Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen
Band: 17 (1941)

Artikel: Struktur der physikalischen Gesetze
Autor: Habicht, F. Paul
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-585520

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: 13.07.2025

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

III. Physik

10.

STRUKTUR DER PHYSIKALISCHEN GESETZE*

von F. PAUL HABICHT, Schaffhausen.

In seinem Werke „Wege zur physikalischen Erkenntnis" schrieb Planck auf Seite 149: „Der Inhalt der physikalischen Gesetze läßt sich nicht durch reines Nachdenken erschließen. Es gibt nur den Weg sich vor allem an die Natur zu wenden, in ihr möglichst zahlreiche und vielseitige Erfahrungen zu sammeln, dieselben miteinander in Vergleich zu bringen und zu möglichst einfachen und weittragenden Sätzen zu verallgemeinern."

So wurden im Laufe der Jahrhunderte Eigenschaften und Abläufe in Sätzen verzeichnet, die Naturgesetze heißen.

Die Beschreibung einer Eigenschaft setzt aber die Begriffsbildung voraus. Man muß wissen, von was man spricht. Erst im Laufe der Zeit ist es gelungen, Begriffe wie Energie, lebendige Kraft, Kraft, Leistung etc. genügend zu umschreiben.

Es zeigte sich, daß es vor allem das naturgesetzliche Netzwerk war, das rückwirkend die Begriffsbildung erleichterte. Die Mechanik wies auf einige Grundbegriffe. Es sind dies die Länge, die Zeit, die Masse. Benützte man diese Begriffe, so gelang eine einfache Formulierung der Zusammenhänge. Man kann also sagen: ein Grundbegriff ist ein solcher Begriff, der eine möglichst einfache Formulierung der Naturgesetze gestattet.

Da der Inhalt einer Erfahrung wertvoller ist, wenn die Reproduktionsbedingungen (das Rezept) genau ist, entstand das Bedürfnis, die nur beschreibende Stufe zu verlassen und die Meßtechnik zu entwickeln.

Obwohl der Fortschritt mit der Verfeinerung der Instrumente und der Meßtechnik aufs engste zusammenhängt und nun Zahlen gewonnen werden, darf man nie vergessen, daß man sich an die

* Copyright 1941 by F. Paul Habicht, Schaffhausen (Switzerland).

Natur gewendet hat, um Erfahrungen zu sammeln über das Zusammenspiel der Begriffe (Arten), die Gegenstand der jeweiligen Betrachtung sind. Ein Bergsturz, ein Blitzschlag werden dieselben Verheerungen anrichten, das naturgesetzliche Geschehen wird dasselbe sein, ob es uns noch gelingt, Meßzahlen zu gewinnen oder nicht. Die Schilderung an sich ist schon ein Anfang einer Erkenntnis naturgesetzlicher Art. Das Erkennen der wirksamen Begriffe, die überhaupt von Einfluß sind, ist das erste Element der naturgesetzlichen Erkenntnis. Jahrhunderte der Forschung haben in allen Gebieten der Naturwissenschaft zur Klärung dieser Frage Beiträge geleistet.

Beim Blitz sind heute noch einige Wirkungskomponenten bekannt, andere nicht. Sagt man: „Es war ein roter Blitz, er wird gezündet haben", so ist das eine naturgesetzliche Aussage auf einer tiefen Erkenntnisstufe. Vielleicht Wahrheit, vielleicht ein Glaube an einen Zusammenhang, wo keiner ist. Die im Naturgesetz enthaltene Meßzahl, die als Vergleichszahl zweier gleichbegrifflicher Größen eine reine Zahl ist, ist eine Größe, die erst bei einer wirklichen Ausrechnung eines bestimmten Falles in Funktion kommt.

Es ist aber wohl zu unterscheiden zwischen dem einmaligen, realen Meßereignis, das unter ganz bestimmten Umständen, an bestimmtem Ort, zu bestimmter Zeit und mit bestimmten Instrumenten erfolgt und eine reine Zahl, nämlich eine Meßzahl ist und dem speziellen „Ding", dem „begrifflichen Dasein" oder der „Art", die wir gemessen haben. Ein Elektromotor wird mit oder ohne Messung seine Leistung abgeben, also wie man sagt seine Funktion erfüllen.

Das Naturgesetz in seiner vollkommeneren Form hat einen mehrfachen Zweck. Es ist eine kurze Ausdrucksweise, die uns angibt, welche „Arten" überhaupt zur Wirkung kommen. Es weist auf die funktionellen und numerischen Zusammenhänge.

Ein solches verfeinertes Naturgesetz liegt vor, wenn ein Naturvorgang durch eine Funktion symbolisiert werden kann und der Artvorgang, die mathematische Operation zwischen den Arten, eine Deutung hat.

Rechnungen an sich haben keinen physikalischen Sinn. Die reine Zahl ist physikalisch betrachtet ein Hilfsmittel zur Darstellung der Größe einer Art. Nach und nach hat sich dann das

Wort „Größe“ sozusagen selbständig gemacht. Insbesondere nachdem bemerkt wurde, daß die Zahl an sich auch ein Begriff ist. Kehren wir wieder zum ursprünglichen „Zählen“ zurück, dann war der Sinn z. B.: Es sind 72 Herzschläge.

Es war von jeher ein logisches Problem, ob Formeln mit benannten Größen einen Sinn haben. Logisch am billigsten löst man scheinbar das Problem mit der Erklärung: die Symbole in der Formel stellen Meßzahlen dar, sind somit unbenannt. Das würde aber nichts anderes heißen, als daß der erste Sinn eines Naturgesetzes, nämlich zu sagen, welche Arten überhaupt zur Wirkung kommen, nicht berücksichtigt würde. In den Formeln treten daher die Artsymbole auf. Ich bin der Ansicht, daß jede Rechnung mit benannten Zahlen erlaubt ist, wenn man sie deuten kann.

Woher wir die Deutung nehmen ist gleichgültig. Sie muß nur einer verfeinerten Begriffbildung standhalten.

Ein Beispiel mag das erläutern: Man kann sich fragen, ob man den Quotienten Stühle durch Tische deuten kann. Sagt man, zu einem Eßzimmer rechnet man als Inventar 6 Stühle pro Tisch, so ist die Aussage sinnvoll.

Anders ist es, wenn man sich frägt, ob man die Division Stühle / Tische z. B. in einem Großrestaurant ausführen darf. Man kann einen dritten Begriff aufstellen, nämlich Inventar, aber Stühle mit Tischen messen kann man nicht. Wir wissen durch Zählung (Messung), es sind 70 Stühle und 10 Tische. Die Meßzahlen sind an sich reine Zahlen. Sie entsprechen dem realen Meßereignis, und die Rechnung $^{70}/_{10}$ ergibt 7. Die Deutung ist schon vorhanden. Man kann also sagen: In diesem Falle rechnet man als Inventar 7 Stühle pro Tisch.

Die Erscheinung, daß beim Artvorgang, bei einer mathematisch formalen Darstellung eines Naturgeschehens mit Arten, der Quotient eine andere Deutung hat, etwas begrifflich neues darstellt, ist Regel. Wie jede Regel hat sie eine Ausnahme vom Typ $s^2/s = s$.

