

Dietrich Götz

**DIE ABSTANDS- UND
BEWEGUNGSÄNDERUNG VON
HIMMELSKÖRPERN ALS
RELATIVISTISCHER EFFEKT,
BERECHNET FÜR ERDE UND MOND
ERKLÄRUNG DER PLATTENTEKTONIK**

Engelsdorfer Verlag
Leipzig
2020

Bibliografische Information durch die Deutsche Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
https://dnb.de/DE/Home/home_node.html abrufbar.

ISBN 978-3-96145-905-6

Copyright (2020) Engelsdorfer Verlag Leipzig
Alle Rechte beim Autor

Titelbild © Johan Swanepoel [Adobe Stock]

Hergestellt in Leipzig, Germany (EU)
www.engelsdorfer-verlag.de

15,00 Euro (DE)

INHALT

1. Zusammenfassung	5
2. Summary	5
3. Einleitung	6
4. Gegenstand / Aufgabenstellung	6
5. Bewegungen im Erde-Mond-System und deren Änderung: offene Fragen	7
5. 1. Bewegungsveränderung von Erde und Mond: ein Erklärungsdefizit	7
5. 2. Plattentektonik: ein Erklärungsdefizit.....	7
5. 3. Gezeiten: eine Erklärung mit Widersprüchen.....	8
6. Erde und Mond als System	11
6. 1. Merkmale und Dynamik.....	11
6. 2. Das Hantelmodell als Berechnungsgrundlage	12
6. 3. Bewertung der Datenlage.....	13
6. 4. Gesicherte und zugrundegelegte Basisdaten.....	14
7. Dichte und Verdichtung in Himmelskörpern im Modell	17
8. Erde: Dichtegradient und Trägheitsradius	20
9. Erde: repräsentative Winkelgeschwindigkeit	21
10. Himmelskörper-Beziehungen: Charakteristik	22
11. Rotationsbremsung im anliegenden Gravitationsfeld	23
11. 1. Rotatorischer relativistischer Bremseneffekt	23
11. 2. Bremseneffekt: Berechnungsgrundlagen	25
11. 3. Bremseneffekt: Besonderheiten bei Himmelskörpern.....	26
11. 4. Bremseneffekt: Vertrauenswürdigkeit	27
12. Bremseneffekt: Auswirkungen auf Erde und Hantel	29
12. 1. Systematik.....	29
12. 2. Umlaufbahn–Auswirkung des Bremseneffektes.....	30
12. 3. Die Auslösung von Erdachsen-Bewegungen.....	34
12. 4. Die innere Verformung der Erde.....	35
13. Erde und Mond: Zustandsdaten im Überblick	38
13. 1. Kenngrößen des Winkel-, Perioden- und Masseverteilungseinflusses	38
13. 2. Masse, Kraft, Dichte, Geschwindigkeit, Impuls, Energie	39
13. 3. Daten der Bremseneffekt-Berechnung	40
13. 4. Daten der Präzessions-Berechnung.....	41

14. Erde und Hantel: Rotationsbremsung und Hanteldehnung.....	42
14. 1. Hantelausgleichszustand und Hantelfinalzustand	42
14. 2. Die Rotationsbremsung von Erde und Hantel.....	43
14. 3. Änderung des Erde-Mond-Abstandes (Hantellänge)	46
15. Die Veränderung der Taglänge	48
16. Polachse der Erde: Bewegungen und deren Ausmaß.....	50
16. 1. Beschreibung.....	50
16. 2. Berechnung und Ergebnisse.....	53
17. Periheldrehung als Bremseffekt-Folge.....	62
18. Gezeitenbeschreibung	67
18. 1. Voraussetzung und Merkmal	67
18. 2. Kräfte und Kraftzonen.....	67
18. 3. Körper und Bewegung:	69
18. 4. Verformung und Spannung	70
18. 5. Flutstöße und Gezeitenenergie	73
18. 6. Zustandsdaten, Energie, Wege:.....	74
18. 7. Die Schwankung der Gezeitenstärke.....	77
18. 8. Gezeitengeschehen: Fazit.....	78
19. Die Verformung der Erdoberfläche durch den Bremseffekt	79
20. Plattentektonik durch Ursachenüberlagerung	82
21. Himmelskörper: die Nahverteilung ihres Gravitationsfeldes.....	87
21. 1. Raumzuordnung und Kräfteverteilung	87
21. 2. Die Feldanisotropie auf der Erdoberfläche	90
21. 3. Konsequenzen.....	91
22. Gesteins-Himmelskörper: Verdichtung und Normdichte.....	92
22. 1. Berechnungsgrundlagen.....	92
22. 2. Mittlere Verdichtung der Gesteinsplaneten.....	93
22. 3. Normdichte und Metallanteil der Gesteinsplaneten.....	93
23. Bilanzierung: Überblick	95
24. Literaturverzeichnis.....	97

1. ZUSAMMENFASSUNG

Es wird zunächst auf Widersprüche bei der etablierten Erklärung von Bewegungsänderungen der Erde und von Bewegungen ihrer Oberfläche hingewiesen. Als Konsequenz werden die stetigen Vorgänge der Rotationsverringerung der Erde, ihrer Abstandsvergrößerung zum Mond, ihrer internen Schalenverschiebung und ihrer Präzession neu gedeutet und auf einen gemeinsamen relativistischen Effekt zurückgeführt. Für diese Vorgänge wird ein kausaler Zusammenhang aufgezeigt und ihr Ausmaß berechnet. Berechnungs-Voraussetzung ist die Neubestimmung kinetischer Erddaten wie Massenträgheitsmoment, repräsentative Winkelgeschwindigkeit, Drehimpuls und Rotationsenergie. Außerdem wird das Modell einer nichtstarreren Zwei-Körper-Feldkraftthantel auf die abgeschlossene und gut ausgemessene Bewegungsgemeinschaft von Erde und Mond angewandt. Mit dem vorgestellten Effekt lassen sich Merkmale präzessiver Erdachsen-Bewegungen wie das Platonische Jahr, die Nutationsauslenkung und die Chandlersche Periode begründen. Unabhängig davon wird die Gravitationsfeld-Nahverteilung an Himmelskörpern betrachtet und werden geographisch-astronomische Gegebenheiten damit erklärt. Weiterhin werden Überlegungen zur Druckverdichtung der Gesteinsplaneten angestellt. Möglicherweise ist die Erwartung an die stoffliche Zusammensetzung dieser Himmelskörper zu korrigieren. Eine eigene Betrachtung ist den Ozeangezeiten und der Plattentektonik auf der Erdoberfläche gewidmet, wofür ein geeignetes Modell vorgestellt wird. Die druckgeformten Ozeane werden in ihrem kinetischen Verhalten elastischen Festkörpern gleichgestellt, die durch äußere Kräfte temporär Spannung aufnehmen und diese periodisch auf stoßende Weise als Verformungsarbeit auf die Lithosphäre übertragen. Reibung, Strömung und Hub sollen keine Bedeutung beim Gezeitengeschehen erlangen können. Plattentektonik wird als gemeinsame Folge von Gezeitenkräften und dem erwähnten relativistischen Effekt unter der Einwirkung äußerer Gravitationskräfte auf die Erdoberfläche beschrieben. Driftwege werden berechnet. Alle Berechnungen zeigen eine deutliche bis große Übereinstimmung mit vorliegenden Messwerten.

