

## **Kapitel 11 . Zur Erfassung der Art einer Eigenschaft. Explication des Begriffs „schwere Masse“. Anmerkungen zum Wort "Größenart"**

11.1. Eine Unklarheit, auf die ebenfalls einzugehen ist, entspringt der oft gemachten Aussage, daß eine physikalische Größe durch das Festlegen eines Meßverfahrens und einer Meßeinheit definiert werde. Diese Aussage verleitet zu der Meinung, daß durch dieses Festlegen nicht nur ermöglicht werde, das Ausmaß einer Eigenschaft, sondern auch deren Art zu erfassen.

Die Art einer Eigenschaft muß immer schon bekannt sein, bevor man ein Meßverfahren und eine Meßeinheit festlegen kann. Und man kann sie zutreffend nur erfassen, indem man bestimmte Phänomene sorgfältig beobachtet und durchdenkt. So erlebt man zum Beispiel beim Halten eines vom Boden aufgehobenen Dinges, daß zu diesem Halten ein Kraftaufwand erforderlich ist. Aber wir erleben noch etwas anderes: Nicht nur wir üben beim Halten eine nach oben (das heißt: vom Erdmittelpunkt weg) gerichtete Kraft auf das Ding aus; auch das Ding wirkt mit einer nach unten (also zum Erdmittelpunkt hin) gerichteten Kraft auf uns ein. Unser Arm zieht nicht nur nach oben; er wird selber auch nach unten gezogen. Wir erleben also das, was man als ein metaphysisches (das heißt: grundsätzlich nicht falsifizierbares) Grundgesetz bezeichnen könnte: Zu jedem Ziehenden gehört ein Gezogenes; zu jedem Drückenden gehört ein Gedrücktes; Zug und Gegenzug, Druck und Gegendruck, Kraft und Gegenkraft sind gleich groß:  $actio = reactio$ . Aus dem Erleben der Gewichtskraft beim Heben aller Dinge schließen wir, daß alle Dinge die Eigenschaft haben, von der Erde angezogen zu werden. Diese Eigenschaft wird traditionell (mit einem höchst ungeschickt gewählten Namen) als "schwere Masse  $m$ " bezeichnet. (Ich symbolisiere sie mit Rudolf Fleischmann /6/ aus dem im Abschnitt 19 besprochenen Grund mit " $m_s$ ".)

Beim Spielen mit Hebeln und Waagen kann man nicht nur ebenfalls darauf schließen, daß die Dinge eine schwere Masse haben, sondern auch noch schrittweise erkennen, daß das Wägen (im Schwerfeld der Erde) ermöglicht, schwere Massen «objektiv» miteinander zu vergleichen und schließlich zu messen. Aber keine auch noch so präzise Wägung sagt etwas darüber aus, was die - nur aus den Phänomenen zu erschließende - schwere Masse als solche ist.

Werden Experimente mit der Gravitationsdrehwaage durchgeführt, und zwar noch ohne jede Messung, zeigt sich, daß die Dinge nicht nur von der Erde, sondern auch von allen anderen Dingen angezogen werden. Es scheint nicht nötig zu sein, aus diesen Experimenten auf das Vorhandensein einer weiteren Eigenschaft der Dinge zu schließen; man wird - schon aus den ökonomischen Gründen - (bis auf Widerruf) annehmen, daß das gegenseitige Anziehen der Dinge auf die gleiche Eigenschaft "schwere Masse" zurückzuführen ist wie das Angezogenwerden der Dinge durch die Erde und das nach dem Axiom " $actio = reactio$ " anzunehmende Anziehen der Erde durch die Dinge. Obwohl diese Annahme erst später durch quantitative Messungen und Rechnungen als berechtigt erwiesen werden kann, kann (mindestens im Sinne einer Arbeitshypothese) doch schon ein erweiterter Wortgebrauch (eine erweiterte Definition) verabredet werden: Die schwere Masse ist die Eigenschaft der Dinge, von anderen Dingen angezogen zu werden und auf andere Dinge mit einer anziehenden Kraft zu wirken.

Erst wenn man aus den Phänomenen weiß, welche Vorstellung man mit dem Namen "schwere Masse" verbinden soll, und erkennt, daß sich (zum Beispiel) die Balkenwaage als dreiarmer Hebel /34/ dazu eignet, Dinge (im Schwerfeld der Erde) hinsichtlich ihrer schweren Masse miteinander zu vergleichen, kann man ein Meßverfahren und eine Meßeinheit festlegen. Die Festlegung von Meßverfahren und Meßeinheit ermöglicht also - wenn wir Art und Ausmaß der Eigenschaft im Denken und Aussagen (Reden und Schreiben) unterscheiden - die (intersubjektiv mitteilbare) Erfassung des Ausmaßes der Eigenschaft, aber nicht (auch) eine Ermittlung der

Art der Eigenschaft. Von dieser muß man schon vor dem Messen, also auch schon vor dem Festlegen von Meßverfahren und Meßeinheit, eine zutreffende Vorstellung haben.

