

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

## **Gesammelte Werke**

Die Prinzipien der Mechanik

**Hertz, Heinrich**

**Leipzig, 1910**

Abschnitt 1. Zeit, Raum, Masse

[urn:nbn:de:bsz:31-288857](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-288857)

**Vorbemerkung.** In diesem zweiten Buch werden wir unter 296  
Zeiten, Räumen, Massen Zeichen für Gegenstände der äußeren  
Erfahrung verstehen, deren Eigenschaften übrigens den Eigen-  
schaften nicht widersprechen, welche wir vorher den gleich-  
benannten Größen als Formen unserer inneren Anschauung  
oder durch Definition beigelegt hatten. Unsere Aussagen über  
die Beziehungen zwischen Zeiten, Räumen und Massen sollen  
daher nicht mehr allein den Ansprüchen unseres Geistes ge-  
nügen, sondern sie sollen zugleich auch möglichen, insbesondere  
zukünftigen Erfahrungen entsprechen. Diese Aussagen stützen  
sich daher auch nicht mehr allein auf die Gesetze unserer  
Anschauung und unseres Denkens, sondern außerdem auf  
vorangegangene Erfahrung. Den Anteil der letzteren aber,  
soweit er nicht schon in den Grundbegriffen enthalten ist,  
werden wir zusammenfassen in eine einzige allgemeine Aus-  
sage, welche wir als Grundgesetz voranstellen. Eine spätere,  
nochmalige Berufung auf die Erfahrung findet dann nicht mehr  
statt. Die Frage nach der Richtigkeit unserer Aussagen fällt  
also zusammen mit der Frage nach der Richtigkeit oder  
Allgemeingültigkeit jener einzigen Aussage.

### Abschnitt 1. Zeit, Raum, Masse.

Zeit, Raum und Masse schlechthin sind unserer Erfahrung 297  
in keinem Sinne zugänglich, sondern nur bestimmte Zeiten,  
bestimmte räumliche Größen, bestimmte Massen. Jede be-



stimmte Zeit, räumliche Größe oder Masse aber kann das Ergebnis einer bestimmten Erfahrung bilden. Wir machen nämlich jene Begriffe zu Zeichen für Gegenstände der äußeren Erfahrung, indem wir festsetzen, durch welche sinnlichen Wahrnehmungen wir bestimmte Zeiten, räumliche Größen und Massen festlegen wollen. Die Beziehungen, welche wir aussagen als bestehend zwischen Zeiten, Räumen und Massen sind alsdann in Zukunft Beziehungen zwischen eben diesen sinnlichen Wahrnehmungen.

- 298 **Festsetzung 1.** Die Dauer der Zeit bestimmen wir mit Hilfe des Chronometers nach der Zahl der Schläge seines Pendels. Die Einheit der Dauer setzen wir durch willkürliche Übereinkunft fest. Als Merkmal eines bestimmten Augenblicks dient uns sein zeitlicher Abstand von einem durch weitere willkürliche Übereinkunft festgesetzten Augenblick.

Diese Festsetzung enthält erfahrungsgemäß nichts, was uns hinderte, die Zeit als stets unabhängige, niemals abhängige, auch stetig von einem Wert zum andern übergehende Variable zu benutzen. Die Festsetzung ist auch bestimmt und eindeutig, abgesehen von solchen Unsicherheiten, welche es uns überhaupt nicht gelingt aus unserer Erfahrung fern zu halten, weder aus der früheren, noch aus der zukünftigen.

- 299 **Festsetzung 2.** Die Verhältnisse des Raumes bestimmen wir nach den Regeln der praktischen Geometrie mit Hilfe des Maßstabes. Die Einheit der Länge setzen wir fest durch willkürliche Übereinkunft. Als Merkmal eines bestimmten Ortes im Raume dient uns seine relative Lage gegen ein in Hinsicht des entfernteren Fixsternhimmels ruhendes, im übrigen durch willkürliche Übereinkunft festgesetztes Koordinatensystem.

Bei Anwendung aller Aussagen der EUKLIDischen Geometrie auf die so bestimmten räumlichen Verhältnisse stoßen wir erfahrungsmäßig auf keine Widersprüche. Unsere Festsetzung ist auch bestimmt und eindeutig, abgesehen von Unsicherheiten, welche es uns nicht gelingt aus unserer wirklichen Erfahrung fernzuhalten, weder aus der früheren, noch aus der zukünftigen.

