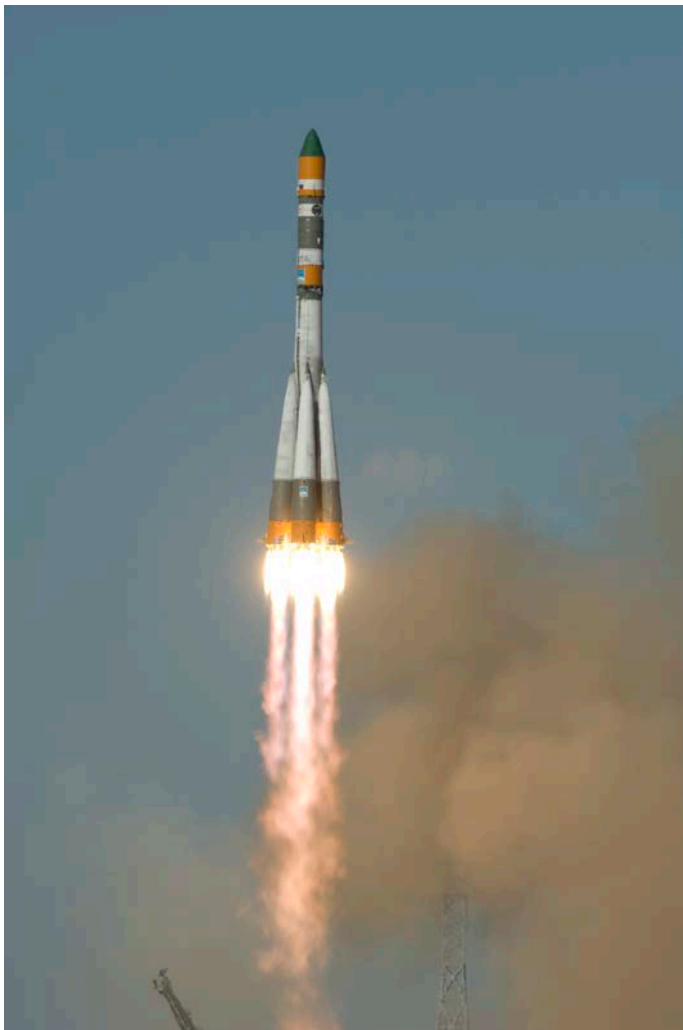


Mit kritischem Verstand und Taschenrechner gegen falsche Informationen

Gerhard Herms

Die Entwicklung der Raumfahrt war über Jahrzehnte hinweg von den Medien alles andere als sachgerecht und objektiv widerspiegelt worden. An zwei Beispielen wird gezeigt, dass bereits solides Schulwissen ausreicht, um falsche Behauptungen, wie sie in diesem Zusammenhang gang und gäbe waren, zu entlarven und die Wahrheit zu erkennen, indem man die quantitativen Aspekte unter die Lupe nimmt und sich des Taschenrechners bedient. Häufig läuft es darauf hinaus, dass das Ergebnis die richtigen Größenvorstellungen vermittelt und damit eine Behauptung ad absurdum führt.

Übersicht der Bezüge im WiS!-Beitrag zu T. Althaus: „50 Jahre russische Raumfahrt“ in SuW 10/2007		
Astronomie	Raumfahrt, Positionsastronomie	zweite kosmische Geschwindigkeit , Satellitenbahnen, Winkel zwischen Bahnebenen , Sterntag und Sonnentag
Physik	Mechanik, Thermodynamik	Energieumwandlung , Vektoraddition der Geschwindigkeiten
Fächerverknüpfung	Ph-Mathe	Vektoraddition, sphärische Trigonometrie



Start einer Sojus-Rakete - ein faszinierendes Bild, das die Öffentlichkeit leider erst Jahre später zu Gesicht bekam.
©: ESA - S. Corvaja 2007.