Von manchem physikalischen Begriff hat das Quadrat einen Sinn. Daß es etwas ganz anderes ist, als die Art selbst, wird uns bewußt, wenn wir daran denken was z. B. ein Stuhl im Quadrat wäre.

In der Physik gibt es Formeln, bei denen man leicht auf den Gedanken verfällt, daß die Artdeutung eindeutig sei. Dividieren

wir Leistung durch Frequenz, so kann das eine Energie oder ein Drehmoment als Art ergeben. Eine Fläche durch Abstand kann eine Strecke oder eine Kapazität sein. Wir stellen fest: Ein Naturgesetz als Formel geschrieben zeigt erstens, welche Arten vorkommen und welche Rechenoperationen für ev. Meßzahlen angewendet werden sollen. Es muß gedeutet werden können. Zweitens, die Meßzahlen sind reine Zahlen. Die Deutung der vollzogenen Rechnung ist durch den Artvorgang gegeben. Man sollte erwarten, daß es eine Forderung der Logik sei, daß die Deutung rechts und links eines Gleichheitszeichens dieselbe sei. Man betrachte den folgenden Fall:

Energie = Leistung / Frequenz = Drehmoment.

Kann man da noch sagen: Wenn zwei Größen einer dritten gleich, sind sie unter sich gleich?

Numerisch als Meßzahl betrachtet ist die Sache in Ordnung. Die Deutung des Artvorganges ist aber nicht klar. Um darüber klar zu werden, wollen wir ein einfaches Beispiel wählen. Ein Schreiner, ein Schuster, ein Schneider ist unter der Rubrik Handwerker einzuordnen; es ist aber nicht gesagt, daß ein Handwerker gerade ein Schreiner sei. Eine entsprechende Symbolik wäre also nicht ein-eindeutig. Das heißt, die Gleichung, die symbolische Darstellung, Schreiner = Handwerker, ist richtig, aber Handwerker gleich Schuster ist nur ein Beispiel einer Möglichkeit.

Energie und Drehmoment unterscheiden sich bekanntlich durch Richtungsübereinstimmung, resp. maximale Abweichung der Kraft zur Strecke. Diese beiden Arten sind gleichdimensional, denn der Richtungsbegriff wird bis heute als dimensionslose Größe betrachtet.

Wir finden allgemein, Vektoren und Skalare sind gleichdimensional, wenn die Artbegriffe, die vorliegen, sich nur durch den Richtungsbegriff unterscheiden.

Eine andere Eigenschaft der Natur sind die verschiedenen Arten der Mengen. Hier ist der Wortschatz der Sprache ein überraschend großer. Substanz, Materie, Masse, das Schwere, das Träge, die Polstärke, die Menge, die elektrische Ladung.

Vor dem Trennenden wollen wir nun das Gemeinsame der Substanzen betrachten.

Man bezeichnet mit $M/r = U$ das Potential der Menge M im Abstand r. Dann ist für alle Mengen, also auch für die Masse, die Energie $E = MU$.

Für eine mit der Geschwindigkeit c bewegte Masse ist $E = M c^2/2$. E ist somit dimensional $M c^2 = MU$. Woraus dimensional $c^2 = U$.

Die obige Feststellung, $E = MU$, findet z. B. im Wirkungsprinzip des Maupertuis ihren Ausdruck. Sie widerspricht einem benannten Gravitationskoeffizienten, denn nur ohne einen solchen Koeffizienten erhalten wir das gleiche Resultat aus der Coulomb'schen Gleichung, die mit der Newton'schen übereinstimmt und der Beschleunigungsgleichung.

$M/r \,.\, M/r = Ma$; $a = c/t = c^2/s$; und dimensional $M = ar^2$. Dimensional ist $r = s$. Somit ergibt sich die Massedimension $M = c^2s$. Und daraus das Potential $M/r = U$; dim. $c^2s/s = c^2$.

Definieren wir Energie = Kraft mal Weg; $E = Ks$, so folgt ebenfalls die zwangsweise Ablehnung der Benennung eines Gravitationskoeffizienten. $E = Ks = Mas = MU$; also dim. $as = U$; somit ist U dim. $(c^2/s) \,.\, s = c^2$. Aus dieser Überlegung folgt, die Kraftdimension ist ein Potentialquadrat. Wir können aber auch die dimensionale Übereinstimmung der beiden Gleichungen $M^2/r^2 = (c^2)^2$; und Kraft $= Ma = c^2s \,.\, c^2/s = c^4$ konstatieren.

Die allgemeine Kraftdimension c^4 und die allgemeine Mengendimension c^2s.

Wir messen beispielsweise die magnetischen oder elektrischen Kräfte mit der gleichen Federwaage, mit der wir auch Gewichte bestimmen.

Da wir auch allgemein für alle Mengen: $U = M/r$ definieren, so heißt das, alle Potentiale sind dimensional ein c^2, wenn für die entsprechenden Mengen ein Coulomb'scher Satz gilt. Die allgemeine Mengendimension ist dann c^2s.

Überblicken wir diese fundamentale Herleitung, so kann man sagen: Aus einem gemeinsamen Kraft- und Streckenbegriff in Mechanik und Elektrik entstand ein allgemeiner Energiebegriff. Es zeigte sich, daß das Aktions- gleich Reaktionsgesetz bei elektrischen und magnetischen Kräften eben auch gilt. Aus einem gemeinsamen Potentialbegriff und dem Coulomb'schen Satz folgt dann für alle Mengen eine gemeinsame Dimension.

Das heißt noch lange nicht, daß alle Mengen gleicher Art wären. Schuster und Schreiner sind unter Handwerker einzuordnen, aber nicht der gleiche Beruf.

Der Gedanke einer dimensionalen Systematik.

Eine zweidimensionale Systematik (siehe folgende Seite) gibt eine Möglichkeit der Darstellung, welche bei der dreidimensionalen nicht existiert. Wir können nach steigenden Potenzen der einen und der anderen Grundgröße ordnen. Es ist dies sicherlich ein großer Vorzug gegenüber einer alphabetischen Ordnung.

Es zeigt sich, daß weder die Relativitätstheorie, noch die Quantentheorie die Dimensionen ändert.

Die folgende Tabelle, die für die physikalischen Gesetze ungefähr das ist, was das periodische System für die Chemie, entsteht nun aus den Zwängen für Artbegriffs-Einordnungen.

Ein Beispiel sei gegeben. Der elektrische Strom $i = M/t$. Also: dim. $i = c^2 s \,.\, c/s = c^3$. Damit ist zunächst die Reihe der c Potenzen bestimmt, wenn wir berücksichtigen, daß der Widerstand Potential durch Strom ist; dim. $c^2/c^3 = 1/c$ und die Leistung eine Kraft mal eine Geschwindigkeit; dim. $c^4 c = c^5$.