2. SUMMARY

It is first pointed to contradictions in the established explanation of changes in the earth's movement and movements of their surface. As a consequence, the steady processes of rotation reduction of the earth, its increase in distance to the moon, its internal shift and its precession are reinterpreted and reduced to a common relativistic effect. For these processes, a causal relationship is shown and their extend calculated. Exposure is the redefinition of kinetic data of the earth such as mass moment of inertia, representative angular velocity, angular momentum and rotational energy. In addition, the model of a non-rigid two-body-fieldforce dumbbell is applied to the closed and well-measured movement community of earth and moon. Derived from this effect, features of precise earth-axis movements such as the Platonic year, nutation excursion and Chandlers period can be established. Irrespective of this, the gravitational field near distribution on celestial bodies is considered and geographic-astronomical conditions are explained with it. Furthermore, considerations are being made about the compression of the solid planets. It may be necessary to correct the expectation of the material composition of these celestial bodies. A separate consideration is devoted to ocean tides and plate tectonics on the surface of the earth, for which a suitable model is presented. The pressure-formed oceans are equated in their kinetic behavior with elastic solids, which temporarily absorb tension through external forces and periodically transmit them to the lithosphere in a shocking manner as work of deformation. Friction, current and stroke are not considered important in tidal events. Plate tectonics is described as a common consequence of tidal forces and the mentioned relativistic effect under the influence of external gravitational forces on the earth's surface. Drift routes are calculated. All calculations show a clear to large agreement with existing measured values.

3. EINLEITUNG

Die Phänomene der Drehimpuls-Minderung der Erde, der Vergrößerung des Erde-Mond-Abstandes und der Tektonik kontinentaler Platten sind seit Jahrzehnten bestätigt. Der Nachweis der Dynamik der gegliederten Landmasse gehört zu den großen geographischen Entdeckungen des 20. Jahrhunderts. Die in der Literatur angeführten Begründungen für die Plattentektonik und die Erddrallminderung sind seit geraumer Zeit nahezu unverändert. Dennoch müssen sie als physikalisch widersprüchlich und unbefriedigend eingeschätzt werden. Zur ebenfalls stetigen Erde-Mond-Entfernungsbewegung konnte bis jetzt überhaupt keine annähernd plausible Erklärung angegeben werden. Neben der Plattentektonik stellen die Gezeiten der Ozeane die zweite große kinetische Zustandsvariable auf der Erdoberfläche dar. Sie sind eine so alltägliche Naturerfahrung, das die Frage nach ihrer physikalischen Beschreibung kaum noch gestellt wird. Es gibt gute Gründe, das für ungerechtfertigt zu halten. Es stellt sich die Aufgabe, die genannten Effekte auf ihre Kausalität und ihre Verknüpfung zu prüfen und am mathematischen Modell zu beschreiben.

Dem nachfolgenden Text seien redaktionelle Hinweise vorangestellt: Die zugrundeliegenden geographisch-astronomischen Gegebenheiten werden als bekannt vorausgesetzt. Deswegen wird im Text bewusst und durchgängig auf Quellenangaben verzichtet. Wo Berechnungen vorgenommen werden, wird zugunsten der Lesbarkeit des Textes deren Darstellung knapp gehalten. Angeführt werden dann die Ausgangsdaten, der grundsätzliche Berechnungszugang und die Ergebnisdaten. Dem Autor ist bewusst, dass die angesprochenen Vorgänge für sich autonom erscheinen. Sie werden aber gerade deswegen in gemeinsamer Darstellung abgehandelt, weil sich schnell zeigt, dass evidente Ursachenzusammenhänge bestehen. Am augenfälligsten wird das bei der Erklärung der Verformung und Verschiebung der Erdoberfläche.

4. GEGENSTAND / AUFGABENSTELLUNG

Wir stellen uns fünf Aufgaben: (1) die Ableitung der kinetischen Veränderungen im Erde-Mond-System als Folge des äußeren Einflusses der Sonnengravitation, (2) die genauere Beschreibung der Ozeangezeiten auf der Erde, (3) eine belastbare Begründung für die Plattentektonik im obersten Erdmantel, (4) die formale Prüfung der Verteilung des Gravitationsfeldes eines abgeplatteten Himmelskörpers auf Abweichung vom Gravitationsgesetz im Körperinneren und auf Anisotropie in seiner Oberflächenumgebung und (5) die Bewertung des Einflusses gravitativer Verdichtung bei Gesteinsplaneten auf deren mittlere Dichte und auf die Erwartung der stofflichen Zusammensetzung. Der Schwerpunkt liegt auf der Aufgabe (1). Sowohl für das Erde-Mond-System als auch für die Gezeiten- und Tektonikbeschreibung wird ein geeignetes kinetisches Modell entwickelt. Auf dessen Grundlage sollen die stattfindenden Veränderungen erklärt, mathematisch beschrieben und damit quantifiziert werden. Das betrifft insbesondere Kräfte, Energiebeträge und Winkelgeschwindigkeiten. Als Konsequenz werden Bewegungsausmaße und Periodenveränderungen berechnet. Es sollen ausgewählten astronomisch-geographischen Vorgängen, für die gesicherte empirische Daten vorliegen, Berechnungswerte zugeordnet werden, so etwa für die Veränderung der Erde-Mond-Entfernung, der Erdrotation und darüberhinaus für die Kontinentalverschiebung, die Nutation der Erdachse und die Dauer eines Platonischen Jahres. Die grundlegende Modellannahme ist dabei, dass die angesprochenen Bewegungs-, Distanz- und Periodenveränderungen auf einem relativistischen Masseffekt beruhen, der an eine Rotationsbewegung gekoppelt ist. Den Ozeangezeiten wird deswegen Aufmerksamkeit entgegengebracht, weil sich aus ihnen ein maßgeblicher Einfluss auf die Plattentektonik ableiten lässt. Da in der gesamten Erörterung ein Gravitationseffekt eine zentrale Stelle einnimmt, werden noch ergänzende Betrachtungen zum Gravitationsnahfeld elliptischer Himmelskörper angestellt und auf Konsequenzen hingewiesen. Es liegt in der Natur der Modellspezifik, dass gelegentlich neue Begriffe einzuführen sein werden.