Einleitung

Die Anfänge der Raumfahrt hatten ein unvergleichliches Echo in der Welt. Die Menschen diesseits und jenseits des eisernen Vorhangs erlebten diese Entwicklung jedoch auf recht unterschiedliche Weise. Im Ostblock wurde die Öffentlichkeit pausenlos von einer staatlich gelenkten Propagandamaschinerie bombardiert, die jeden Erfolg der sowjetischen Raumfahrt als Beweis für die Überlegenheit des sozialistischen Systems feierte. Die westlichen Medien, noch unter dem Sputnikschock stehend und teilweise nicht ganz frei von Antiamerikanismus, bildeten in ihrer Uneinheitlichkeit kein geeignetes Gegengewicht und kamen häufig zu Fehleinschätzungen des technischen Standes der beiden Raumfahrtnationen. Die Entwicklung jenseits des Atlantiks wurde in der Regel unterbewertet. Das wurde erst anders, als sich im amerikanischen Mondlandeprogramm mehr und mehr Erfolge einstellten.

Da die russische Seite aus Gründen der Geheimhaltung sachliche Informationen über die Technik auf ein Minimum beschränkte, war es für den interessierten Laien sehr schwierig, ein einigermaßen zutreffendes Bild zu gewinnen. Vor derselben Schwierigkeit stand natürlich auch der Journalist selbst. Erschwerend kam hinzu, dass es sich um eine neue Materie handelte, die bis dahin auf der Schulbank nie behandelt worden war. So kam es relativ häufig vor, dass Falsches behauptet wurde, unrichtige oder verzerrte Vorstellungen geweckt und irrealer Hirnspinnweben in die Welt gesetzt wurden.

Im Folgenden soll an zwei konkreten Beispielen gezeigt werden, dass der Einzelne sich durchaus vor wissentlichen oder unwissentlichen Fehlinformationen schützen kann, wenn er – solides Schulwissen vorausgesetzt – zum Taschenrechner greift und den Dingen auf den Grund geht.

Die erste Wasserlandung eines sowjetischen Raumflugkörpers

„Sonde 5“, von einem Mondflug zurückkehrend, landete als erster sowjetischer Raumflugkörper nicht wie üblich auf dem Lande, sondern im Indischen Ozean. In einem Interview, das Radio DDR am Sonntag, dem 22.09.1968, abends ausstrahlte, wurde Herr Herbert Pfaffe, Mitglied des Präsidiums der Deutschen Astronautischen Gesellschaft gefragt, worin er die Gründe für diese Besonderheit sehe.

Herbert Pfaffe und Peter Stache waren die Autoren des 1964 erschienenen Werkes „Typenbuch der Raumflugkörper“, das von den Raumfahrt-Fans der DDR begeistert aufgenommen wurde, weil es im Unterschied zur gleichgeschalteten Tagespresse nüchtern und recht objektiv erstaunlich viel an echter Information brachte.

In dem genannten Interview führte Herr Pfaffe sinngemäß folgendes aus: Im Unterschied zu den bis dato erfolgten Raumschifflandungen, bei denen die Raumschiffe mit etwa 8 km/s in die dichteren Schichten der Erdatmosphäre eintauchten, näherte sich „Sonde 5“ mit einer höheren Geschwindigkeit, nämlich mit 11,2 km/s (sog. *zweite kosmische Geschwindigkeit*). Daher wäre es besser, den Aufschlag im nachgiebigen Wasser erfolgen zu lassen, anstatt die Sonde dem Aufprall auf der harten Erde auszusetzen.

Die Antwort erscheint einleuchtend, und sie wurde auch von den meisten als wahr hingenommen. Wie steht es wirklich mit dem Wahrheitsgehalt?

Beim Bremsvorgang in der Atmosphäre geht es darum, die Bewegungsenergie des Raumfahrzeuges zu vernichten, d. h. *in Wärme umzuwandeln*. Dies geschieht anfangs allein durch den Luftwiderstand des Fahrzeuges selbst, in der Schlussetappe des Bremsvorganges durch Bremsfallschirme. Die Bewegungsenergie, die noch im Raumfahrzeug steckt, wenn es am Landefallschirm auf die Erde oder das Wasser niedergeht, ist verschwindend gering im Vergleich zu der Energie, die in der heißen Phase in Wärme überführt wird. Da die restliche

Wissenschaft in die Schulen!