Mit den Artnamen ist man in einiger Verlegenheit. Es gibt z. B. noch Bücher, in denen das Wort Potential für den Ausdruck MU gebraucht wird. Das ist dann natürlich eine Energie. Der modernere Wortgebrauch ist aber der in der Einleitung gebrauchte. Man möchte diese Namen doch nicht missen, sie sind die Kinder unserer Phantasie. In jedem Fach unserer Dimensional-Tabelle ist als Gedächtnisstütze ein solcher Name vermerkt. Das Wort Rotar rührt von dem längeren Worte Rotationsareal (Kepler) her.

c bedeutet irgend eine Geschwindigkeit
s ist ein Abstand, eine Länge, eine Strecke, eine Kapazität
t eine Zeit
n eine Frequenz.

Die cs, ct, cn Dimensions-Systematik

			Stromquadrat c^6		Mengen-quadrat $c^4\ s^2$ $c^6\ t^2$ c^6/n^2	
			Leistung c^5	Energie $c^4 s$ $c^5 t$ c^5/n	Wirkung $c^3\ s^2$ $c^5\ t^2$ c^5/n^2	Trägheits-moment $c^2\ s^3$ $c^5\ t^3$ c^5/n^3
	Stromquadrat / Fläche c^6/s^2 c^4/t^2 $c^4\ n^2$	Strombe-schleunigung c^5/s c^4/t $c^4 n$	Kraft c^4	Impuls $c^3 s$ $c^4 t$ c^4/n	Massemoment $c^2\ s^2$ $c^4\ t^2$ c^4/n^2	Volumenge-schwindigkeit $c\ s^3$ $c^4\ t^3$ c^4/n^3
	Leistung / Fläche c^5/s^2 c^3/t^2 $c^3\ n^2$	Feder-Koeffi-zient c^4/s c^3/t $c^3 n$	Strom c^3	Mengen $c^2 s$ $c^3 t$ c^3/n	Volumen / Zeit $c\ s^2$ $c^3\ t^2$ c^3/n^2	Volumen s^3 $c^3\ t^3$ c^3/n^3
Spez. Leistung c^5/s^3 c^2/t^3 $c^2\ n^3$	Spez. Druck c^4/s^2 c^2/t^2 $c^2\ n^2$	Viskositäts-Koef. Potential / Zeit c^3/s c^2/t $c^2 n$	Spannung c^2	Rotare $c\ s$ $c^2 t$ c^2/n	Fläche s^2 $c^2\ t^2$ c^2/n^2	
Spez. Gewicht c^4/s^3 c/t^3 $c\ n^3$	Strom / Fläche c^3/s^2 c/t^2 $c\ n^2$	Felder c^2/s c/t cn	Geschwindig-keit c	Abstand s ct c/n	Widerstands-fläche, Weg · Zeit s^2/c ct^2 c/n^2	
Frequenz Kubus c^3/s^3 $1/t^3$ n^3	Menge durch Volumen c^2/s^2 $1/t^2$ n^2	Frequenz c/s $1/t$ n	Zahlen 1	Zeit s/c t $1/n$	Volumen durch Menge s^2/c^2 t^2 $1/n^2$	
		Nähe $1/s$ $1/tc$ n/c	Widerstand $1/c$	Self s/c^2 t/c $\frac{1}{nc}$		

Die folgenden Seiten geben eine Andeutung der Dimensionen vieler Zusammenhänge. Sie zeigen wie mannigfaltig die Erscheinungsformen sind.

Die Mechanik wird das cs System anwenden. Treten, wie in der Strahlung die Raumvorgänge in den Vordergrund so ist das ct System angemessener.

Copyright 1941 by F. Paul Habicht, Schaffhausen (Switzerland).

c^4s^2

Masseprodukt M^2; Rotarquadrat × Potential; Leistung × Fläche × Widerstand; Wirkung × Geschwindigkeit; Energie mal Strecke; Kraft × Fläche;

c^6

Stromquadrat; Potentialkubus; Energie × Feld;

c^2s^3

Trägheitsmoment; Potential × Volumen; Masse × Fläche; Energie (Drehmoment) × Zeitquadrat; Impuls × ts; Rotarquadrat × Strecke;

c^3s^2

Wirkung; Impuls × Abstand; Moment der Bewegungsgröße; Strom × Fläche; Masse × Rotar; Energie × Zeit; Leistung mal Zeitquadrat; Kraft × ts; Masseprodukt × Widerstand; Masseprodukt × Wellenwiderstand des Raumes;

c^4s

Energie; Masse × Geschwindigkeitsquadrat; Masse × Potential; Drehmoment; Masseprodukt : Abstand; Masseprodukt : Wellenlänge; Feld × Rotarquadrat; Frequenz × Wirkung; Kraft mal Weg; Leistung × Zeit; Trägheitsmoment × Frequenzquadrat; Trägheitsmoment × Masse : Volumen; Rotar mal Strom; Oberflächenspannung × Fläche; Federkoeffizient mal Fläche; Potentialquadrat × Kapazität; Stromquadrat × Self;

c^5

Kraft × Geschwindigkeit; Energie × Frequenz; Strom × Spannung; Leistung; Impuls × Beschleunigung; Wirkung mal Frequenzquadrat; Wirkung × spezifische Masse; Rotar mal Energie / Fläche;

c^2s^2

Masse × Abstand; Rotarquadrat; Potential × Fläche; Massemoment; Energie × Selbstinduktion; Strom × ts;

c^3s

Impuls; Strom × Weg; Masse × Geschwindigkeit; Kraft × Zeit; Leistung × Selbstinduktion; Potential × Rotar;

c^4

Kraft; Potentialquadrat; Masse × Beschleunigung; Leistung mal Widerstand; Strom × Geschwindigkeit; Frequenz × Impuls; Energie × Nähe; Massequadrat : Abstandquadrat;

s^3

Volumen; Fläche × Kapazität; Wegkubus; Abstandskubus; Trägheitsmoment : Potential;

cs^2

Rotar × Abstand; Impuls × Selbstinduktion; Wirkung : Potential; Massequadrat : Strom;

c^2s

Masse; Menge; Ladung; Polstärke; Strom × Zeit; Rotar × Geschwindigkeit; Kraft × Selbstinduktion; Potential × Abstand; Geschwindigkeitskubus × Zeit;

c^3

Strom; Potential × Geschwindigkeit; Kraft × Widerstand; Masse mal Frequenz; Beschleunigung × Rotar; Leistung : Spannung;

c^4/s

Potential × Beschleunigung; Potential × Felder; Strom × Frequenz; Federkoeffizient; Energie : Fläche; Potential : Selbstinduktion;

c^5/s^2

Leistung : Fläche; Strom × Frequenzquadrat; Strom × spezifische Masse;

s^2

Fläche; Abstandquadrat; Wegquadrat; Kapazitätsquadrat, Masseprodukt : Kraft; Zeit × Rotar;

cs

Rotationsareal (Rotar); Keplerfläche (1650); Potential × Zeit (symmetrische Größe zur Masse); Abstand × Geschwindigkeit; Masse × Widerstand; Strom × Selbstinduktion; Wirkung : Masse; Leistung : Energie / Fläche; Masseprodukt : Impuls; Fläche : Zeit; Fläche × Frequenz; magnetischer Fluß;

c^2

Geschwindigkeitsquadrat; Potential; Masse : Abstand; Strom mal Widerstand; Strom × Selbstinduktion × Frequenz; elektrische Menge : Kapazität; Rotar × Frequenz; Energie : Masse; Leistung : Strom; Impuls : Rotar;

c^3/s

Viskositätskoeffizient; Impuls : Fläche; Strom : Abstand; Potential × Frequenz; Wirkung : Volumen; Leistung : Menge;

c^4/s^2

spezifischer Druck; Energie : Volumen; Elastizitätsmodul;

s^2/c

Strecke × Zeit; Kapazität : Frequenz; Fläche × Widerstand; Wirkung : Kraft; (Bemerkung: diese Größe sollte irgendwie einen Namen haben.)