5. BEWEGUNGEN IM ERDE-MOND-SYSTEM UND DEREN ÄNDERUNG: OFFENE FRAGEN

5.1. Bewegungsveränderung von Erde und Mond: ein Erklärungsdefizit

Die stetige Rotationsverlangsamung der Erde, die stetige Abstandsvergrößerung zwischen Erde und Mond und die synchrone Umlauf-Verlangsamung beider Himmelskörper sind durch Messungen gesichert. Für diese Veränderungen wird ein innerer Zusammenhang vorausgesetzt und dafür auf den Drehimpuls-Erhaltungssatz verwiesen. Aus diesem ergibt sich zwar ein Bilanzpostulat, aber keine Ursachenbeschreibung. Für die Änderung der Bahnbewegung liegt bis heute keine Erklärung vor. Der kontinuierliche 360°-Positionswechsel gegen alle denkbaren äußeren Kraftquellen während eines Bahnumlaufs schließt jedwede „klassische“ Deutung aus. Eine solche Erklärung setzte Zugkräfte voraus, die stets nur einseitig auf Erde und Mond einwirken. Diese gibt es nicht. Im klassischen Verständnis können äußere Kräfte astronomische Systeme periodisch verformen, aber niemals durch Zug permanent dehnen. Ebenso wenig kann unter diesen Bedingungen die Körperform irgendeine Bedeutung für eine Präzessionsbewegung erlangen. Bahnradius- und Bahngeschwindigkeitsänderungen von Erde und Mond können grundsätzlich nur über „nichtklassische“ Effekte erklärt werden, die so aber bisher nicht beschrieben wurden.

Für die rotatorische Bremsung der Erde wird hingegen gemeinhin die Gezeitenreibung der Ozeane gegen die feste Erde verantwortlich gemacht. Die Erklärung über den Gezeiteinfluss ist jedoch physikalisch unzulässig. Dagegen sprechen drei Argumente: (1) die fehlende Reibung, (2) die geographische Ortsbeständigkeit der Ozeane und vor allem (3) die Impulsauswirkung von Energiewandlung im geschlossenen System. Festzustellen ist:

Zu (1): Träger der Gezeitenwirkung sind die Ozeane als tiefe und ruhende Gewässer. Die gesamte Wassermenge lagert auf ihrerseits gleitfähigen Wasserschichten. Für jede langsame Gesamtbewegung ozeanischer Wasserkörper ist von Reibungsfreiheit auszugehen.

Zu (2): Kinetische Beeinflussung setzt gegengerichtete Bewegung von Körpern voraus. Eine stetige Bremsung der Erdrotation etwa durch Reibung bedürfte notwendigerweise einer durch äußere Kräfte ausgelösten und überall nur einseitig gegen die Erdrotation gerichteten Beschleunigung der Ozeane mit der Folge einer Ozeanwanderung über die Erdoberfläche. Das geschieht nicht. Mangels Fließfreiheit findet für die Ozeane keine Ortsveränderung statt, schon gar keine reibungsbehaftete.

Zu (3): Reibung bei ortsverharrender Pendelverformung der Ozeane infolge äußerer Wechselkräfte könnte – selbst wenn es sie gäbe – niemals der Erde Rotationsenergie entziehen und ihren Drall mindern. Reibung ist eine Form der Übertragung kinetischer Energie, die Ozeane und feste Erde gegengerichtet (beschleunigend/bremsend) und betragsgleich beeinflussen würde und ohne Auswirkung auf die Impulsbilanz im abgeschlossenen System „Gesamterde“ bliebe. Gegenbewegungen in einem System heben sich impulsbezogen stets auf. Damit ist auch die rotatorische Bremsung der Erde „klassisch“ nicht erklärbar.

5.2. Plattentektonik: ein Erklärungsdefizit

Nach gängiger Vorstellung wird die Plattentektonik durch submaritime oder kontinentale Spaltenbildung und den Druck aufquellenden Magmas verursacht. Dem wiederum sollen nicht näher beschriebene sog. magmatische Konvektionsströme im Erdmantel zugrundeliegen. Diese Vorstellungen sind spekulativ, solange belastbare Beobachtungsdaten über diese Ströme und ihre Energie fehlen. Selbst dann aber bliebe unerklärlich, wieso die daraus hervorgehende Bewegung gerichtet und nicht chaotisch sein soll, wieso aus ihnen lange Risslinien und nicht lediglich lokale Aufsprengungen hervorgehen sollen und wieso aus vertikaler Druckentlastung überhaupt horizontale Bewegungen auf der Erdoberfläche entstehen können. Reine Konvektionen wären Vorgänge, die

vulkanischen Aufschmelzungen vergleichbar sind. Sie blieben jeweils lokale geologische Ereignisse ohne horizontale Dynamik. Aufquellendes Magma entspannt sich und kann deswegen kaum hydraulischen Druck entfalten. All das erklärt weder die Ausdehnung, noch die Kontinuität, noch die auffällig meridianparallele Ausrichtung tektonischer Spalten, noch die Dominanz einer Westwärtsdrift der Platten. Völlig unrealistisch sind Vorstellungen von einer Plattenbewegung durch Hangabtriebskräfte, für die das Gefälle fehlt. Tektonische Spalten können keine Ursache, sondern nur – gleichsam als lithosphärische Narben – die Folge einer Plattenbewegung sein. Platten als träge auf dem Erdmantel gleitende Großschollen sind nur durch horizontal ansetzende starke Kräfte zur Drift zu bringen. Diese Kräfte müssen eine Richtungsdominanz und geographische Unterschiede aufweisen. Dafür fehlt bisher jegliche Beschreibung. Zudem bleibt im Rahmen gängiger Erklärungsansätze die Frage unbeantwortet, warum der Mars als Planet mit großer Erdähnlichkeit und erkennbarer magmatischer Dynamik offenbar keinerlei Plattentektonik aufweist. Auch das spricht für ganz andere Ursachen.