Die Aussage, daß der bewegliche Teil einer Balkenwaage ein dreiarmliger (und nicht ein zweiarmiger) Hebel ist, ist Nichtfachleuten oft nicht bekannt. Damit die Ausführungen dieser Arbeit allen Lesern verständlich sind, soll die Aussage hier erläutert werden. - Ein zweiarmiger Hebel ist lediglich als Wippe, aber nicht als Meßgerät zu verwenden. Er bewegt sich beim geringsten Übergewicht auf einer der beiden Hebelseiten bis in die Senkrechte beziehungsweise bis zum Anschlag. Ein geeignet konstruierter dreiarmliger Hebel tut das - wenn das Übergewicht nicht zu groß ist - nicht. Bei einer Balkenwaage mit einem solchen Hebel sind der Waagebalken und der mit ihm verbundene Zeiger - gleichgültig ob dieser nach oben oder nach unten gerichtet ist - so gebaut, daß der Schwerpunkt des Systems "Waagebalken/Zeiger" tiefer liegt als die Drehachse dieses Systems (Bild 11.1).

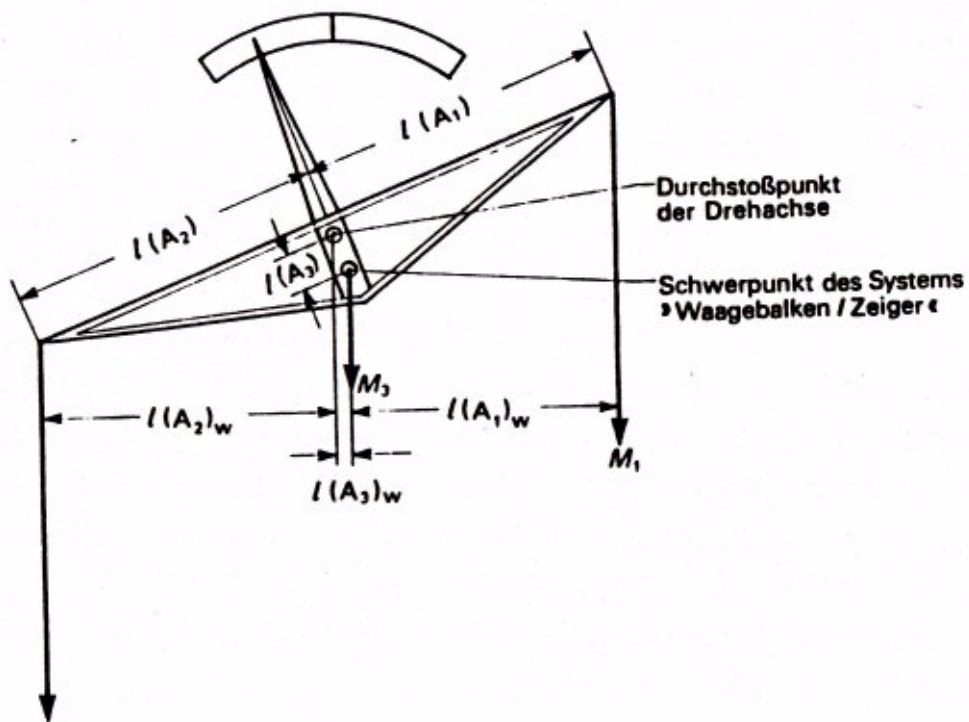


Bild 11.1. Die Balkenwaage als dreiarmliger Hebel. Zur Änderung der Drehmomente bei der Drehung des Hebels