s

Abstand; Weg; Kapazität; Geschwindigkeit × Zeit; Energie : Kraft; etc.

c

Geschwindigkeit; Abstand × Frequenz; Leitfähigkeit; etc.

c^2/s

Felder; Beschleunigung; Geschwindigkeit × Frequenz; Strom : Rotar;

c^3/s^2

Strom : Fläche; Impuls : Volumen; Geschwindigkeit × spezifische Masse; Frequenzquadrat × Geschwindigkeit;

c^4/s^3

spezifisches Gewicht; Kraft : Volumen;

s^2/c^2

Zeitquadrat; Volumen : Masse; Fläche : Potential;

s/c

Zeit; Abstand : Geschwindigkeit; Kapazität × Widerstand; Weg × Widerstand;

$$1$$

Zahlen; nullte Potenzen; Quotienten deren Benennung sich hebt;

$$c/s$$

Frequenz; Winkelgeschwindigkeit; Zeitreziprok; etc.

$$c^2/s^2$$

Frequenzquadrat; Winkelgeschwindigkeitsquadrat; Masse : Volumen;

$$s/c^2$$

Selbstinduktion (Self); Zeitquadrat : Strecke; Feldreziprok; Energie : Stromquadrat; Zeit : Geschwindigkeit; Rotarquadrat : Energie;

$$1/c$$

Widerstand; Reibung; Potential : Strom; Kraft : Leistung; Selbstinduktion $\times$ Frequenz; Wellenwiderstand des Raumes;

$$1/s$$

Nähe und alle sich aus der Tabelle unmittelbar ergebenden Deutungen.

Die Forderung der dimensionalen Geschlossenheit und ihre Konsequenzen.

Wir haben gezeigt, daß der Artbegriff und der Dimensionsbegriff aus verschiedenen Gründen (Richtung, verschiedene Arten der Mengen und Felder) nicht ganz zusammenfallen. Es ist aber eine Forderung, daß in jeder physikalischen Gleichung links und rechts des Gleichheitszeichens dieselbe Dimension vorhanden sein muß. Unmittelbare Konsequenz, daß eine Nichterfüllung dieser Beziehung entweder das betreffende Gesetz oder das dimensionale System vernichtet.

Man kann jede Gleichung mit der Summe Null darstellen. Es ist ohne Weiteres einleuchtend, daß eine solche Summe nur entstehen kann, wenn Gleichartiges von Gleichartigem und Gleichgroßes von Gleichgroßem subtrahiert wird.

Diese Überlegung zeigt, daß in einer Formel, die eine Klammer mit Summanden enthält, die Summanden unter allen Umständen gleiche Dimensionen haben müssen.

Dieser Zwang ist auch in der nicht physikalischen Logik vorhanden. Wollen wir die Addition von Tischen und Stühlen begrifflich deuten, und ausführen, dann müssen wir schon einen Oberbegriff finden. Wir zählen dann Gegenstände zusammen.

In der modernen Physik, in welcher das elektrische, das magnetische, das mechanische und Wellengebiet, d. h. die Raumereignisse zusammenspielen, bringt eine zu enge dimensionale Wahl Unzuträglichkeiten.

Man hat manchmal die Forderung nach dimensionaler Richtigkeit sehr nachlässig behandelt; ja sogar gar nicht erfüllt. Viele Stimmen sprechen dem Länge-, Zeit-, Masse-System die universelle Anwendbarkeit ab.

Anderseits wird selbstverständlich die gewaltige Leistung eines Gauß und Webers gewürdigt, denn sie gab ja der Begriffsbildung ein Fundament. Sie befruchtete das ganze, für die Technik, wie für die Physik so außerordentlich wichtige Gebiet der Meßtechnik. Es sind hundert Jahre verflossen.

Eine Planck'sche Quantenphysik, eine Heisenberg'sche Impuls-Strecken-Wirkungs-Relation, eine Materie-Wellen-Physik De Broglie's sind zur alten Physik hinzugekommen. Einstein formulierte relativistische Beziehungen für eine Feldphysik. G. N. Lewis verlangt 1926 (Russel, Philosophie der Materie, Seite 129), „daß wir Ernst machen sollen mit der Tatsache, daß das Intervall zwischen zwei Teilen desselben Lichtstrahls Null ist, so, daß man seinen Ausgangs- und Endpunkt in gewissem Sinne als in Berührung befindlich ansehen kann".

De Broglie schreibt in seinem Werk „Licht und Materie", Seite 235: „Jedenfalls scheint das kartesianische Ideal der Darstellung der physikalischen Welt durch Figuren und Bewegungen im gegenwärtigen Zustand unserer Erkenntnis keine Gültigkeit mehr zu haben".

Es ist also kaum verwunderlich, daß wir eine scheinbar unanschauliche Dimensionalsystematik aufstellen müssen, denn die sogenannte mechanische Anschaulichkeit versagte zu sehr.

Es zeigt sich aber, daß eine neue Anschaulichkeit entsteht, deren Fundament die dimensionale Geschlossenheit ist. Die Anschaulichkeit stellt sich nach kurzer Arbeit mit dem neuen System von selbst ein, da wir von allen möglichen Seiten an ein Gebiet herankommen können und sich keinerlei Widersprüche

zeigen. Sie würde entschwinden, wenn unvereinbare Befunde auftreten sollten.

Das Ziel jeder Forschung ist die Gewinnung eines gemeinsamen Übersichtsstandpunktes. Dieses Ziel würde für die Physik unerreichbar, wenn die Deutungen nur für Teilgebiete vorgenommen würden.

Die Physik fand Wunder.

Eine Lichtgeschwindigkeit, ein Wellenwiderstand des Raumes, Atome, Neutronen, Positronen, Elektronen, eine Planck'sche Wirkungskonstante, und als größtes zugehöriges Rätsel uns selbst als Gegebenheit, ein Denkvermögen auf dem Fundament der Begriffsbildung, wie die Möglichkeit der Betrachtung.

Es wird sich zeigen, welche Zurückführungen einer späteren Forschung möglich sind. Einstweilen wollen wir die Kleinarbeit fortsetzen, und konstatieren noch zwischenhinein, daß Differenzial-Quotienten, dimensional betrachtet, voraussetzen, daß die Artbegriffe beim Differentiationsprozeß ihren Sinn behalten. Es sind also dimensional gewöhnliche Art-Quotienten. Auch eine Integration setzt voraus, daß man sich den Artcharakter der kleinen Integrationselemente erhalten denkt, d. h. sie ändert die Dimension nicht.

Die Dimension in der Elektro-Magnetik.