5. 3. Gezeiten: eine Erklärung mit Widersprüchen

Die verbreiteten Aussagen zur Gezeitenentstehung können so zusammengefasst werden: Sowohl die Gravitationskraft des Mondes (und nachgeordnet der Sonne) als auch die Bahnbewegung der Erde um ihren mit dem Mond gemeinsamen Schwerpunkt verursachen die maßgeblichen Kräfte, die mondzugewandt und mondabgewandt in vergleichbarer Weise senkrecht auf die Erde und deren Oberfläche wirken. Es sind antagonistische Zug- und Fliehkräfte, die sich auf Ozeane und feste Erde aufgrund deren unterschiedlicher Beschaffenheit und Mondnähe unterschiedlich auswirken. Aus der Summe geographisch einheitlicher Bahnzentrifugalkräfte und stark ortsabhängiger äußerer Gravitationskräfte ergeben sich lokale Resultanten, die auf beiden mondbezogenen Erdhälften entgegengesetzte, aber betragsgleiche Wirkungen hervorrufen. Ozeane werden demzufolge periodisch angehoben, um nachfolgend wieder auf die Ausgangshöhe zurückzufallen. Es ergäbe sich mit der Erdrotation eine umlaufende Gezeitenflutwelle, die hohe Reibungskräfte gegen die feste Erde freisetzt. Die Gezeiten bewirkten periodisch sowohl eine Verformung der plastischen festen Erde als auch einen Hub der Ozeane, aus welchem sich der typische Ebbe-Flut-Wechsel an den Küsten ergibt. Die Sonne verstärkte die Gezeitenwirkung des Mondes. In jüngerer Zeit wird horizontalen Kraftkomponenten eine stärkere Bedeutung für des Gezeitengeschehen beigemessen.

Festzuhalten ist: Mondgravitationskräfte nehmen Einfluss auf das Gezeitengeschehen der Ozeane, weil sich für sie auf der Erdoberfläche Betragsunterschiede zwischen den Erdmeridianen als Folge periodisch wechselnder Meridianentfernung von der Kraftquelle ergeben. Diese Unterschiede ergeben sich nur, weil das Streckenverhältnis Erdradius: Mondabstand deutlich größer Null ist, die Kraftquelle also im astronomischen Nahbereich liegt. Die Sonne nimmt trotz weit größerer Entfernung und entsprechend kleinerer relativer Abstandsschwankung aller Erdorte ihr gegenüber nur aus einem Grund noch Einfluss: sie ist noch nicht weit genug entfernt, um nicht teilweise die Verkleinerung der Kraftamplitude durch die größere Kraftstärke ausgleichen zu können. Bei ferneren Kraftquellen trifft das nicht zu. Sie sind gezeitenirrelevant. Auszuschließen ist für die Gezeiten: (1) eine durch sie verursachte Einflussnahme auf die Erdrotation, (2) eine von ihnen ausgehende Reibung als Ursache für eine Verformung der Erdoberfläche, (3) ein Ozeangesamthub als Ursache von Ebbe und Flut, (4) eine nennenswerte Ozeanbewegung, (5) ein Einfluss der Sonne auf die mittlere Gezeitenstärke und (6) das ganz vorrangige Zurückführen periodischer Gezeitenstärkeschwankungen auf die formale Addition von Mond- und Sonnenkräften.

Zu (1): Unter der Gegebenheit des vollständigen periodischen Bilanzausgleichs aller äußeren Kräfte heben sich alle denkbaren Gezeiteneinwirkungen auf die Erdrotation gegenseitig auf. Eine Bremsung der Erdrotation durch die Gezeiten ist physikalisch nicht möglich.

Zu (2): Auf das Nichtstattfinden global relevanter Gezeitenreibung wurde hingewiesen. Ozeane sind ruhende Körper. Lokale Küsten-Spüleffekte betreffen vergleichsweise winzige Massenanteile, sie sind schwächer als entsprechende wetterbedingte Vorgänge und insgesamt von marginalem Einfluss. Ungeachtet ihrer weitgehenden Ruhe werden die Ozeane dennoch durch die Gezeitenkräfte beeinflusst. Diese Kräfte besitzen aufgrund der gewaltigen Ozeanmasse ein erhebliches kinetisches Potenzial. Infolgedessen muss von ihnen ein Einfluss auf die Erdoberfläche und das Gefüge der Landmasse ausgehen. Dieser Einfluss ist freilich nicht reibungsgeprägt.

Zu (3): Entgegen gelegentlich beeindruckender Darstellung erzeugen die verantwortlichen Kräfte in keinem Fall irgendeinen nennenswerten „Flutberg“. Sie erzeugen eine geringe gemeinsame Verformung von Erde und Ozean, die aber ungeachtet starker lokaler Unterschiede nie den niedrigen Zentimeterbereich überschreitet. Ein senkrechter separater Hub ist für einen Ozean lediglich im Millimeterbereich möglich! Jedem Hub steht die übergroße Eigengravitation der Erde entgegen. Da sich mangels Hub kein strömungserklärendes Gefälle ergibt, können Küstengezeiten auch nicht durch Hub entstehen. Außerdem könnte ein hypothetischer küstenbezogener Hub vielleicht eine Flut, sein lokales Wegfallen aber niemals eine Ebbe, sondern nur Neutralwasser erklären. Der Vorstellung eines zentralen Hubs ist entgegenzuhalten, dass sich jeder solche Hub stets bilateral-symmetrisch auswirken würde und keinesfalls zu den für jeden Ozean und jeden Zeitpunkt so gezeitentypischen Gegenküsten-Unterschieden führen würde.

Zu (4): Es gibt eine gezeitenkorrelierte horizontale Bewegung der Ozeanschwerpunkte. Sie ist aber sehr gering und äußerst langsam. Sie beträgt schon deswegen nur maximal wenige Millimeter, weil die Ozeane einerseits zwischen Landmassen gefangen und andererseits durch den Anpressdruck der Erdgravitation kaum verformbar sind. Entgegen Vermutungen, die sich aus Beobachtungen an Küsten und flachen Randmeeren ergeben, bringen die Ozeangezeiten weder ein umfassendes Strömungsgeschehen noch eine nennenswerte Massenverschiebung hervor. Außerhalb unmittelbarer Küstenabschnitte gibt es mangels Gefälle auch keinerlei aus dem Wassergewicht herrührende Rückflusseffekte nach einer Flut. Alle Gezeitenbewegungen erfolgen durch die Richtungsumkehr äußerer Kräfte.