- 300 **Festsetzung 3.** Die mit den greifbaren Körpern bewegten Massen bestimmen wir mit Hilfe der Wage. Als Einheit der



Masse dient uns die Masse eines durch willkürliche Übereinkunft festgesetzten Körpers.

Die nach dieser Festsetzung bestimmte Masse der greifbaren Körper besitzt die Eigenschaften, welche wir der begrifflich definierten Masse beilegen. Sie kann nämlich in beliebig viele gleiche Massenteilchen geteilt gedacht werden, deren jedes unzerstörbar und unveränderlich ist und als Merkmal dienen kann, um einen Punkt des Raumes zu einer Zeit einem Punkt des Raumes zu jeder anderen Zeit eindeutig und bestimmt zuzuordnen (3). Die Festsetzung ist auch in Hinsicht der greifbaren Körper bestimmt und eindeutig, abgesehen von den Unsicherheiten, welche es überhaupt nicht gelingt aus unserer wirklichen Erfahrung fernzuhalten, weder aus der früheren, noch aus der zukünftigen.

**Zusatz zu Festsetzung 3.** Übrigens lassen wir die Vermutung zu, daß es neben den greifbaren Körpern auch andere Körper gebe, welche wir nicht ergreifen, nicht bewegen, nicht auf die Wage legen können, und auf welche daher die Festsetzung 3 keine Anwendung finden kann. Die Massen solcher Körper können nur durch Hypothese bestimmt werden. 301

Was diese hypothetisch anzunehmenden Massen anlangt, so steht es in unserer Macht, ihnen keine Eigenschaften durch die Hypothese beizulegen, welche den Eigenschaften der begrifflich definierten Masse widersprüchen.

**Anmerkung 1.** Die vorstehenden drei Festsetzungen sind nicht neue Definitionen für die schon vorher fest definierten Größen Zeit, Raum und Masse. Vielmehr stellen sie die Abbildungsgesetze dar, durch welche wir äußere Erfahrung, d. h. konkrete sinnliche Empfindungen und Wahrnehmungen übertragen in die Zeichensprache unseres inneren Bildes (vergleiche die Einleitung), und durch welche wir rückwärts die denotwendigen Folgen dieses Bildes wieder übersetzen in die Gestalt möglicher sinnlicher Empfindungen und Wahrnehmungen. Erst durch diese drei Festsetzungen werden also die Zeichen Zeit, Raum und Masse zu Teilen unserer Scheinbilder der äußeren Gegenstände. Erst durch diese drei Festsetzungen auch werden sie weitergehenden Ansprüchen unterworfen, als der Denotwendigkeit unseres Geistes. 302



- 303 **Anmerkung 2.** Die Unbestimmtheiten, welche unsere Festsetzungen enthalten, und welche wir in denselben anerkannten, sind also nicht Unbestimmtheiten unserer Bilder, auch nicht unserer Abbildungsgesetze, sondern es sind Unbestimmtheiten der abzubildenden äußeren Erfahrung selbst. Wir wollen damit sagen, daß wir durch tatsächliche Bestimmung mit Hilfe unserer Sinne doch keine Zeit genauer festlegen können, als sie sich messen läßt mit Hilfe der besten Chronometer, keine Lage genauer als sie sich beziehen läßt auf ein mit dem entfernteren Fixsternhimmel ruhendes Koordinatensystem, keine Masse genauer, als die besten Wagen sie uns liefern.
- 304 **Anmerkung 3.** Es ist gleichwohl anscheinend die Frage berechtigt, ob durch unsere drei Festsetzungen wahre oder absolute Maße der Zeit, des Raumes und der Masse gegeben seien, und diese Frage ist nach der Wahrscheinlichkeit zu verneinen, da unsere Festsetzungen offenbar Zufälligkeiten und Willkür enthalten. In Wahrheit aber fällt diese Frage aus unserer Betrachtung heraus und berührt ihre Richtigkeit nicht, selbst wenn wir der Frage einen deutlichen Sinn beilegen und sie verneinen wollen. Es genügt, daß unsere Festsetzungen solche Maße bestimmen, in welchen wir frühere und zukünftige Erfahrungen eindeutig bestimmt aussprechen und mitteilen können. Würden wir andere Maße festsetzen, so würde sich die Form unserer Aussagen entsprechend ändern, in solcher Weise aber, daß die ausgesagten Erfahrungen, die vergangenen und die zukünftigen, dieselben blieben.