Es gibt Physiker, welche behaupten, daß die Elektro-Magnetik, insbesondere diejenige im technischen Gewande, ein dimensionaler Augias-Stall sei. In der Tat stimmen die in der Tabelle und den nachfolgenden Blättern angegebenen Beziehungen nicht so ohne Weiteres mit den üblichen überein. Ich will versuchen, eine Fehldeutung von Biot-Savart Laplace zu beleuchten und eine richtige, den Maxwell'schen Gleichungen angepaßte Deutung zu geben.

Bei jedem Elektromotor sind die Kräfte zwischen Stator und Rotor magnetischer Herkunft. Auch am laufenden Motor ist Aktion gleich Reaktion. Man kann durch den schwebenden Stator die Kraft am Motor leicht messen. Diese Messung erfolgt z. B. durch eine Federwaage, also mechanisch und daher muß auch die mechanische Kraftdimension herauskommen, wenn ein

Naturgesetz für die magnetischen Kräfte formulier wird. Das betreffende Gesetz ist in den Anfangszeiten der Elektrik von Biot-Savart aufgestellt worden. Es ist für die Deutung ein Problem, weil es jeweils erst nach Einführung benannter Koeffizienten die richtige Kraftdimension ergibt.

Nach Biot-Savart ist: „Kraft $= i^2(ds)^2/s^2$; Das ist dimensional ein i^2, also c^6; Und für Strom und Magnetpol $M \cdot ids/s^2$ = Kraft, dim. $(c^3s/s^2) \cdot c^2s = c^5$;“ Das sind Gleichungen, die den Kraftbegriff erschüttert haben (Hertz). Wir messen ja die Kraft mechanisch, sie ist dim. c^4 und selbst dann, wenn wir nur Biot-Sarvat'sche Kraft berücksichtigen würden, kämen noch zwei verschiedene Dimensionen heraus.

Denken wir an den Fundamental-Versuch. Auf einer Fundamentplatte ist eine Federwaage und diese mißt die Kraft zwischen zwei stromdurchflossenen, parallelen Drähten. Die Kraftrichtung ist senkrecht zu den Drähten. Für den Drahtabstand gilt sicher die s Metrik.* Anders ist es, wenn wir an das Feldgeschehen längs den Drähten denken. Die Hochfrequenzforschung hat einen bequemen Einblick gestattet. Die Erscheinungen auf einer Lecherbrücke lassen ohne Weiteres die Bedeutung der Lichtgeschwindigkeit erkennen.

Versetzen wir uns in Gedanken auf ein Photon, einen Lichtblitz. Man kann ihn nicht wie ein Auto einholen. Es gibt überhaupt keine Möglichkeit ihn einzuholen.

Was vor dem Photon liegt ist absolute Zukunft, was hinter ihm liegt absolute Vergangenheit. Ein solcher Vorgang hat zeitartigen Charakter. Maxwell schreibt in seinen Gleichungen ein $1/c$ zum ds. Wenn es sich um zwei Drähte handelt ein $1/c^2$ zum $(ds)^2$.

Er umschrieb damit eine Zeit, nämlich die Laufzeit, die das Feld bei Ausbreitung längs der Drähte braucht (Zeitmetrik).**

Deuten wir entsprechend, dann heißt die elektro-dynamische Kraftgleichung $K = i^2(dt)^2/s^2$; dim. $(c^6/s^2)\ (s/c)^2 = c^4$. Und für Magnetpol und Stromleiter $m \cdot idt/s^2 = K$; dim. $c^2s \cdot \frac{c^3}{s^2} \cdot \frac{s}{c} = c^4$. Mit dieser Deutung ist die dimensionale Geschlossenheit erreicht. Wir messen nicht die Länge des Drahtes, sondern die Zeit der

---

* d. h. man mißt die Abstände mit Maßstäben.

** d. h. man mißt die Laufzeit zwischen zwei Punkten mit der Uhr.

Feldausbreitung längs des Drahtes. Der Kraftbegriff und alle mit ihm verbundenen Begriffe sind einheitlich geworden.

Diese Feststellung ist so wichtig, daß wir versuchen wollen auf anderem Wege zu diesem Resultat zu kommen.

In querer Richtung besteht die s Metrik, es gibt keine Doppler'sche Korrektur. In der Drahtrichtung, als der Ausbreitungsrichtung des Feldes, ist sie extrem. Das Doppler'sche Prinzip ist eine reine Abzählmethode. Es ist eine unmittelbare Eingebung des Verstandes. Es zeigt sich, daß gemäß diesem Prinzip die Deutung der Wellenlänge verschwindet. Das einmal abgegangene Photon ist, rein Längenmetrisch betrachtet, unerreichbar. Anders gesagt, es hat keine s Metrik.

Die Feldstärke H und das gleichdimensionale B sind $H = it/s^2$, also dim. $(c^3/s^2) \cdot (s/c) = c^2/s$. Mit anderen Worten auch die Magnetfelder haben wie alle Felder die gleiche Dimension wie die Beschleunigung. Bekanntlich ist es gleichgültig, ob wir ein Magnetfeld durch einen Stahlmagneten, oder durch einen Elektromagneten erzeugt haben.

Das Feld mal die Menge gibt eine Kraft, die wir mit einer Federwaage konstatieren. Die Dimension dieser Kraft muß also die gleiche sein, wie wenn diese Federwaage im elektrostatischen oder mechanischen Versuch entsprechender Art zur Anwendung käme. Dim. $(c^2/s) \cdot (c^2 s) = c^4$.

Im leeren Raum geht eine Lichtwelle durch die größten Magnetfelder und elektrischen Felder unverändert hindurch. Sie geht an der 100 Kilowatt Radio-Antenne vorbei ohne jeden Einfluß.

Im Draht sind die Elektronen und wir finden bekanntlich die Ereignisse, hier die Kräfte, an den Substanzen.

Einstein glaubte das Photon habe Korpuskelkcharakter und schrieb ihm daher Gravitationsmaße zu. In der Nähe der großen Fixsterne würde eine Anziehung des Lichtes stattfinden. Die Experimente sind im Unsicherheitsbereich der Meßanordnungen ausgeführt. Wir haben Grund an sie zu denken, keinen Grund sie für entscheidend zu halten. Wir werden nun eine physikalische Art finden, den Translations Rotar, die im Abbremsungsmoment einen Impuls gibt, aber eine Masse ohne Ruhepause symbolisiert und das Merkwürdigste ist dabei die tiefe Beziehung zur Induktion, dem Potential und der Frequenz, wie dem Verschiebungsstrom.

Der Rotar als Dimension mit einem Erhaltungssatz.

Der Rotar cs oder im t metrischen System c^2t ist eine Raumgröße. Es handelt sich um einen Begriff, dessen Potenzordnung tiefer ist, als der Massebegriff, also um einen erschlossenen Begriff, einen Reduktionsbegriff. Das mag der Grund sein, warum er dem mechanischen Denken nicht naheliegt und keinen Namen erhielt.

Betrachten wir die vertikale Kolonne unserer dimensionalen Systematik, in welcher zu oberst Energie steht.