Bewegungsenergie so unbedeutend ist, ist es auch völlig belanglos, ob die Sonde mit 5 m/s auf dem Lande niedergebracht wird oder ob man sie mit der 10-fachen Geschwindigkeit ins Wasser eintauchen lässt. Ein Bremsvorgang, der derartig riesige Geschwindigkeiten von rund 11 km/s auf 50 m/s verringert, lässt sich ohne großen Mehraufwand auch so gestalten, dass eine Endgeschwindigkeit von 5 m/s erzielt wird. (5 m/s erreicht ein Körper nach einem Fall aus 1,25 m Höhe). Um das Wesentliche noch durch einen Vergleich zu verdeutlichen: Es würde keinem Kraftfahrer einfallen, seinen Wagen, der anfangs mit 100 km/h über die Landstraße rollte, dadurch zum Stehen zu bringen, dass er nach einer Abbremsung auf Fußgängergeschwindigkeit die Tür öffnet, um den Rest mit schleifendem Fuß auf der Fahrbahn zu erledigen, und das nur, um die Bremsen zu schonen.

Wahrheit hat auch einen quantitativen Aspekt. Wenn jemand sagt, man könne einen Lastkraftwagen allein mit einem Elektromotor und einer Solarzellenfläche auf dem Fahrzeugdach antreiben, so ist das zwar rein qualitativ gesehen nicht falsch (vielleicht schafft er zwei, drei Meter in einer Stunde!), aber es ist die Unwahrheit für alle, die an die normale Nutzung eines Kraftfahrzeuges denken. Zumindest in diesem Sinne war die von Herrn Pfaffe gegebene Begründung falsch.

Um den quantitativen Aspekt einer Behauptung zu überprüfen, ist eine genaue Analyse und Nachrechnen mit dem Taschenrechner unbedingt erforderlich. Um richtige Größenvorstellungen zu bekommen, ist es darüber hinaus oftmals notwendig, möglichst bildhafte Vergleiche anzustellen. Die folgende Aufgabe bietet ein Beispiel dafür.

Aufgaben:

Es werde angenommen, dass „Sonde 5“ eine Masse von 5000 kg hat und auf dem Lande mit 5 m/s und auf dem Wasser mit 50 m/s landen kann, ohne Schaden zu nehmen.

1. Wie groß ist die Bewegungsenergie der Sonde beim Landen mit 5 m/s?
2. Wie groß ist die Bewegungsenergie der Sonde beim Wassern mit 50 m/s?
3. Wie groß ist die Bewegungsenergie der Sonde vor dem Eintauchen in die dichteren Schichten der Atmosphäre, d. h. bei 11,2 km/s?
4. Was müsste man für die unter 1. bis 3. genannten Energien bezahlen, wenn ein Preis von 0,20 € für eine kWh zugrunde gelegt wird?
5. Um wie viel Grad könnte man 1 Liter Wasser mit der unter 1. genannten Energie erwärmen?
6. Um wie viel Grad könnte man 100 Liter Wasser mit der unter 2. genannten Energie erwärmen?
7. Um wie viel Grad könnte man ein mit Wasser gefülltes Schwimmbecken von 50 m Länge, 50 m Breite und 2m Tiefe (5000 m^3) mit der unter 3. genannten Energie erwärmen?

Lösungen:

Zu 1.: $6,25 \cdot 10^4 \cdot \text{J}$ oder 0,0173 kWh

Zu 2.: $6,25 \cdot 10^6 \cdot \text{J}$ oder 1,73 kWh

Zu 3.: $3,03 \cdot 10^{11} \cdot \text{J}$ oder 87 000 kWh

Zu 4.: Zu zahlen wären 0,3 Cent bzw. 34 Cent bzw. 17400 €

Zu 5. bis 7.: Jeweils etwa 15 Grad. Die angegebenen Wassermengen 1 Liter, 10 Liter und 5 Millionen Liter geben also ein sehr anschauliches Bild von der Größe der Bewegungsenergien in den 3 betrachteten Zuständen. Erst durch solche Betrachtungen wird klar, was es bedeutet, dass die kinetische Energie mit dem Quadrat der Geschwindigkeit anwächst.

Der Gruppenflug von „Wostok 3“ und „Wostok 4“ – ein „beinahe“ Rendezvous?