Bei Fehlen anderer Kräfte stellt sich deshalb der Waagebalken in einer waagerechten Null-Lage ein. Bei einem Übergewicht auf einer der beiden Seiten des Balkens, dessen Hälften die Hebelarme  $A_1$  und  $A_2$  sind, dreht sich der Balken aus seiner Null-Lage, aber - wenn das Übergewicht nicht zu groß ist - nicht bis zum Anschlag. Beim Herausdrehen des Hebels aus seiner Null-Lage verkürzen sich nämlich die wirksamen Hebelarmenlängen  $l(A_1)_w$ , und  $l(A_2)_w$ , an denen die Gewichte von Wägegut und Wägestücken angreifen, und verlängert sich die wirksame Hebelarmenlänge  $l(A_3)_w$ , an der das Gewicht des dreiarmligen Hebels wirkt. Die Drehmomente  $M_1$  und  $M_2$  werden dadurch kleiner, und das Drehmoment  $M_3$  wird größer. Der Hebel bleibt in derjenigen Lage stehen (oder schwingt zuletzt um diejenige Lage), in der  $M_1 + M_2 + M_3 = 0$  ist. Werden so viele Wägestücke aufgelegt, daß sich der Hebel in der Null-Lage einpendelt, ist  $l(A_3)_w = 0$  und damit auch  $M_3 = 0$ . Es ist dann auch  $M_1 + M_2 = 0$  beziehungsweise  $M_1 = -M_2$  und damit auch  $m_{s1} \cdot g_1 \cdot l(A_1)_w = -m_{s2} \cdot g_2 \cdot l(A_2)_w$ . (Die Fallbeschleunigungen  $g_1$  und  $g_2$  an den Orten von Wägegut und Wägestücken müssen nicht gleich groß sein. Deshalb kann man mit geeignet konstruierten Waagen Erzlagerstätten aufspüren.) Ist  $g_1 = g_2$  und  $l(A_1)_w = -l(A_2)_w$ , ist auch  $m_{s1} = m_{s2}$ , die schwere Masse des Wägegutes also gleich groß wie die (bekannte) schwere Masse der Wägestücke. - Wird aus der Gleichung " $M_1 + M_2 = 0$ " nicht die Gleichung " $M_1 = -M_2$ ", sondern die Gleichung " $M_2 = -M_1$ " abge-

leitet, erhalten auch die beiden Hebelarmlängen das jeweils entgegengesetzte Vorzeichen. - Die physikalische Bedeutung der Minuszeichen wird im zweiten Teil noch eingehend besprochen werden.

Was für die Masse ausgeführt wurde, gilt auch für alle anderen Eigenschaften. Die Art aller Eigenschaften kann nur den Phänomenen selbst abgewonnen werden, und zwar gleichgültig ob die Phänomene unmittelbar evidente Aussagen zulassen (wie im Falle der Länge) oder ob die natürlich vorgefundenen oder experimentell vermittelten Phänomene erst nach sorgfältigem Beobachten und Nachdenken eine Aussage ermöglichen (wie im Falle der schweren Masse).

11.2. Auch die im Abschnitt 5 erwähnte Aussage, daß man zur Art einer Größe (zu einer 'Größenart') dadurch komme, daß man bei den Größen (den 'Größenwerten') - zum Beispiel bei Größen wie 3 kg, 20 mg und 10 t - von «allem Quantitativen» («Numerischen») absieht, so daß man nur das rein «Qualitative» - im angeführten Beispiel also die «Größenart Masse» - übrigbehält, ist mißverständlich und irreführend. Das Absehen (Abstrahieren) von unterscheidenden Merkmalen dient der klassifikatorischen Einteilung. Es führt von Individuen zu logischen Arten, von diesen zu logischen Gattungen und so fort bis zu den Kategorien (obersten Begriffen). "Von Merkmalen absehen" heißt aber nicht, den unter einer Art subsumierten Individuen irgendwelche Merkmale abzusprechen, sondern heißt nur, die individuenkennzeichnenden Merkmale bei der Definition der Art nicht zu berücksichtigen beziehungsweise unbestimmt zu lassen. Es gibt kein Ding, dessen Masse oder sonstige Ausmaßeigenschaft nicht irgendein bestimmtes Ausmaß hätte. Und es gibt kein Ausmaß, das nicht das Ausmaß irgendeiner bestimmten Eigenschaft wäre. Art und Ausmaß einer Eigenschaft sind in der Sache nicht zu trennen. Man kann nur im Denken und im (mündlichen wie schriftlichen) Aussagen entweder die Art oder das Ausmaß der Eigenschaft hervorheben. Dieses Hervorheben bedeutet aber nicht, daß man mit ihm die Eigenschaft in zwei Konstituenten, eben in die Art und in das Ausmaß, 'zerlegen' würde oder könnte. Das Hervorheben der Art ändert an den Sachverhalten nichts. So sagt zum Beispiel der Satz "Die Multiplikation einer Größe von der Art einer Länge mit einer zweiten Größe von der Art einer Länge ergibt eine Größe von der Art eines Areal" nicht mehr und nicht weniger als der Satz "Die Multiplikation einer Länge mit einer zweiten Länge ergibt ein Areal" ( $l \cdot l = A$ ). Und die Eigenschaft wird erst recht nicht angetastet, wenn man das Ausmaß hervorhebt. In diesem Fall ist es nicht einmal im Denken und Aussagen möglich, die Art der Eigenschaft unberücksichtigt zu lassen. Es gibt kein Ausmaß schlechthin, sondern immer nur ein Längenausmaß, ein Massenausmaß oder ein Ausmaß einer sonstigen Eigenschaft. Der Satz "Das Ausmaß des Stabes 1 ist 3 m" ist unvollständig. Wenn das Gemeinte zutreffend ausgedrückt werden soll, ist zu sagen "Das Ausmaß der Länge des Stabes 1 ist 3 m". 3 m ist immer eine nach Art und Ausmaß angegebene Eigenschaft.

