

Medizinische Probleme der Raumschiffahrt.

Von Univ.-Prof. Dr. Gustav Schubert, Wien.

Vortrag, gehalten am 9. Dezember 1953.

Ein Vorstoß in den Weltraum ist nicht nur ein großes technisches, sondern auch ein medizinisches Problem und zwar dann, wenn ein solcher Vorstoß mit bemannten Raketen unternommen wird. Ist doch der Weltraum für den Menschen absolut tödlich, da er einem Vakuum gleichzusetzen ist. Das Fehlen des Luftdruckes bedeutet nicht nur ein Fehlen des absolut lebensnotwendigen „Bioelementes“ Sauerstoff, sondern in einem luftleeren Raum beginnen auch alle Körperorgane nach kurzer Zeit — etwas laienmäßig ausgedrückt — zu kochen. Lebensbedrohende Faktoren sind aber auch gegeben in der Wirkung der verschiedenartigen Strahlungen, da der Filterschutz der Erdatmosphäre wegfällt, welche die den menschlichen Körper schwerschädigenden Strahlungen fast gänzlich absorbiert. Bekanntlich soll der erste Vorstoß in den Weltraum der Errichtung einer „Außenstation“ dienen, welche als künstlicher Satellit in einer Höhe von rund 1600 km die Erde in 2 Stunden umkreist. Unter diesen Bedingungen ist die Außen-

station sowie ihre Besatzung schwerelos. Es ergibt sich daher die Frage, ob der Zustand der Schwerelosigkeit über längere Zeit vom Menschen ertragen wird. Derselbe wird aber auch schon beim Start der Rakete hohen Beschleunigungen ausgesetzt sein, deren Erträglichkeitswerte festgelegt werden müssen. Es gibt also eine Reihe wichtiger Fragen, die außerhalb der rein technischen Belange liegen. Wieweit heute die experimentelle Medizin diese Fragen beantworten kann, soll im Folgenden kurz dargelegt werden.

Da der Mensch ohne Erdatmosphäre nicht leben kann, bleibt nur ein Weg, um die tödlichen Wirkungen des Weltraumes auszuschalten: Es muß mit dem Menschen die lebensnotwendige Atmosphäre sozusagen in den Weltraum mitgenommen werden. Dies bedeutet, daß der Aufenthaltsraum für die Besatzung sowohl in der Rakete wie in der Außenstation als Druckkammer gebaut werden muß, in welcher normaler oder fast normaler Luftdruck herrscht und deren Luft zugleich auch die notwendige Sauerstoffmenge enthält, während andererseits die ausgeatmete Kohlensäure auf chemischem Wege gebunden werden muß. Eine derartige Druckkammer stellt also eine Art Klimaanlage dar, wie sie heute auch z. B. für Heilzwecke schon serienmäßig gebaut wird. Ohne eine derartige Druckkabine wäre ja auch der heutige Höhenrekord des Flugzeuges von 24 km nicht mög-

lich gewesen. In dieser Höhe lagen bereits über 90% der gesamten Atmosphäre unter dem Flugzeugführer. Eine besondere Frage ist aber die nach der „Sicherheit“ einer derartigen Anlage; sie kann nämlich undicht werden. Diese Gefahr ist weniger technisch als vielmehr dadurch bedingt, daß mit Meteoriten-Treffer zu rechnen ist. Im Weltraum sind Zusammenstöße mit Meteoriten jederzeit möglich. Überschlagrechnungen haben ergeben, daß ungefähr alle 4 Wochen ein Zusammenstoß erfolgen kann. Ein Durchschlagen der Druckkammerwand hat ein Abblasen, mithin einen raschen Übergang der Kammerbesatzung ins Vakuum zur Folge. Die Frage ist, ob in diesem Falle der Tod sofort eintritt oder nicht und welche Rettungsmaßnahmen ergriffen werden können. Ausgedehnte Versuche an Mensch und Tier ergaben: Als wesentlicher Faktor erscheint die Größenordnung der Zeit, innerhalb welcher der Organismus vom normalen Atmosphärendruck ins Vakuum gebracht wird, die sog. „Drucksturzeit“. Beträgt dieselbe einige Minuten, dann treten keine direkt lebensbedrohenden Schädigungen auf, wohl aber ist mit schweren Symptomen der sog. Drucksturzerkrankung (Caisson-Krankheit) zu rechnen. Bei Drucksturz werden nämlich die im Blut und in den Geweben gelösten Gase, vor allem Stickstoff, in Form von Gasblasen frei. Dadurch werden nicht nur Sprengwirkungen, vor allem im Gewebe des Zen-