Zu (5): Parallel auf der Erdoberfläche ansetzende Kräfte addieren sich. Bei synergistischer Überlagerung erhöht sich die Kräftesumme, bei antagonistischer Überlagerung verringert sie sich. Im Verlaufe jedes Halbmonats ändert sich der Anstellwinkel zwischen den ansetzenden lunaren und solaren Kräften um 180 Grad, ein Geschehen, in dessen Verlauf sich summarisch alle Kräfteadditionen und -subtraktionen gerade ausgleichen. Phasen des gegenseitigen Senkrechtstandes solarer und lunarer Kräfte berühren diese Bilanz nicht. Die mittlere Gezeitenstärke ist damit unter dem Einfluss der Sonne in keiner Weise größer, als ohne ihn. Die Sonne nimmt lediglich Einfluss auf deren Schwankungsbreite.

Zu (6): Während sich Gezeiten immer dann ergeben, wenn sich die Frequenz/ Periodendauer von Rotations- und Bahnumlaufbewegung unterscheidet, entsteht ihre Stärkevarianz durch Schwankungen ortsbezogener Kräfteresultanten. Resultanten verändern sich durch zwei Kriterien: **(a)** die wechselnde Überlagerung der beteiligten Kräfte und **(b)** deren wechselnde Stärke. Die beteiligten Kräfte sind dabei herkunftsvielfach und artvielfach. Herkunftsmäßig beziehen sie sich erstrangig auf den Mond und zweitrangig auf die Sonne. Ihrer Art nach sind diese Kräfte sowohl äußere Gravitations- als auch Bahnzentrifugalkräfte, wobei beide Kraftarten desselben Quellenbezuges stets den gleichen Betrag bei antagonistischer Richtung aufweisen.

Das **Kriterium (a)**, nämlich die Überlagerung der Kräfte, hängt von der monatlich schwankenden Sonne-Mond-Konstellation ab. Je nach Richtungsbezug ergibt sich in etwa zweiwöchigem Wechsel eine Addition oder Subtraktion und zwar gleichermaßen der Gravitations- wie der Zentrifugalkräfte. Das **Kriterium (b)**, nämlich die Kraftstärke, ist abhängig von zwei Be-

dingungen: der variablen Entfernung des Mondes und dem variablen Kraftwinkel gegen die Erdrotation. Die Mondentfernung wechselt monatlich. Winkelschwankungen folgen der umlaufabhängigen Position der Erdachse gegen die jeweilige Kraftquellenverbindende. Winkelperioden entsprechen jeweils einem Halbumlauf (Halbmonat, Halbjahr). Die Erklärung muss somit mindestens vier Einflussgrößen berücksichtigen (Sonne-Mond-Konstellation, Mondabstand, mondbezogene und sonnenbezogene Erdachsenneigung), aus denen sich vier Grundperioden ergeben (synodischer Halbmonat, siderischer Monat sowie Halbmonat und Halbjahr).

Es gibt bis heute keine widerspruchsfreie Beschreibung der Gezeiten samt ihrer Auswirkung auf die Erde. Hydrogeologische Beobachtung und physikalische Bewertung werden zu unscharf getrennt. Gesamt-Energieübertragungen auf ozeanische Wasserkörper sind abzugrenzen von lokalen oberflächlichen Brandungserscheinungen an pultförmigen Küsten. Zu unterscheiden ist zwischen der *physikalischen Gezeitenwirkung* auf die Erdoberfläche und dem *Küsten-Gezeiten-Effekt* fließenden Wassers, welcher gelegentlich mit den Gezeiten gleichgesetzt wird, aber global folgenlos ist.

6. ERDE UND MOND ALS SYSTEM

6.1. Merkmale und Dynamik

Die hohe Stabilität und relative Autonomie der Erde-Mond-Beziehung rechtfertigen es, ungeachtet aller übergeordneten astronomischen Einbindungen von einem eigenen System zu sprechen. Astronomisch ist dieses durch seine Bahnparameter gekennzeichnet, physikalisch u.a. durch seine Masse und seine Drehimpulssumme. Ausdehnung und kinetische Merkmale des Systems unterliegen beobachteten und gemessenen typischen Veränderungen, nämlich (1) einer deutlichen periodischer Schwankung und (2) einer schwachen stetigen Veränderung. Je Merkmal und Zeitraum übertrifft das Ausmaß der periodischen Schwankungen dasjenige der stetigen Veränderung um etwa elf Zehnerpotenzen. Für das System sind Binnen- und Außenbeziehung zu unterscheiden. Erstere ist die Wechselbeziehung zwischen Erde und Mond, letztere diejenige beider Körper – einzeln wie als Bewegungsgemeinschaft – zur Sonne. Galaktische und planetare Einflüsse sind um einige Zehnerpotenzen kleiner und bedeutungsarm. Alle Beziehungen sind stabil, weil sich die Summe der Systemkräfte zeitraumbezogen nur sehr schwach ändert. Die Systemkräfte sind Gravitations- und Trägheitskräfte, also masseassoziierte Kräfte. Nur wenn sich diese Kräfte verändern, verändert sich das System.

Im Rahmen ihrer Außenbeziehung vollziehen Erde und Mond den gebundenen Umlauf um die Sonne epizyklisch, während sich der gemeinsame Schwerpunkt auf weitgehend glatter Bahn um die Sonne bewegt. Innerhalb des Systems stellt sich die Erde infolge ihres Schichtenaufbaus, ihrer Oberflächenbesonderheit und Gezeitenfähigkeit als eigenes *terrestrisches Untersystem* dar. Es ist zweckmäßig, systemintern und systemextern hervorgerufene Veränderungen getrennt zu betrachten und dann gemeinsam zu bilanzieren. Es ist weiterhin zweckmäßig, die bedeutsamen Ozeangezeiten als terrestrisches Sonderphänomen in einem eigenen Modell zu beschreiben.