Am 11.08.1962 um 9^h30^{min} mitteleuropäischer Zeit startete in Baikonur „Wostok 3“ mit A. G. Nikolajew und einen Tag später um 9^h02^{min} „Wostok 4“ mit P. R. Popowitsch. Dieses Ereignis, als „Gruppenflug“ bezeichnet, wurde von den Medien der Ostblockländer als neue Pioniertat gefeiert. Die Tatsache, dass sich die beiden Raumschiffe ohne Bahnkorrektur mit Hilfe von Steuertriebwerken bis auf 6,5 km genähert hatten, wurde als Beweis für die Vollkommenheit der sowjetischen Raketentechnik hervorgehoben. Einige enthusiastische Zeitungsschreiber verstiegen sich dabei zu der Äußerung, dass mit etwas mehr Glück sogar das erste richtige Rendezvous der Weltraumfahrt hätte zustande kommen können. Viele Laien stellten sich schon vor, wie beide Raumschiffe dicht nebeneinander her flogen oder sogar aneinander anlegten.

Der Taschenrechner, einige Grundkenntnisse, die bekannt gegebenen Bahndaten und etwas Scharfsinn hätten ausgereicht zu zeigen, wie unhaltbar eine solche Vorstellung war.

Die Bahndaten von „Wostok 3“ und „Wostok 4“ waren sich recht ähnlich. Die großen Halbachsen der Ellipsen unterschieden sich nur um 0,65 km und die Bahnneigungen betragen 64,98° und 64,95°. Eine wichtige Voraussetzung für Rendezvousmanöver war jedoch nur schlecht erfüllt: Die Bahnen lagen nicht in derselben Ebene. Das hätte erreicht werden können, wenn „Wostok 4“ genau eine Erdumdrehung später als Wostok 3 gestartet worden wäre. Mit anderen Worten: Zwischen beiden Starts hätte genau ein **Sternentag** vergehen müssen. Da dieser um 3 min 57 s kürzer ist als der mittlere **Sonnentag**, hätte die Trägerrakete von Wostok 4 etwa um 9^h26^{min} abheben müssen. Aus diesem Blickwinkel gesehen, war der Start von „Wostok 4“ um 24 min zu früh erfolgt. Die Schnittpunkte beider Ellipsenbahnen mit dem Erdäquator liegen daher um einen Winkel $\beta \approx 6^\circ$ auseinander und die Bahnebenen schließen, wie sich mit der sphärischen Trigonometrie leicht zeigen lässt, bei der oben genannten Bahnneigung einen **Winkel** $\gamma \approx 5,5^\circ$ ein (siehe *Abbildung 1*).

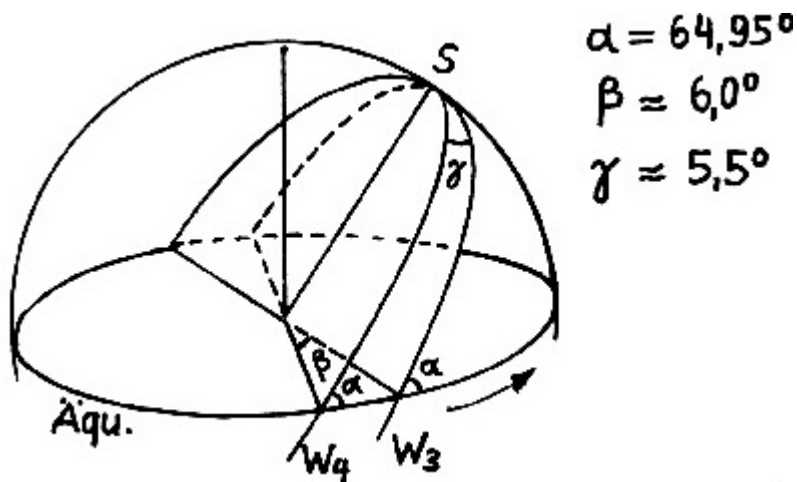


Abbildung1: Die Bahnebenen von „Wostok 3“ und „Wostok 4“ und der Winkel γ zwischen ihnen.

Die beiden Raumschiffe könnten im Punkt S zusammentreffen.

Ein derartiges Vorgehen wäre aber für ein Rendezvous in anderer Hinsicht abträglich gewesen. Da für einen Umlauf etwa 88 Minuten benötigt wurden, hätte „Wostok 3“ beim Start von „Wostok 4“ bereits 16,3 Erdumrundungen hinter sich. Da dies keine ganze Zahl ist, läuft das darauf hinaus, dass „Wostok 3“ bereits einen Vorsprung von fast einem Drittel des Bahnumfanges hat, wenn „Wostok 4“ in seine Bahn eintritt. Für ein Rendezvous hätte die Achse der Bahnellipse und damit die Umlaufzeit T so gewählt werden müssen, dass ein ganzzahliges Vielfaches von T die Tageslänge ergibt.