Es gibt kein Zeichen für numerisch angegebene Ausmaße, die unabhängig von der Art der jeweiligen Größe wären, insbesondere auch nicht die Zahlzeichen im Produkt "Zahlenwert mal Einheit".

Ich kehre zu der zu Beginn dieses Unterabschnitts 11.2 angeführten Aussage zurück. Bei individuellen Größen wie 3 kg, 20 mg und 10 t ist von vornherein klar, daß es sich um Größen der gleichen Art "Masse" handelt und daß sich diese Größen folglich nur durch ihr Ausmaß voneinander unterscheiden. Bei der Abstraktion kommt man deshalb von den Individualbegriffen "3 kg", "20 mg" und "10 t" zum Artbegriff "Massenausmaß", aber nicht zum Begriff "Größe der Art "Masse". Zu diesem zweiten Begriff kommt man nicht dadurch, daß man bei gleichartigen Größen verschiedenen Ausmaßes vom jeweiligen Ausmaß absieht, sondern nur dadurch, daß man von Dingen, Vorgängen oder Zuständen unterschiedlicher Beschaffenheit verschiedenartige Größen (Eigenschaften) abstrahiert, diese als "Länge", "Volumen", "Masse",... bezeichnet

und Länge, Volumen, Masse,... unter dem Oberbegriff (Gattungsbegriff) "Größe" zusammenfaßt. Erst dann kann man sagen, daß Länge, Volumen, Masse,... Größen verschiedener Art («verschiedene Größenarten») sind und daß 3 kg, 20 mg und 10 t Größen der gleichen Art sind.

Es ist also legitim, bei bestimmten Betrachtungen unbestimmt zu lassen, wie groß zum Beispiel die einzelnen Massen sind und in allgemeiner Weise von Massenausmaßen zu sprechen. Es wäre aber höchst mißlich, würde man das logische Absehen von Individualmerkmalen - in unserem Beispiel also das Unbestimmtlassen des Ausmaßes von Größen - als ein Mittel zur Festlegung des Begriffs "Art einer Größe" mißverstehen.

11.3. Da statt "Art einer Größe" meistens "Größenart" gesagt wird, ist auf diesen Ausdruck noch einzugehen. - In der deutschen Sprache bezeichnet in einem zusammengesetzten Wort der letzte Wortteil den Oberbegriff. Das Wort "Sonnenschein" meint einen (durch die Sonne bewirkten) Schein und nicht die Sonne; das Wort "Regenwasserpflütze" meint eine (aus Regenwasser bestehende) Pfütze und nicht das Regenwasser. Der Lernende muß deshalb durch das Wort "Größenart" zu der Vermutung gedrängt werden, daß eine Größenart nicht eine Größe, sondern eine Art sei, kann aber mit dieser 'Art' notwendig keine tragfähige Vorstellung verbinden.

Das Wort "Art" („Sorte", "Klasse") dient lediglich der klassifikatorischen Einteilung und ist - im Falle unserer Betrachtungen - nur insofern von Bedeutung, als wir sagen können müssen, daß 3 kg, 20 mg und 10 t alles Massen und folglich Größen der gleichen Art beziehungsweise gleichartige Größen (aber eben nicht gleiche Größenarten) sind und daß 3 kg und 3 m Größen verschiedener Art sind. Längen, Geschwindigkeiten, elektrische Ladungen,... sind verschiedenartige Größen, also bei logischklassifikatorischer Betrachtung verschiedene (logische) Arten der (logischen) Gattung "Ausmaßeigenschaft", also in der Tat Arten von Größen. Es ist aber wenig sinnvoll, die verschiedenartigen Größen nicht einfach als Größen, sondern als «Größenarten» zu bezeichnen. Die Länge ist und bleibt eine Länge. Sie ist nur logisch-klassifikatorisch gesehen eine Art der Gattung "Größe" und nicht - wenn man vom jeweiligen Ausmaß absieht - eine von der Größe begrifflich verschiedene «Größenart». Es gibt neben verschiedenartigen Größen nicht auch noch (von den Größen zu unterscheidende) Größenarten; es gibt nur neben Größen bestimmter Arten (auch noch) Größen anderer Arten. Man sollte deshalb das meistens gebrauchte Wort "Größenart" konsequent vermeiden und nur den etwas schleppenderen, aber treffenden (und im Vorstehenden auch schon verwendeten) Ausdruck "Art einer Größe" verwenden.