(1) Periodische Schwankungen: Sie betreffen zum einen die Erde als Körper und zum anderen das Erde-Mond-System als Körperverbund. Die Schwankungen, die unter äußerem Einfluss die Körperform betreffen, sind Gezeiten. Zwei Gezeiten sind zu unterscheiden: die auf die feste Erde bezogenen *Festkörpergezeiten* und die auf den flüssigen Teil der Erdoberfläche bezogenen *Ozeangezeiten*. Beide beruhen auf denselben Kräften, folgen demselben Rhythmus, sind aber hinsichtlich Verformungsart und -auswirkung verschieden. Die Festkörper- und Ozeangezeiten der Erde rufen reine Form- und Kraftschwankungen hervor. Die Schwankungen, die das Erde-Mond-System erfährt, sind Abstands-, Rotations- und Ebenenschwankungen.

(2) Stetige Veränderungen: Auch sie betreffen sowohl die Erde als auch das Erde-Mond-System. Sie erstrecken sich auf die Verformung der Erdoberfläche und den kinetischen Zustand von Erde und Erde-Mond-Verbund. Dazu gehört die stetige Änderung von Geschwindigkeiten, Impulsen und des Körperabstandes. Von den Impulsen wird derjenige der Erde verringert und derjenige des Verbundes erhöht. Es erfolgt ein Drehimpulstransfer auf die nächsthöhere Systemebene. Zu den stetigen Veränderungen gehören die Zunahme der Erde-Mond-Entfernung und die Rotationsbremsung der Erde mit der Konsequenz der Verlängerung eines Tages. Ein interner Spätzustand des Erde-Mond-Systems ist der *Ausgleichszustand*. In diesem ist der interne Impulstransfer abgeschlossen. Dann sind alle Perioden identisch und die Hantel befindet sich mit ihren Körpern in gebundener Rotation.

Das terrestrische Untersystem wird durch die feste Erde und das auf ihrer Oberfläche zwischen Landmassen lagernde flüssige Wasser gebildet, letzteres ganz vorrangig repräsentiert durch die Ozeane. Als Merkmale können gelten: das Vorliegen einer starken Parallelkomponente der äußeren Gravitationskräfte zur Rotationsebene der Erde, die relative Starrheit der festen Erde als Kugelkörper und das weitgehende Eingebundensein der Wassermassen zwischen quer zur Kraft-

richtung stehenden Bewegungsbarrieren. Innerhalb der festen Erde wechseln in radialer Richtung schalenförmige Zonen relativer Starrheit mit duktileren Gleitzonen und die Plastizität nimmt kernwärts stark zu. Der oberste Erdmantel mit der Erdkruste ist als träger Großschollenverbund gegliedert. Verschiebungen im Erdkörper sowie die Ozeangezeiten und die Plattentektonik auf der Erdoberfläche sind die bestimmenden lithosphärisch-geographischen Vorgänge.

6. 2. Das Hantelmodell als Berechnungsgrundlage

Erde und Mond können in ihrer exklusiven kinetischen Beziehung als hinreichend autonome Doppelplaneten-Gemeinschaft betrachtet werden. Beide Himmelskörper vollziehen im astronomischen Raum vor allem drei Bewegungen:

1. eine für beide identische äußere Bahnbewegung um das Zentralgestirn, bei der sie in Bewegungsgemeinschaft auftreten, 2. ihre voneinander und von allen Bahnumläufen losgelösten Eigenrotationen und 3. ihre ausschließlich aufeinander bezogenen Bahnbewegungen, bei denen sie in synchroner Weise auf jeweils eigener Bahn den gemeinsamen Schwerpunkt umlaufen. Diese Bahnen sind für Erde und Mond formidentisch, aber radiusverschieden. Gegen deren Zentrifugalkräfte werden beide Körper ausschließlich durch die wechselseitige Gravitationskraft innerhalb eines Abstandskorridors stabil im Verbund gehalten. Periodische Abstandsschwankungen sind Ausdruck der Bahnelliptizität. Ihre gemeinsame Bewegung im Raum ist diejenige einer rotierenden asymmetrischen bipolaren nichtstarrten oszillierenden Hantel, die wir als *Feldkrafthantel* bezeichnen wollen. Die Körperverbindungsline ist die Hantelachse, die Körper bilden die ungleichen Hantelpole. Die stark exzentrisch gelegene Hanteldrehachse unterteilt den Hanteldurchmesser in die beiden ungleichen Bahnradien. Der Durchmesser der Hantel ist kleiner als derjenige ihrer Rotationsfigur. Das Modell der Feldkrafthantel lässt sich auf alle stabilen astronomischen Zwei-Körper-Beziehungen anwenden.

Vollziehen Körper oder Körpersysteme mehr als nur eine geradlinige Bewegung, ist für ihr kinetisches Verhalten zwischen ihrem Schwerpunkt und exzentrischen Orten zu trennen. Schwerpunkte können nur eine translatorische äußere Bewegung vollziehen (astronomisch: Bahnbewegung), exzentrische Orte innerhalb der Körper- und Systemgrenzen eine zusätzliche innere Bewegung (Rotation, Präzession). Diese Unterscheidung trifft auch auf das Erde-Mond-System zu. Zur Beschreibung der Ortsbeziehungen von Erde und Mond im astronomischen Raum genügt deren Reduktion auf Punktmassen. Die zugehörigen physikalischen Kenngrößen sind der Abstand, die Masse und die Bahngeschwindigkeit. Die Punktmassen-Feldkrafthantel sei als *astronomische Hantel* bezeichnet. Für das Verhalten der Körper im äußeren Kraftfeld sind zusätzlich deren Massenträgheitsmoment und Winkelgeschwindigkeit bedeutsam. Das erweiterte Modell, das den Bezug zwischen äußerer und innerer Bewegung erfasst, sei als physikalische *Systemhantel* bezeichnet. Für die inneren (terrestrischen) Bewegungen kann dem Hantelsystem ein eigener, an der Hantelachse ausgerichteter *Systemraum* zugeordnet werden. Gesamtenergie und Drehimpulssumme des Systems ergeben sich weitestgehend aus den jeweiligen Betragssummen von astronomischer Hantel und Erde. Die Mondrotation ist hier vernachlässigbar. Binnen- und Außeneinflüsse verändern das System gleichartig und irreversibel. Die vorgegebene Bahnelliptizität und die Schwankung von Außeneinflüssen führen zu den periodischen Systemänderungen.

