

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 85 (1987)

Heft: 3

Werbung

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: 02.07.2025

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

t und t' sind die diesem Ereignis – in den zwei erwähnten Inertialsystemen – entsprechende Zeiten, $\vec{a}$ ist die im System $(0; \vec{K})$ gemessene «Verschiebung» $0'0$ des Nullpunktes 0 gegenüber dem Nullpunkt $0'$ im Augenblick $t = t' = 0$, $\vec{v}$ ist die im System $(0; \vec{K})$ gemessene Geschwindigkeit des Nullpunktes 0 des Systems $(0, \vec{K})$ und stellt (als eine Drehmatrix) die konstante Verdrehung der Basis $\vec{K}$ gegenüber der Basis $\vec{K}'$ dar.

Kontroverse über den absoluten Raum

(Newton, Leibnitz, Mach)

28. Kehren wir aber zu den drei Newton'schen Bewegungsgesetzen 18 zurück. Diese haben gleich am Anfang einen grossen Oponenten gehabt. Es war Leibnitz, ein Zeitgenosse Newtons. Dieser konnte sich aus philosophischen Gründen nicht mit dem Gedanken befreunden, dass ein abstraktes Gebilde wie der absolute Raum am physikalischen Geschehen aktiv teilnehmen könnte. Für Leibnitz war der Raum nichts anderes als eine Menge möglicher Positionen gleichzeitig existierender Körper. In diesem Sinne kann der Raum nur eine Menge von «Positionsbezeichnungen» sein. Als solcher kann er also – isoliert betrachtet – keine physikalische Bedeutung haben. Eine saubere mechanische Theorie sollte daher unabhängig von der Bewegung des Beobachters (Bezugssystems) sein. Denn jede solche Bewegung kann nur relativ zu einem fiktiven Koordinatensystem beschrieben werden, das nur die Funktion der Identifikation der Massenpunkte hat. Die Newton'sche Mechanik ist aber nicht unabhängig von der Bewegung des Beobachters. Denn gilt sie für einen, dann gilt sie ganz bestimmt nicht für einen anderen Beobachter, der sich gegenüber dem ersten beschleunigt bewegt. Mit anderen Worten, Leibnitz missfiel der Gedanke, dass verschiedene Beobachter nicht «gleichberechtigt» sind und schuld daran der Raum selbst sein sollte.

29. Newton argumentierte aber mit seinem berühmten «Fassexperiment». Er füllte ein Fass mit Wasser und hängte es axial an einen torsionsmässig vorgespannten Seil auf und liess dann das ganze System frei. Die sich auflösende Torsionsspannung im Seil setzte dann das Fass in eine Rotationsbewegung. In der ersten Phase drehte sich nur das Fass, und das Wasser stand still. Mit anderen Worten, das Fass drehte sich relativ zum Wasser,

und dieses wies eine ebene, d.h. horizontale Oberfläche auf.

In der zweiten Phase der Fassrotation haben die Reibungskräfte zwischen der Fasswand und dem Wasser und im Wasser selbst dieses in eine – mit dem Fass synchrone – Rotationsbewegung versetzt. Mit anderen Worten, das Fass und das Wasser drehten zusammen wie ein fester Körper. Die Wasseroberfläche nahm dabei die Form eines Rotationsparaboloides an.

In der dritten Phase kam das Fass zum Stillstand, während das Wasser seine Rotation fortsetzte. Mit anderen Worten, das Fass drehte sich relativ zum Wasser – wie im ersten Fall – nur hat jetzt die Wasseroberfläche die Form eines Rotationsparaboloides gehabt, währenddem sie im ersten Fall eben war.

Dies zeigte deutlich, dass es nicht die relative Rotation des Fasses und des Wassers, sondern die Rotation des Wassers selbst ist, die die Form der Wasseroberfläche bestimmt. Da die oben beschriebene Detektion der Wasserrotation durch deren Oberflächenform eine Realität ist, und da jede Rotation erst durch das Bezugssystem, in dem sie beobachtet ist, als solche verstanden wird, ist auch die Existenz eines solchen Bezugssystems eine Realität. Diese hat dann Newton «der absolute Raum» benannt.

