiten aus dem *Institut für Aeronomie* in *Kaltenburg-Lindau.* Der hier abgedruckte Beitrag ist diesem Bändchen entnommen, das beim Pressereferat der Max-Planck-Gesellschaft in München bezogen werden kann (Postfach 647, D-8000 München 1).

Niederländischer Betontag in Utrecht

Von G. Brux, Frankfurt (Main)

Unter den über 1300 Teilnehmern am Niederländischen Betontag (19. Nov. 1981) in Utrecht befanden sich Personen aus Forschung, Lehre und wirtschaftlicher Praxis aus Belgien, der Bundesrepublik Deutschland und Grossbritannien. In der Eröffnungsansprache wurde auf die Tätigkeiten des Betonvereins (Betonvereniging) im vergangenen Jahr – Ausrichten von Studientagen und Besichtigungen (3800 Teilnehmer), Aufstellen von Güteanforderungen, Prüfrichtlinien, Vorschriften usw. – und seiner angeschlossenen Organisationen eingegangen, wie der Studiengesellschaften für Vorspannung (Stuvo), Vorfertigung (Stupre), Schalungen und Herstellen von Betonkonstruktionen (Stubeco), Betontechnologie (Stutech) und für Gebrauch von Mikrocomputern in der Betontechnik (Stumico). Die Betonvorschriften (VB 1974) wurden u. a. durch den Teil H – Vorspannung ohne Verbund – ergänzt und Forschungsberichte herausgegeben (u. a. über Lärm bei der Verarbeitung von Frischbeton, bewehrtem Unterwasserbeton, Spannleichtbeton und Verunreinigungen des Betonzuschlags).

Das Vortragsprogramm wies bewusst Themen von grosser Brisanz auf. Hier seien die Sicherheit und Qualität beim Bauen, die Energievorsorge und Umweltfragen genannt. Weitere Schwerpunkte bildeten die Vorträge über Transportbeton nach Katalog mit Liefer- und Gütegarantie, Flugascheverwendungsmöglichkeiten (Portlandflugaschezement) und Know-how-Export für Stahlbetonfertigteile.

Betonpreis 1981

Seit 1979 wird alle zwei Jahre vom Betonverein und einer Stiftung der Betonpreis für das Bauwerk verliehen, das den Baustoff Beton überzeugend und formschön darstellt, und zwar in Form einer am Bauwerk anzubringenden Betonplatte (Bild 1), die während des Betontages jeweils zusammen dem Entwerfer, dem Statiker und den Ausführenden feierlich übergeben wird. Der Betonpreis 1981 wurde Betonbauten der *Ostlinie der Metro Amsterdam* sowohl im Untergrund- als auch im Viaduktteil (Bijlmermeer) (Bilder 2 und 3) zuerkannt. In die engere Wahl kamen vier weitere Betonbauwerke und -konstruktionen: ein 77 m langer Unterwassertunnel, zwei Brücken, und zwar über die Lage Vaart bei Lelystad/Schiphol (26–39–26 m; 0,85 m Bauhöhe; 36°; durchgehend längs vorgespannt; B 37,5) und über die Maas bei Well (946 m × 19,5 m Fahrbahn; 36 bis 112 m Spannweite, 1,75 m Bauhöhe; Freivorbau im Taktschiebeverfahren), und die Ferrozement-Zweimastsegeljacht «De Zeeuwse Stromen» (14 mm Bordwanddicke,

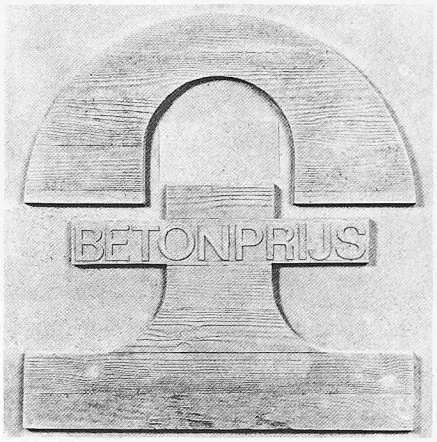


Bild 1. Betonplatte für die durch den Betonpreis des Niederländischen Betonvereins ausgezeichneten Betonbauwerke (Entwurf: Ellen Vos)

10,50 m Länge, 3,50 m Breite und 1,65 m Tiefgang sowie 70 m² Segelfläche); das Schiff mit Ein-Mann-Besatzung befindet sich zurzeit auf einer Weltumseglung. Der *Studienpreis* für ausserordentliche Studienabschlussarbeiten wurde für 1981 zwei Ingenieuren der TH Delft und drei Ingenieuren der HTL Mechelen/Belgien verliehen. Es handelt sich um die Untersuchung von Rammpfählen, die wiederholte Zugbeanspruchung von unbewehrtem Beton, den Einfluss von Windkräften auf hohe Bauwerke (89 m hoher Funkturm in Brüssel), um Durchlaufplatten (Bruchlinientheorie) und um Bogenbrücken mit Fahrbahn als Zugband (Stabilität).