Aufgrund der Nichtstarrheit der Hantel werden die Körper auf ihrer Bahn nicht in eine konstante Ausrichtung zur Hantelachse gezwungen, sondern vollziehen den Umlauf unter Parallelverschiebung aller Körperachsen als Revolutionsbewegung. Infolge der Gleichsinnigkeit von Rotations- und Bahnbewegung drehen sich während jeder Hantelumdrehung beide Hantelkörper revolutionsbedingt genau einmal gegen die Hantelachse rückwärts. Wir bezeichnen diesen Effekt als *Kontrarotation*. Bei Gegensinnigkeit der Bewegungen würde sich eine entsprechende *Prorotation* ergeben. Die monatliche Kontrarotation der Erde gegen die Hantel begründet den Unterschied zwischen Sonntag und Montag, die jährliche Kontrarotation der Erde-Mond-Hantel gegen die

Sonne den Unterschied zwischen synodischem und siderischem Monat. Ausmaß und Auswirkung von Kontra- und Prorotation hängen vom Periodenverhältnis ab und lassen sich über einen *Revolutionsfaktor* $f\text{-rev}$ beschreiben, in den das Verhältnis aus Bahnwinkelgeschwindigkeit $\omega\text{-orbit}$ und Rotationswinkelgeschwindigkeit $\omega\text{-rot}$ eingeht. Bei Kontrarotation gilt:

$$f\text{-rev} = 1 - (\omega\text{-orbit} : \omega\text{-rot}).$$

Das Geschehen der Kontrarotation ist von Bedeutung für die Systembeschreibung.

Eine Feldkrafthantel, bei der sich beide Körper gleichsinnig synchron mit der Hantel drehen (die Kontrarotation gleich Null ist) – im astronomischen Verständnis also sog. gebundene Rotationen vorliegen – verhält sich kinetisch exakt wie eine starre Hantel. Sie sei als *quasistarre Feldkrafthantel* bezeichnet. Während eines siderischen Monats führt die Erdoberfläche derzeit 27,322 mal so viele Umdrehungen wie die Hantel aus, überholt diese aber nur 26,322 mal ($27,322 \cdot f\text{-rev}/e\text{-d}$), da sie noch ihre Kontrarotation ausgleichen muss. Ein Faktor $N = (1 - f\text{-rev})$ würde den Anteil ergeben, mit dem die Feldkrafthantel Eigenschaftsanteile der starren Hantel aufwiese. Die Merkmalsverknüpfung der Körperbahnen in einem Himmelskörpersystem, für welches vereinfachend ein Zentralkörper als Gravitationszentrum und Drehachsenort postuliert wird, lässt sich nach dem 3. Keplerschen Gesetz berechnen. Für Feldkrafthanteln, bei denen der gemeinsame Schwerpunkt zwischen den Körperschwerpunkten liegt (wie dem Erde-Mond-System), gilt dieses Gesetz unter Berücksichtigung des Bahnradius-Halbdurchmesser-Unterschiedes in erweiterter Form.

6. 3. Bewertung der Datenlage

Die Berechnung der kinetischen Veränderungen im System bedarf verlässlicher Daten, die den Zustand der betrachteten Himmelskörper (Objektdatei), ihre Bewegung (Bewegungsdatei) und ihre Beziehung untereinander (Bezugsdatei) beschreiben. Wir trennen dabei zwischen Basisdatei und abgeleiteten Daten. Letztere sind Energie-, Impuls- und Kraftbeträge, außerdem alle Veränderungsdatei sowie geographische und Gezeitendatei. Entgegen einer naheliegenden Vermutung ist die Datenlage zu den kinetischen Gegebenheiten des Systems nicht einschränkungslos über jeden Zweifel erhaben. Wohl liegen seit langem Angaben für Erde und Mond vor und gelten gemeinhin als nicht mehr anfechtbar. Bei genauerer Betrachtung ergeben sich vereinzelt Fragen. Diese betreffen vorwiegend die Erde. Die Daten der Hantel sind in der Regel eindeutig, da sie sich auf Punktmassen beziehen.

Zwei Überlegungen sollen vorangestellt werden: Erstens ist der Dichtegradient im Erdkörper nur grob bekannt und wird mit einer entsprechenden Verteilung der spezifischen Dichte und mineralischen Konfiguration in Beziehung gebracht. Dem kann eine Plausibilitätsanfechtung entgegengestellt werden, die dann möglicherweise auch auf das bekannte Massenträgheitsmoment auszuweiten ist. Die Lithosphären-Zusammensetzung (vorwiegend als Granit-Basalt-Gemenge) ist weitgehend bekannt und datengestützt. Das schließt den vergleichsweise geringen Anteil des sehr dichterelevanten Elementes Eisen ein. Es bleibt dann aber unklar, warum andere Gesteins-Himmelskörper trotz vorgefundenen höheren Eisenanteils auf ihrer Oberfläche eine niedrigere mittlere Dichte als die Erde aufweisen. Dieser Widerspruch ist auch nicht durch die Zuordnung einer unrealistischen Konzentration überschwerer Metalle zum Erdkern zu beseitigen. Der vorrangige Stofflichkeits-Bezug des Dichtegradienten darf in Zweifel gezogen werden. Der Dichtegradient definiert aber das Massenträgheitsmoment. Für die Bestimmung des Massenträgheitsmomentes der Erde wäre es dann genauigkeitsmindernd, wenn nur die Dichte der oberen Lithosphäre als Bemessungsgrundlage herangezogen würde. Sie unterliegt Sondereinflüssen. Zweitens wird allgemein für den Erdkern eine schnellere Rotation als für die Erdoberfläche angenommen, jedoch für kinetische Berechnungen unzulässigerweise nur die Geschwindigkeit der Oberfläche angesetzt, die notwendigerweise kleiner ist als die mittlere Geschwindigkeit.

Als gesicherte Angaben dürfen gelten: (1) alle Massen, (2) die Masserelation von Erde und Mond = das Asymmetrieausmaß der Hantel, (3) alle Radien, (4) alle Winkel zwischen Rotations- und Bahnebenen, (5) die Perioden und Umlaufzeiten. Von diesen gesicherten Basisdaten sind zusätzliche Basisdaten abzutrennen, die als so weitgehend verlässlich anzusehen sind, dass sie Berechnungen ebenfalls zugrundegelegt werden können.