Energie, Impuls, Masse, Rotar, Abstand, Zeit, Selbstinduktion, besitzen nach unserer Feststellung sämtlich Erhaltungssätze und zwar ist zu bemerken, daß in der ganzen Systematik die geraden c Potenzen des cs Systems einen mehr statistischen Charakter haben, während die ungeraden Potenzen gefühlsmäßig einer dynamischen Interpretation entsprechen.

Geschichtlich ist zu sagen, daß in einem speziellen Falle für den Rotar bereits von Kepler 1650 wohl der älteste Erhaltungssatz dynamischer Art ausgesprochen wurde. Es ist der berühmte Flächensatz. Verblüffend ist, wie wenig Voraussetzung die Herleitung des Flächensatzes erfordert. Ähnlichkeit und Kraft in Richtung nach einem Punkt, sowie Trägheitsgesetz genügen.

Der Kepler'sche Satz sagt aus, daß sich die Erde nicht mit konstanter Geschwindigkeit u um die Sonne bewege, sondern derart, daß das Produkt aus Sonnenabstand r und u konstant ist. Ist das der Fall, so wird natürlich in gleichen Zeiten (s/c) die Fläche des Rotationsareals eines Fahrstrahles immer dieselbe sein. Dim. cs $s/c = s^2$.

In der Bohr'schen Theorie der Elektronenbahnen spielen zwei Größen eine Rolle: ur und u^2/r.

ur ist der Rotar; u^2/r das Feld. urM ist das sogenannte Impuls-Moment und wird in der Bohr'schen Theorie gleich Nh gesetzt. u^2M/r ist eine Kraft und wird in der Bohr'schen Theorie gleich der Coulomb'schen Kraft e^2/r^2 gesetzt.

Wir finden das Rotar-Masse-Produkt auch mit den Worten bezeichnet: Drall; Moment der Bewegungsgröße; Impuls-Moment und Wirkung. Es spielen diese Begriffe eine Rolle in den Kreiselgleichungen. Dimensional ist u^2 das Potential U und man kann sagen das Feld ist U/r und der Rotar U/n.

Gewöhnlich schreibt man diese Gleichungen statt mit der Umfangsgeschwindigkeit mit der Winkelgeschwindigkeit.

Im Falle Sonne Planet ist der Rotar mal die Frequenz das Potential der Sonne am Ort des Planeten. $M/r \cdot M/r = Mu^2/r$. Also nach Kürzung mit der Masse des Planeten und Einsetzen von U für M/r; $U = (u^2/r) \cdot r$.

$$U = u^2 = \omega^2 r^2 = (\omega r^2)\, \omega = (u\, r)\, \omega = R\omega.$$

Wir können also den Satz aussprechen: Das Potential der Sonne am Ort des Planeten geteilt durch den Rotar gibt die Frequenz am Einheitsbogen. Der Einblick auf die Rotationsbedingungen in einem solchen System ist ein tiefer. Es ist aber zu sagen, daß es eine Frequenz am Einheitsbogen nach meiner Ansicht nicht gibt, sondern nur für den Umlauf.

Daß der Rotar einen Erhaltungssatz haben muß, ist klar. Er ist ja Drall durch Masse. Im Quantengebiet h/M. Solange wir also der Masse den Erhaltungssatz zubilligen, und das dürfte zweckmäßig sein, ist es zwingend, dieser Raumgröße „Rotar" einen Erhaltungssatz zuzuschreiben. Elektrisch ist Wirkung = Strom . Fläche; Somit Rotar $= \frac{\text{Strom . Fläche}}{\text{Menge}} = \frac{\text{Fläche}}{\text{Zeit}}$.

Der Rotar in der Elektro-Magnetik.

Man hat dem Induktionsfluß Φ die Dimension der magnetischen Menge zugeschrieben. Man sollte dann erwarten, daß sich diese Menge in keiner Beziehung vom Pol unterscheiden würde. Also, ein Coulomb'scher Satz wie bei Polen gelten würde. Davon ist keine Rede. Man denkt sich den Induktionsfluß als magnetischen Fluß durch einen gegebenen Querschnitt. Wenn ein Draht diesen ganzen Fluß durchschneidet, ist die Induktions-Spannung gemäß der Gleichung $\Phi = U \cdot t$ bestimmt.

Wir wissen, daß Ut ein Rotar ist, also kann Φ keine Menge sein. Wir müssen die statische Drahtauffassung Biot-Savart's verlassen und das dynamische Feldgeschehen, also die t Metrik an Stelle der s Metrik setzen. Somit muß die Umrandung auch beim Induktionsfluß eine Zeit sein, während in querer Richtung die s Metrik bestehen bleibt. Φ ist also nicht $B\, s^2$ sondern $\Phi = Bst$. Dim. $(c^2/s) \cdot (s) \cdot (s/c) = cs$. Damit ergibt sich eine sehr einfache und wie sich zeigt numerisch ohne irgend welche Koeffizienten geltende dimensional richtige Induktionsgleichung. Sie heißt: $R_m = R_e$. Also: $R_m = Bst = Ut = R_e$.

Der magnetische Rotar ist gleich dem elektrischen. Mit der t Metrik geschrieben $U_m t_u = U_e t_s$. In Worten heißt das: Denkt man sich einen Induktionsfluß und ein Drahtstück von der Breite des Flusses, so ist die entstehende elektrische Spannung bei Durchführung dieses Drahtes mit der Feldlaufzeit tu, mit dem Schnittweg s und der Schnittzeit ts nach obiger Gleichung bestimmt. Die Erfahrung zeigt, daß Φ = Volt . Sekunde / 10^8. In absolutem Maße (300 Volt = 1 Realvolt) heißt die Gleichung: Φ = Realvolt mal Sekunde / 3 mal 10^{10}.

Der Vollständigkeit halber bemerke ich an dieser Stelle, daß Blv = U dimensional erst stimmt, wenn es heißt $B\frac{l}{c}v = U$. Es wurde im Biot-Savart'schen Sinne gedeutet und würde dieses Induktionsgesetz für die Spannung ein c^3 ergeben. Dim. (c^2/s) s . c = c^3. Was nicht stimmen kann.

Wir müssen in dieser Formel, in welcher die Länge des Stromleiters vorkommt, wiederum die t Metrik für diese Richtung der Feldausbreitung einsetzen und es heißt dann: B t v = U; dim. (c^2/s) (s/c) . c = c^2. Auch diese Gleichung hat koeffizientenlose numerische Gültigkeit.

Der sogenannte Verschiebungsstrom ist ein Raumbegriff. Er ist auf zwei Arten zu deuten. Erstens als Feld mal Rotar, dim. (c^2/s) . cs = c^3 und als Frequenz mal einem Rotar, der sich mit Lichtgeschwindigkeit vorwärts bewegt; dim. (c/s) (cs) . c = c^3.

Die Symmetrie zwischen der Raumgröße Rotar und der Masse zeigt die Nebeneinanderstellung: R = c^2t; M = c^2s.

Translationsrotar als Photon.

Der Verschiebungsstrom und die Artvorgänge um diese Art sind ein Zugang zur elektro-magnetischen Strahlung. Nachdem wir dem Rotar Ut logisch zwingend als Raumerscheinung einen Erhaltungssatz zuschreiben müssen, liegt es sehr nahe sich zu fragen, was würde passieren, wenn ein Rotar eine Translation hätte. Deutbar ist ein solcher Vorgang als U/n . c.