tralnervensystems gesetzt, es können durch die Gasblasen auch lebenswichtige Blutgefäßgebiete verlegt werden (Gasembolie). Es besteht auch die Gefahr von Zerreißen im Lungengewebe, da die in der Lunge befindliche Luft bei Drucksturz sozusagen „herausgerissen“ wird, wobei der Druckausgleich nicht in allen Anteilen des Organs gleichzeitig erfolgt. Die Schädigungen sind jedoch nicht sofort tödlich, d. h. ein Überleben ist möglich. Die geschädigten Lungenbezirke werden auch nach einigen Tagen wieder atemfähig. Erfolgt der Drucksturz bis auf Werte, die unterhalb der Wasserdampfspannung des Körpers liegen, also unterhalb 47 mm Hg, dann wird schon kurz nach Erreichen der niederen Druckstufe das Lösungswasser der Gewebe in Form von Wasserdampf frei. Die Verdampfung erfolgt vor allem von den Atemwegen und von der Haut aus. Dabei kommt es sehr oft zur Bildung von großen Wasserdampfträumen unter der Haut. Auch diese schweren Schäden sind nicht sofort tödlich, wie Versuche gezeigt haben. Die Wasserdampfentbindung sowie die Gasblasenbildung sind vollkommen reversible Vorgänge, d. h. sie schwinden, wenn der Organismus wieder auf höhere Druckwerte gebracht wird. Von einem „Kochen“ der Gewebe oder Organe kann nicht gesprochen werden, da keine Temperatursteigerung und damit keine Hitzegerinnung der Organeiweißkörper eintritt.

Selbstrettung ist natürlich ausgeschlossen und zwar schon deshalb, weil infolge Sauerstoffmangel schon innerhalb 10—15 sec. Bewußtlosigkeit eintritt. Für „Fremdrettung“ steht aber hinreichend Zeit zur Verfügung. Beträgt doch die „Überlebenszeit“ sogar bei vollständiger Unterbrechung der Blutzufuhr zum Zentralnervensystem 4 bis 5 Minuten. Vollkommen verschieden dagegen liegen die Verhältnisse, wenn der Drucksturz extrem rasch, also schlagartig erfolgt, das ist innerhalb 0,01 sec. Jetzt entsteht eine Explosionswelle ähnlich wie sie während des Krieges z. B. bei Explosionen von Luftminen beobachtet wurde. Ohne äußerlich sichtbare Verletzung tritt sofort der Tod ein (sog. Schocktod). Bei plötzlichem Übergang auf extrem niedrige Druckstufen handelt es sich natürlich nicht um eine Explosionsdruck-, sondern um eine Explosionssaugwelle.

Der Gefahr des allgemeinen Drucksturzes in der Außenstation bei örtlichen Meteoriteneinschlag kann durch Unterkammerung begegnet werden, wobei die einzelnen Abteilungen durch Druckschleußen für Rettungszwecke zu verbinden sind. Auch kann Vorsorge getroffen werden, daß bei einem Treffer in einer Abteilung die Türen durch Druckschalter automatisch geschlossen werden. Die Rettung eines schwer „Drucksturzerkrankten“ kann erfolgen durch dessen raschen Transport über die Schleuße in die unversehrte Nachbarkam-

mer oder aber durch Einbringen des Verunglückten in einen Druckanzug. Derartige Anzüge, auch Raumanzüge genannt, welche um den Körper eine Druckatmosphäre schaffen, müssen auch in der bemannten Rakete bereit liegen. Sie müssen natürlich auch bei Aufbau der Außenstation und bei Arbeiten außerhalb derselben getragen werden. Derartige Anzüge stehen bereits seit 20 Jahren in der Höhenfliegerei in Erprobung. Sie werden auch bei Flügen oberhalb 12 km in gekammerten Flugzeugen als Schutz gegen ein allfälliges Abblasen getragen.

Hohen Beschleunigungen ist die Raketenmannschaft schon beim Start ausgesetzt. Um zur Außenstation zu gelangen, d. h. um das Schwerfeld der Erde zu überwinden, ist eine Endgeschwindigkeit der Rakete von ungefähr 8 km/sec. notwendig. Diese hohe Endgeschwindigkeit soll durch 3 Triebwerke erreicht werden. Das für diesen Fall errechnete Beschleunigungsdiagramm liegt vor. Es weist 3 Spitzen auf, nämlich — ausgedrückt in Einheiten der Erdschwere g — 9 g , 8 g und 3 g . Diese Spitzen treten auf, wenn ein neues Triebwerk eingeschaltet wird. Die Beschleunigungsspitzen besitzen allerdings nur eine Wirkzeit von einigen Sekunden. Ausgedehnte Versuchsreihen in Zentrifugen, die eigens für das Studium der Beschleunigungswirkung am Menschen gebaut wurden, ergaben, daß für die Erträglichkeitsgrenze