Gesicherte Basisdaten dürfen für unanfechtbar gehalten werden. Für sie gilt eine übereinstimmende Angabe in der Literatur. Das sind alle unter (1) bis (5) aufgeführten Größen, außerdem die Gravitationskonstante **G**. Diesen metrischen Daten stellen wir noch als gesicherte Gegebenheiten für Erde und Mond zur Seite: (6) die weitgehende Kugelgestalt und die Beschaffenheit als massezentrierte (inhomogene) Vollkörper, (7) die näherungsweise Stetigkeit ihrer inneren Dichteveränderung und (8) die schnellere Rotation innerer Erdanteile gegenüber äußeren.

Zugrundegelegte Basisdaten sind ergänzende Vereinbarungsdaten, die im strengen Sinne nicht in die vorherige Gruppe gehören, die aber als vertrauenswürdige Näherungswerte auf verlässliche Quellenangaben zurückgreifen und gut als Berechnungsgrundlage zu dienen vermögen. Hierzu zählen wir (9) die spezifische Dichte der Erdlithosphäre, (10) die Masse des flüssigen Wassers auf der Erde und (11) den auf 97% kalkulierten Anteil des „gefangenen Wassers“ am flüssigen Wasser. Als „gefangen“ sei alles Wasser beliebiger Lokalisation bezeichnet, welches durch geographische Barrieren nicht unter Meridianpassage die Erdoberfläche umfließen kann. Dieser Daten-Gruppe wird später auch die repräsentative mittlere Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation zuzuordnen sein, für die bisher keine Angabe vorliegt und für die erst noch eine Kalkulation innerhalb eines engen Vertrauenswürdigkeits-Korridors vorzunehmen ist.

Die angeführte Unterteilung der Basisdaten folgt deren Evidenzbewertung. Der Übersichtlichkeit wegen seien die Basisdaten aber zunächst in Objektdaten, Bezugsdaten, Bewegungsdaten und sonstigen Daten gegliedert.

6. 4. Gesicherte und zugrundegelegte Basisdaten

Vorbemerkung: Die nachfolgende Zusammenfassung stellt eine Auswahl jener Daten dar, die für das System und seine Berechnung bedeutsam sind. Die Gliederung in Gruppen sowie in gesicherte und zugrundegelegte Daten wurde bereits vorgegeben. Die Indizes sind: (e) = Erde, (m) = Mond, (d) = Hantel und (s) = Sonne.

(I) GESICHERTE DATEN VON ERDE, HANTEL, SONNE

(A) OBJEKTDATEN

Erde : Masse	:	m-(e)	= $5,9742 \cdot 10^{24} \cdot \text{kg}$
Erde : mittlerer Radius	:	r-(e)	= $6,3710 \cdot 10^6 \cdot \text{m}$
Erde : Abplattung	:	z	= 0,00336
Erde : Relation Zentrifugal- zu Gravitationsbeschleunigung am Äquator	:	n-(a/a)	= 0,00344
Erde : Gravitationsbeschleunigung am Äquator	:	a-(grav)-equat	= $9,8143 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Erde : mittlere Dichte	:	$\rho\text{-(e)}$	=	$5,515 \cdot 10^3 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Mond : Masse	:	$m\text{-(m)}$	=	$7,3501 \cdot 10^{22} \cdot \text{kg}$
Hantel: Massensumme der Körper	:	$m\text{-(e + m)}$	=	$6,0477 \cdot 10^{24} \cdot \text{kg}$
Hantel: mittlerer Durchmesser	:	$d\text{-(d)}$	=	$3,8440 \cdot 10^8 \cdot \text{m}$
Sonne : Masse	:	$m\text{-(s)}$	=	$1,9905 \cdot 10^{30} \cdot \text{kg}$

(B) BEZUGSDATEN

Winkel: Hantelebene : Ekliptik	:	$\text{Ang}\text{-(d-s)}$	=	$5,15^\circ$
Winkel: Äquator : Ekliptik	:	$\text{Ang}\text{-(e-s)}$	=	$23,45^\circ$
Winkel: Äquator : Mondbahn (Mittelwert)	:	$\text{Ang}\text{-(e-d)}$	=	$23,45^\circ$
Winkel: Äquator : Mondbahn (Extrema)	:	$\text{Ang}\text{-(e-d)}$	=	$18,30^\circ / 28,60^\circ$
Hantel: Masseverhältnis Erde : Mond	:	$f\text{-asym(d)}$	=	81,28
Hantel: relatives Massenträgheitsmoment	:	$J\text{-(d)-rel}$	=	0,04802 (1)
Hantel: relativer Trägheitsradius	:	$r\text{-in(d)-rel}$	=	0,21914 (1)
Hantel: Massenträgheitsmoment	:	$J\text{-(d)}$	=	$1,0758 \cdot 10^{40} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2$
Hantel: Trägheitsradius	:	$r\text{-(in)-d}$	=	$4,2177 \cdot 10^7 \cdot \text{m}$
Hantel: mittlerer Mondbahnradius	:	$r\text{-(d-m)}$	=	$3,7973 \cdot 10^8 \cdot \text{m}$
Hantel: numerische Bahnexzentrizität	:	$n\text{-exc(d)}$	=	0,0549
Hantel: Erhöhung des Bahnumfanges durch Elliptizität	:	$f\text{-ellip(d)}$	=	1,00155
Hantel: Umfang der Mondbahn	:	$u\text{-(d-m)}$	=	$2,3896 \cdot 10^9 \cdot \text{m}$
Hantel: mittlerer Abstand zur Sonne	:	$r\text{-(d-s)}$	=	$1,49598 \cdot 10^{11} \cdot \text{m}$
Hantel: numerische Exzentrizität der Umlaufbahn um die Sonne	:	$n\text{-exc(s)}$	=	0,0167

=====

(1) Im Verhältnis zum dünnen Kreisring

(C) BEWEGUNGSDATEN

Erde : Rotationsperiode ihrer Oberfläche	:	$t\text{-rot(e)-surf}$	=	$8,6164 \cdot 10^4 \cdot \text{s}$
Erde : Sonnenuwendungsperiode (1 Tag)	:	$t\text{-day}$	=	$8,6400 \cdot 10^4 \cdot \text{s}$
Erde : Winkelgeschwindigkeit Oberfläche	:	$\omega\text{-(e)-surf}$	=	$7,2921 \cdot 10^{-5} \cdot \text{s}^{-1}$
Erde : Äquator-Geschwindigkeit	:	$v\text{-(e)-equat}$	=	$465,10 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Hantel: Rotationsperiode (siderischer Monat)	:	$t\text{-(d)-rot}$	=	$2,36059 \cdot 10^6 \cdot \text{s}$ = 27,3217 Tage