### Materielles System.

- 305 **Erklärung.** Unter einem materiellen System ist fortan ein System von Massen der Erfahrung verstanden, dessen Eigenschaften den Eigenschaften der begrifflich definierten materiellen Systeme nicht widersprechen. In einem natürlichen materiellen Systeme sind also gewisse Lagen und Verrückungen möglich, andere unmöglich, und es genügt die Gesamtheit der möglichen Lagen und Verrückungen den Be-



dingungen der Stetigkeit (121). In einem natürlichen freien Systeme sind die Zusammenhänge unabhängig von der Lage des Systems gegen alle ihm nicht angehörenden Massen, und unabhängig von der Zeit (122).

**Bemerkung dazu.** Erfahrungsgemäß entspricht den so 306 definierten Begriffen auch ein wirklicher Inhalt.

Erstens nämlich lehrt uns die Erfahrung, daß es Zusammenhänge und zwar stetige Zusammenhänge zwischen den Massen der Natur gibt. Es gibt also materielle Systeme im Sinne von 305. Wir dürfen sogar behaupten, daß andere als stetige Zusammenhänge in der Natur nicht gefunden werden, und daß also jedes natürliche System materieller Punkte zugleich ein materielles System sei.

Zweitens lehrt uns die Erfahrung, daß die Zusammenhänge eines materiellen Systems unabhängig sein können von seiner Lage gegen andere Systeme und von seiner absoluten Lage überhaupt. Wir dürfen sogar behaupten, daß diese Unabhängigkeit stets eintritt, sobald ein materielles System von allen anderen Systemen räumlich hinreichend entfernt wird. Es gibt also Systeme, welche nur innere Zusammenhänge haben, und wir besitzen auch ein allgemeines Mittel, solche Systeme zu erkennen und herzustellen.

Endlich lehrt uns die Erfahrung drittens, daß die absolute Zeit ohne Einfluß auf die Vorgänge in natürlichen Systemen ist, welche nur inneren Zusammenhängen unterliegen. Jedes derartige natürliche System ist daher auch nur gesetzmäßigen Zusammenhängen unterworfen und ist daher ein freies System. Es gibt also auch freie Systeme im Sinne von 305, und wir können freie Systeme herstellen und als solche erkennen unabhängig von den Aussagen, welche wir weiter über freie Systeme vorzutragen haben werden.

**Anmerkung.** Die gesetzmäßigen Zusammenhänge der 307 freien Systeme bilden die unabhängig von der Zeit bestehenden Eigenschaften derselben. Es fällt der experimentellen Physik die Aufgabe zu, aus der unendlichen Erscheinungswelt solche endliche Gruppen von Massen herauszulösen, welche als freie Systeme selbständig bestehen können, und aus den



in der Zeit und in Verbindung mit anderen Systemen verlaufenden Erscheinungen derselben ihre außerzeitlichen Eigenschaften abzuleiten.

## Abschnitt 2. Das Grundgesetz.

308 Wir betrachten es als die Aufgabe der Mechanik, aus den von der Zeit unabhängigen Eigenschaften materieller Systeme die in der Zeit verlaufenden Erscheinungen derselben und ihre von der Zeit abhängigen Eigenschaften abzuleiten. Zur Lösung dieser Aufgabe stellen wir der Mechanik das folgende und nur das folgende, der Erfahrung entnommene Grundgesetz zur Verfügung:

309 **Grundgesetz.** Jedes freie System beharrt in seinem Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen Bewegung in einer geradesten Bahn.

*Systema omne liberum perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directissimam.*

### Bemerkungen dazu.

310 1. Das Grundgesetz enthält nach dem Wortlaut nur Aussagen, welche sich auf freie Systeme beziehen. Da aber jeder Teil eines freien Systems ein unfreies System ist, so lassen sich aus dem Grundgesetz auch Folgerungen ableiten, welche sich auf unfreie Systeme beziehen.

311 2. Die Gesamtheit der Folgerungen, welche aus dem Grundgesetz in Hinsicht freier Systeme und ihrer unfreien Teile abgeleitet werden können, bildet den Inhalt der Mechanik. Andere Ursachen der Bewegung, als welche aus dem Grundgesetz entspringen, kennt unsere Mechanik nicht. Die Kenntniss des Grundgesetzes ist nach unserer Auffassung desselben nicht allein notwendig zur Lösung der Aufgabe der Mechanik, son-