Aufgabe:

Die Bahndaten von „Wostok 3“ und „Wostok 4“ können in guter Näherung als gleich angesehen werden (Bahnneigung $\alpha = 64,95^\circ$, große Halbachsen gleich). Ein wesentlicher Unterschied besteht darin, dass die beiden Bahnebenen um $\gamma = 5,5^\circ$ gegeneinander geneigt sind.

Vorausgesetzt, die Phasenlage der Raumschiffe auf ihrer jeweiligen Bahn wäre so gewesen, dass es zu einem wirklichen Zusammentreffen der beiden Raumschiffe gekommen wäre: Mit welcher Geschwindigkeit wäre das eine Raumschiff auf das andere getroffen?

Lösung:

Ein Zusammentreffen wäre nur möglich im Schnittpunkt S der beiden Bahnellipsen (siehe *Abbildung 1!*) oder im diametral gegenüberliegenden Schnittpunkt. Wenn das eintreten würde, dann träfen zwei Körper aufeinander, deren Geschwindigkeitsvektoren einen Winkel von $5,5^\circ$ einschließen (*Abb. 2a*). Ihre Beträge dürfen im vorliegenden Falle mit $v = 7,8$ km/s angesetzt werden.

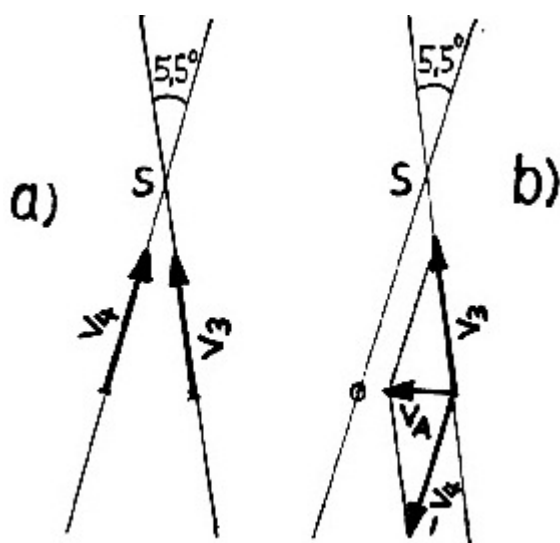


Abbildung 2: Die Geschwindigkeiten beider Raumschiffe im Falle des Zusammentreffens

- für einen Beobachter auf der Erde
- für Kosmonaut Popowitsch an Bord von „Wostok 4“

Wissenschaft in die Schulen!

Um die Situation besser verstehen zu können, nehmen wir einen Wechsel des Bezugssystems vor, d. h. wir versetzen uns in Gedanken in das eine Raumschiff, z. B. in „Wostok 4“, indem wir seine Geschwindigkeit \vec{v}_4 durch **Addition des Vektors** $-\vec{v}_4$ zu Null machen. Derselbe Vektor ist auch an den Vektor \vec{v}_3 anzufügen. Durch die Addition der beiden Vektoren erhalten wir den Vektor \vec{v}_A , der uns die Annäherungsgeschwindigkeit des rechten Raumschiffes an das linke beschreibt. Aus *Abb. 2b* folgt leicht

$$v_A = 2 \cdot v \cdot \sin \frac{\gamma}{2}$$

$$v_A = 2 \cdot 7,8 \cdot 0,048 \text{ km/s}$$

$$\underline{v_A = 0,749 \cdot \text{km/s}}$$

Dieses Ergebnis ist äußerst überraschend: Das eine Raumschiff nähert sich dem anderen mit mehr als der doppelten Schallgeschwindigkeit! Da die Wostok-Raumschiffe keine Steuertriebwerke zur Abbremsung oder Richtungsänderung besaßen, wäre ein wirkliches Zusammentreffen mit Berührung – entgegen den unrealistischen Hirngespinnsten mancher Zeitgenossen und mancher Parteigenossen – zu einer furchtbaren Katastrophe geworden.