Man denke an die ursprüngliche Kepler'sche Deutung, aber auch daran, daß eine Fläche mal eine Frequenz mal eine Geschwindigkeit ein Volumen mal eine Frequenz durch eine Zeit ist. $s^2nc = s^3n/t$.

Es ist $c \cdot (cs) = c^2s$ die Dimension eines solchen vorwärtseilenden Rotars. Es ist die gleiche Bruttodimension, wie wir sie der Masse zuschreiben mußten. Als Erscheinung, als Art ist es aber etwas wesentlich anderes als die Masse. Man sieht, wie beim Abbremsen ein Lichtdruck entstehen kann und auch die Emission wird eine Kraft erfordern. $K = cRF$, dim. $K = c \cdot (cs)\ (c^2/s) = c^4$.

Es ist einleuchtend, daß das Denken im Raum, im vollkommen Leeren, wie wir es oft nennen, nicht leicht ist. Mit dem Begriff der Lichtgeschwindigkeit als Raumeigenschaft hat man sich allgemählich angefreundet. Es wird notwendig sein, sich auch mit dem Rotarbegriff bekannt zu machen. Wir schreiben darum noch einmal einige Gleichungen.

Der Translationsrotar $s^2nc = s^3n/t = (U/n) \cdot c = i/n = Uc/n$ ist von sehr feiner Struktur und Ordnung, was die Erhaltung der Polarisationsebene verständlich macht.* Die Form i/n Verschiebungsstrom durch Frequenz ist mehr eine Bruttovorstellung, aber sie liegt unserem Verständnis ziemlich nahe. $\frac{i}{n} = \frac{Uc}{n}$ also ein Potential, das sich ausbreitet und pulsiert. Man kann sich so denken, in welcher Weise die lebensspendende Energie der Sonne zu uns gelangt.

Offen ist die Frage, ob ein Translationsrotar eine Trägheit und noch dazu in jeder Richtung haben wird.

Eine bevorzugte Richtung, nämlich die der Lichtgeschwindigkeit, ist sicher vorhanden. Es ist die Richtung vom Emissionsystem nach Außen.

Man kann sich denken, daß unter bestimmten Umständen eine Substanzierung des $c \cdot cs$ zum c^2s möglich ist. Das im Potentialbegriff c^2 enthaltene c ist seiner Herkunft nach eine Wurzel aus c^4, als Kraft gedeutet (Krafteinheit Dyn).

Das erste c im $c \cdot cs$ ist aber die Lichtgeschwindigkeit. Man kann sich fragen, was das zweite c, als Lichtgeschwindigkeit gedacht, bewirken würde. Wir wollen auf diese Frage nicht eintreten, sondern bemerken nur, daß das Photon im Raum stets Lichtgeschwindigkeit besitzt, während die Massen im Raum nie Lichtgeschwindigkeit erreichen.

Der Translationsrotar mal ein Potential ist eine Energie. Dim. $c \cdot (cs)\ c^2 = E = (i/n) \cdot U = (c^3/n)\ c^2 = c^5/n$. Die letzte

* Siehe de Broglie „Wege und Umwege in der Theorie des Lichtes" (Licht und Materie).

Form ist eine Leistung geteilt durch eine Frequenz. Es gibt eine unglaubliche Zahl von Deutungsmöglichkeiten für das winzig kleine Energiepaket des Photons, das im Raum tausend Jahre vorwärtseilen kann, ohne seine Struktur zu ändern. Einige Formeln führen zu einer anders bekleideten Auffassung des Wesens der elektrischen Erscheinungen $(\frac{s^3 n}{t} = (cs)\ c = Utc)$.

Die Planck'sche Konstante h.

Denkt man sich nach Bohr einen Wasserstoffkern und das Umlaufelektron, so ist klar, daß auch der Kern ein Rotationsareal haben muß. Das Bohr'sche Modell ursprünglicher Art setzte eine starre Rotationsaxe voraus. Setzt man Masse des Kerns / Masse des Elektrons = 1 800, so scheint die Vernachlässigung bedeutungslos. Rein elektrisch gesehen ist aber Potential durch Frequenz gleich Rotar, d. h. er ist, da beide Ladungen e sind und die Abstände, sowie die Frequenz die gleichen, gleich für Elektron und Kern. Ein solches System mit reinen Zentralkräften ist eine Welt für sich. Damit ergibt sich eine Konstante; $e^2/2c\ .\ M_k/M_e$, welche in bezug auf ein äußeres Koordinaten-System die Umlaufenergie berechnen läßt. Sie ist sehr nahe der Planck'schen Konstanten h. Führt man diese Konstante in die Bremsstrahlungsgleichung für Röntgenstrahlen ein (Wellenlänge $= hc/eE$), so ist: Wellenlänge $= (e^2/2c)\ .\ (M_k/M_e)\ .\ (c/eE) = e\ M_k/E\ 2M_e$;

Diese einfache Formel ist numerisch richtig. Es ist E die absolute Spannung.

Ich bitte um Verzeihung für diese Abschweifung, die ich hier nur mitteilte, weil sie eine sehr einfache Deutung ergibt.

Die Kolonne der reinen c Potenzen.

Es gibt zwei Arten des Geschwindigkeits-Begriffs. Im Kino sehen wir wie ein Wagen fährt. Mit dem Spiegel streiften wir über die Häuser den Lichtstrahl und freuten uns, wenn die Fenster aufgingen. Das ist die eine Art. Der andere Geschwindigkeitsbegriff ist mit dem Wuchtbegriff untrennbar verbunden. Es ist diese Wucht, die plötzliche Wirbelstellen, nicht differenzierbare Stellen in stetigen Funktionen, ausschließt. ds/dt ist nur eine Relation, keine Definition dieses Begriffes. In allen Ge-

danken über die Geradlinigkeit des Lichtstrahls, liegt diese untrennbare Verbindung, Wucht und Geschwindigkeit zu Grunde. s und t sind dieser Eigenschaft vielleicht so viel teilhaftig, als im $s = ct$ und im $t = s/c$ steckt.

Ich möchte nun zeigen, warum die Potentiale, Ströme, Kräfte, Leistungen als reine c Potenzen herauskommen müssen. Zu diesem Zweck gehen wir in die Anfangszeit der Elektrostatik zurück, fügen aber noch Maßüberlegungen unter Berücksichtigung der Lichtgeschwindigkeit hinzu.

Man erteilte zwei gleichen Kugeln durch Berührung gleiche Ladung. Man wählte sie so klein, gegenüber dem Abstand, daß Influenzwirkungen vernachlässigt werden können. Es gilt dann das Coulomb'sche Gesetz mit den beiden Faktoren, die man als Potentiale deutet und wegen Symmetrie ist U^2 = Kraft. Wesentlich ist, daß für ein praktisches Meßsystem die Krafteinheit im vornherein schon gegeben ist (Dyn).