vor allem die Wirkungsrichtung der Beschleunigung maßgebend ist. Wirkt diese in Richtung Kopf—Fuß, also in Richtung der großen Blutgefäßstämme, so werden höchstens 6 g während 10 sec. ertragen; bei längerer Wirkzeit treten Sehstörungen und Bewußtlosigkeit auf, verursacht durch Verschiebung des x-fach schwerer gewordenen Blutes in die Gefäßgebiete des Bauchraumes und der unteren Extremitäten. Wirkt die Beschleunigung hingegen in Richtung Brust—Rücken, also quer zur Verlaufrichtung der großen Blutgefäßstämme wie es beim Raketenstart der Fall ist, wenn die Besatzung mit dem Gesicht in Startrichtung sitzt, dann werden 10 g durch 10 sec. ohne Störung ausgehalten. Die angeführten Werte beim Raketenstart liegen also sicher innerhalb der Erträglichkeitsgrenze. Voraussetzung ist nur, daß der Körper mit dem Kopf gut abgestützt ist. Diese experimentell festgestellten Erträglichkeitsgrenzen sind erst dann zu berücksichtigen, wenn höhere Endgeschwindigkeiten erreicht werden müssen. Bei einer Fahrt zum Mond genügt eine Endgeschwindigkeit von ungefähr 11 km/sec., bei einer Fahrt zum Mars, dem „lohnendsten“ Planeten, müssen hingegen 30 km/sec. erreicht werden. Bei der Rückkehr zur Erde ist mit der Wirkung von „Entschleunigungen“, d. h. mit negativen Werten von g zu rechnen. Dabei handelt es sich im Prinzip um die gleichen Vorgänge wie bei Beschleunigung, nur

mit umgekehrten Vorzeichen. Auch diese Entschleunigungswerte dürfen, in Richtung Brust-Rücken wirkend, die oben angegebenen Grenzwerte nicht überschreiten.

Schwerelos ist der Mensch in der Raumstation sowie bei Arbeiten außerhalb derselben. Über das Ertragen dieses Zustandes liegen bereits praktische Erfahrungen vor. Man kann denselben kurzfristig beim Motorflug herbeiführen und zwar durch Einleiten eines Sturzfluges, wobei der zunehmende Luftwiderstand durch Motorkraft so lange ausgeglichen wird bis ein in der Flugrichtung angeordneter Beschleunigungsmesser Gewichtlosigkeit anzeigt. Schwerelosigkeit löst einen besonderen Wahrnehmungskomplex aus, da alle Erregungen von Seiten derjenigen Sinnesorgane wegfallen, die auf Schwerkraft ansprechen. Das sind die sogenannten Druckpunkte der Haut sowie der Otolithenapparat des Ohrlabyrinthes. Die unmittelbare Folge des Wegfalles der Schwerkraft ist eine Unsicherheit der Willkürbewegung der schwerelos gewordenen Extremitäten. Trotzdem ist eine sichere Steuerung des Flugzeuges möglich; auch verliert sich diese Unsicherheit nach Wiederholung derartiger Versuche relativ rasch. Die Tätigkeit lebenswichtiger Organe, wie vor allem anderen der Atem- und Kreislauforgane, wird durch Schwerelosigkeit kaum beeinflusst. Im schwerelosen Raum kann natürlich jede, auch die

„schwerste“ Arbeit mühelos verrichtet werden, d. h. die Körpermuskulatur hat keine Arbeit zu leisten. Es besteht daher die Gefahr des Auftretens einer Muskelatrophie (Muskelschwund). Diese tritt jedoch erst nach Wochen ein; ihr kann leicht begegnet werden durch Herstellung einer „künstlichen“ Schwerkraft (siehe unten). Im schwerelosen Raum gibt es auch kein Oben und Unten, die Aufnahme der gewichtlosen Nahrung begegnet Schwierigkeiten, ebenso die Entfernung der bei Harn- und Kotabgabe entleerten Massen usw. Daher wurde der Vorschlag gemacht, in der Außenstation durch Rotation derselben, also durch Zentrifugalkraft, einen Ersatz für die Schwerkraft zu schaffen (magnetische Kräfte bilden nur einen sehr unvollkommenen Ersatz). Eine gleichmäßige Rotation führt aber unter gewissen Bedingungen zu anderen „Unannehmlichkeiten“. Es treten nämlich ablenkende Beschleunigungen im drehenden Raum (Coriolisbeschleunigungen) dann auf, wenn Bewegungen durchgeführt werden. So kommt es z. B. bei Bewegungen der Extremitäten zum „Verreisen“ derselben nach einer bestimmten Richtung. Schwerwiegender sind die Auswirkungen der Coriolisbeschleunigung bei Kopfbewegung. Diese ist an sich mit einer Erregung des Bogengangsystems des Ohrlabyrinthes verbunden. Durch die Wirkung der Coriolisbeschleunigung kommt es aber zu zusätzlichen Erregungen, d. h. zu einer Überreizung