30. Vor solchem Argument musste auch Leibnitz kapitulieren. Die philosophische Schwäche der Auffassung des absoluten Raumes als einer physikalischen Realität, die beteiligt ist an der Entstehung inertialer Kräfte, wurde damit aber nicht aus der Welt geschafft und wurde des öfteren immer wieder erwähnt.

31. Auch Mach (1883) hat die Frage gestellt, wie kann überhaupt ein abstraktes Gebilde wie Geometrie verantwortlich für Kräfte sein, die z.B. den Zylinder einer Zentrifuge zum Bersten bringen können. Nach seiner Meinung ist es die gesamte im Kosmos vorhandene Masse, die für die Entstehung der Inertialkräfte (z.B. Beschleunigung oder Zentrifugalbeschleunigung) verantwortlich ist. Machs Ideen können grob wie folgt zusammengefasst werden:

32 a) Der Raum ist nicht eine Realität für sich selbst. Er ist nur die Totalität der Entfernungsrealisationen zwischen allen Massenpunkten.

b) Die Trägheit eines Massenpunktes ist nur eine Folge einer – *leider bis heute nicht näher spezifizierten* – Wechselwirkung dieses Massenpunktes mit allen übrigen Massen im Weltall.

c) Der lokale Standard der «Beschleunigung Null» ist durch einen bestimmten «Mittel-

wert» der Bewegungen aller Massen im Universum determiniert.

d) Das einzige, woran es in der Mechanik ankommt, ist die *relative* Bewegung *aller* Massen.

33. Nach Mach ist also der Begriff «absoluter Raum» nur ein mystifizierend wirkendes Synonymum für seinen «lokalen Standard der Nullbeschleunigung», der ausschliesslich durch alle kosmischen Massen determiniert ist.

Wir werden daher den kürzeren Begriff «absoluter Raum» in dem zuletzt erwähnten Sinne benutzen.

34. Dies alles bietet aber noch kein Rezept dafür, wie der absolute Raum messtechnisch verfügbar gemacht wird. Ein solches Rezept brauchen wir, denn die Rotation der Erde relativ zum absoluten Raum muss zunächst gemessen werden, bevor sie modellmässig untersucht werden kann.

35. Ein gegenüber der Erde ruhendes Fass mit Wasser verrät aber die Erdrotation nicht. Denn die Krümmung der Wasseroberfläche ist nicht nur durch die Erdrotation, sondern auch durch die Gravitationskräfte der Erde, des Mondes und der Sonne geprägt. Ausserdem ist die Oberfläche des Wassers im Fass so klein, dass wir kaum imstande wären, eine messbare Krümmung festzustellen. Man müsste schon ein grösseres «Fass» – nämlich die Erde selbst – «einsetzen» und die Krümmung deren Ozeane zur Bestimmung der Erdrotation – oder genauer gesagt – der Winkelgeschwindigkeit der Rotation der Erde verwenden. Abgesehen davon, dass wir ausserstande sind, zum beliebigen Augenblick die Form der Ozeanoberfläche auszumessen, würden wir an der Unkenntnis vieler anderer Faktoren, die die Ozeanoberfläche prägen, scheitern. Es sind dies die Dichteverteilung im Erdinneren (diese prägt das äussere Gravitationsfeld der Erde), die Dichteverteilung im Wasser selbst, die Ozeanströmungen, die Gezeiten, die Erdatmosphäre usw. Mit einem Satz, die Erde ist ein zu kompliziertes physikalisches System, um sich durch *seine* Beobachtung die messtechnische Verfügbarkeit des absoluten Raumes und der absoluten Zeit zu erhoffen.

Wie wir später sehen werden, verfährt man gerade umgekehrt. Man bestimmt mit genauen Methoden die Rotation der Erde und prüft dann, inwiefern sich diese überhaupt wie ein Fass mit dem Wasser verhält, d.h. inwiefern die *gesamte* Erde im hydrostatischen Gleichgewicht ist.

Fortsetzung in der nächsten Ausgabe VPK 4/87



Die Schlüssel zum Erfolg
finden Sie auf unseren Bücherseiten