mit höchst unangenehmen Effekten: Es tritt bei einer Kopfbewegung nicht nur die Wahrnehmung des plötzlichen Kippens des Körpers im Raum auf, sondern es zeigen sich auch bei wiederholter Einwirkung der genannten Beschleunigung alle Symptome einer schweren Seekrankheit. Um diese Effekte auszulösen, genügen schon die Kopfbewegungen, die gewöhnlich mit Augenbewegungen einhergehen. Hinzu kommt noch, daß sich die Wirkungen dieser Beschleunigungen hinsichtlich der Seekrankheitssymptome bei wiederholter Einwirkung immer mehr verstärken. Es muß daher der Durchmesser der Raumstation so gewählt werden, daß die zwecks Erzielung einer bestimmten Zentrifugalkraft als Ersatz für die Schwerkraft notwendige Rotationsgeschwindigkeit für das Bogenangssystem des Menschen unerschwellig bleibt.

Im Weltraum muß auch mit den Wirkungen der verschiedenartigen Strahlungen gerechnet werden. Es treten sowohl die längsten elektromagnetischen Wellen wie die kurzwelligsten Strahlen auf. Zu letzteren gehört die durchdringende Höhenstrahlung, auch kosmische Strahlung genannt. Infolge ihrer Härte ist sie überaus gefährlich. Von ihr werden selbst dicke Bleiplatten durchschlagen; daher ist eine Abschirmung überaus schwierig. Diese Strahlung sowie ihre Sekundärstrahlung rufen ähnliche Effekte an menschlichen Organen hervor wie die Röntgenstrahlen, nämlich Verbren-

nungen, Schädigungen der Keimzellen, Vernichtung der Keimzellen, auch bösartige Geschwülste. Diese Schädigungen treten dann auf, wenn die Strahlung längere Zeit einwirkt. Man darf aber auf Grund von Beobachtungen von Ionisierungserscheinungen an Kometenschweifen annehmen, daß ihre Dichte im Weltraum sehr gering ist. Dem schweizer Strahlungsforscher Eugster gelang es, die Wirkungsspuren dieser kosmischen Strahlung auf der überlebenden menschlichen Haut festzuhalten, welche in Ballons auf Höhen von 25 bis 30 km gebracht wurde. Von der Atmosphäre wird diese Strahlung fast gänzlich absorbiert.

Im Gegensatz zur durchdringenden Höhenstrahlung bieten schon die Wand der Raumstation sowie der Raumanzug vollkommenen Schutz gegen die im Weltraum hohe Intensität der kurzwelligen Ultraviolettstrahlung. Ohne Schutz würde der Mensch schon in kurzer Zeit schwerste Brändschäden erleiden. Die Kühlung der Raumstation sowie die Überwindung der sogenannten Hitzebarriere beim Raketenflug sind rein technische Probleme.

Wenn das Problem „Mensch im Weltraum“ in Betrachtung steht, dann darf auch die psychische Belastung nicht vergessen werden, welche naturgemäß mit einem Raketenflug ins Unbekannte verbunden ist! Eine derartige Belastung brachten aber auch die Versuche in der Motorfliegerei. Die

Entwicklung derselben erforderte eine hohe Zahl wertvollster Menschenleben. Trotzdem wurde der Weg gegangen. Beim Raketenflug in den Weltraum wird es vielleicht nicht anders sein; jede neue Erkenntnis erfordert Opfer. Trotzdem haben sich schon viele Freiwillige gemeldet, die bereit sind, den Platz von Versuchstieren in Versuchsraketen einzunehmen.

Zusammenfassend kann gesagt werden: Trotzdem noch viele Unklarheiten in manchen Fragen herrschen, wie z. B. hinsichtlich der Frage der Ernährung des Menschen im Raumschiff usw., so kann doch aus dem heute schon vorliegenden experimentellen und rein empirischen Erkenntnissen der Schluß gezogen werden, daß ein Vorstoß in den Weltraum am Problem „Mensch“ nicht scheitern wird.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1954

Band/Volume: [94](#)

Autor(en)/Author(s): Schubert Gustav

Artikel/Article: [Medizinische Probleme der Raumschiffahrt. 21-32](#)