Ganz entsprechend ist das Vorgehen für die Bestimmung der Einheit des magnetischen Potentials. Für die Deutung wichtig ist der Umstand, daß es für ein bestimmtes U ungezählte verschiedene M gibt, wenn man ein r wählt derart, daß $M/r = U$ und es gibt ungezählte r, wenn man das M entsprechend wählt. Die Lage ist also ähnlich, wie wenn wir schreiben $c = s/t$.

Die Elektrotechnik besitzt ein sogenanntes elektrostatisches und elektromagnetisches Maßsystem mit widersprechenden Dimensionen.

Das Biot-Savart'sche Gesetz war Ursache der dimensionalen Unstimmigkeit. Es liegt aber noch ein numerischer Unterschied vor. Wir wollen nun diesen numerischen Unterschied, nachdem der dimensionale verschwunden ist, auf seine Ursache untersuchen.

Die absolute Einheit des Potentials heiße ein Realvolt. Sie hat den Betrag von 300 Volt. Die absolute Einheit des Stroms heißt ein Weber, sie hat den Betrag von 10 Ampère. Die absolute Einheit der Geschwindigkeit heiße ein Römer (Astronom und Entdecker der Lichtgeschwindigkeit). Sie hat im heutigen Messen den Betrag von 3.10^{10} cm / Sekunde.

Fundamentalsatz der Elektrik.

1 Realvolt . 1 Weber = 1 Dyn . 1 Römer. Man überzeuge sich an Hand der heutigen Namen: 300 Volt . 10 Amp. = 1 Dyn .

3.10^{10} cm / Sek. Es sind 3000 Watt = 3000 Joule / Sek. und 10^7 Dyn . cm = 1 Joule. Man kann ferner leicht beweisen, daß die Dimension des Stromes i um eine c Potenz höher sein muß, als die Dimension des Potentials.

Kraft mal Geschwindigkeit = Leistung; Dim. $c^4c = c^5$.
Strom mal Spannung = Leistung; Dim. $c^3c^2 = c^5$.
Spannungsquadrat = Kraft; Dim. $c^2 . c^2 = c^4$.
Also: $c^2c^2 . c = c^3c^2$; also $c^2c = c^3$.

Wir haben alle c Potenzen durchgangen und finden, daß ihre Deutung mit der Beobachtung übereinstimmt, frei sind von speziellen Annahmen über s und t, aber verbunden mit der Wahl der Krafteinheit und der Tatsache einer Feldgeschwindigkeit. Im elektrostatischen und elektromagnetischen Meßsystem sind die Einheiten der c Reihe dieselben.

Die abgeleiteten Begriffe der Elektrik.

Definieren wir elektrische Menge als Us, so ist diese Größe abhängig von der Wahl der Längeneinheit. Definieren wir die elektrische Menge als M = it, so ist diese Größe abhängig von der Wahl der Zeiteinheit. Somit ist klar: solange wir willkürliche von einander unabhängige Zeit- und Längenmaße wählen, gibt es verschiedene Maßsysteme. Setzen wir aber die Lichtgeschwindigkeit ein Römer = 1, so ist nach Wahl der Centimeter; 1 cm / 1 Römer = 1 t. Und nach Wahl der Sekunden ist die Längeneinheit 1 s = 1 Sek. . 1 Römer.

Es zeigt sich nun mit aller Klarheit, daß das sogenannte elektrostatische System dasjenige System ist, in dem der Centimeter als grundlegende Einheit gewählt wurde. Das sogenannte elektro-magnetische System aber ist das System, in dem die Sekunde als grundlegende Einheit gewählt wurde. Leider ist zu sagen, daß eine konsequente Durchführung weder im einen noch im anderen Falle vorliegt. Wir bezeichnen im Centimeter System die Zeiteinheit mit 1 Huygens (zu Ehren des Erfinders der Pendeluhr und der Wellentheorie des Lichtes). Es ist $1/3.10^{10}$ Sek. gleich 1 Huygens.

Wählen wir die Sekunde als primäre Gegebenheit, so entsteht ein System von mehr astronomischem Charakter. Wir bezeichnen die Längeneinheit 3.10^{10} cm = 1 Bessel.

Der Widerstand, die Dimension 1/c.

Die Dimension des Widerstandes ist eindeutig $c^2/c^3 = 1/c$, resp. $\frac{c^4}{c^5} = \frac{1}{c}$. Elektrisch ist diese Größe numerisch absolut Realohm = 1 Realvolt / 1 Weber; 1 Realohm = 300 Volt / 10 Amp. = 30 Ohm.

Der Begriff Widerstand 1/c unterscheidet sich von dem üblichen Widerstandsbegriff der Mechanik. Man sagte früher oft, der Widerstand sei eine Kraft. Wir haben in der dimensional Tabelle eine andere Deutung vorgenommen, nämlich derart, daß Leistung mal Widerstand eine Kraft ist. $c^5 \,.\, 1/c = c^4$. Diese Definition entspricht dann derjenigen in der Elektrik $c^3 \,.\, 1/c = c^2$. Es ist noch zu bemerken, daß die Art Widerstand in die c Reihe einzuordnen ist. Also im elektro-dynamischen und im elektro-statischen Maßsystem sich nicht ändert; auch numerisch gleich bleibt. Die Begriffe Winkelgeschwindigkeit mal Selbstinduktion und das Reziproke der Winkelgeschwindigkeit mal Kapazität sind in das Fach 1/c einzuordnen.

Die Dim. $s/c^2 = t^2/s$ Self ist eine Dimension, die mit unserer Auffassung, es sei für die Strombahn eine Zeitmetrik anzuwenden und in querer Richtung bleibe die Längenmetrik, übereinstimmt. Wählt man für eine Spule (z. B. einlagige Zylinderspule) einen mittleren Windungsabstand der Gesamtheit der Windungen, so liefert diese Gleichung numerisch richtige Selbstinduktionswerte, wenn man absolute Messung anwendet.

Kapazität und Selbstinduktion sind aber auch im elektromagnetischen Maßsystem mit Namen bezeichnet worden und sie sind wegen der blöden Wahl der Widerstandseinheit leider auch so. Wir wollen die richtigen Werte mit Realfarad und Realhenry bezeichnen.

Der Farad ist 9.10^{11} cm, also dreißig mal größer als die Besseleinheit. Er sollte numerisch mit dieser übereinstimmen. Es ist:

1 Realfarad . 1 Realvolt = 1 Weber . 1 Sekunde.

Es ist:

10^9 sogen. Centimeter Selbstinduktion = 1 Henry; 10^9 . 30 ist $3 \,.\, 10^{10}$. Es ist also das Henry dreißig mal zu klein gegenüber dem Realhenry.

1 Realfarad = 1/30 Farad; 1 Realhenry = 30 Henry.

Man hat das so gemacht, damit die numerische Übereinstimmung mit dem gewöhnlichen Ohm besteht. Dimensionalkontrolle:

$$1/c = (c/s) \,.\, (s/c^2); \text{ und } 1/c = \frac{1}{(c/s)\ s}; \text{ und numerisch:}$$

1 Realhenry . 1 Weber = 1 Realvolt . 1 Sekunde.
30 Henry . 10 Amp. = 300 Volt . 1 Sekunde.
1/30 Farad . 300 Volt = 10 Amp. . 1 Sekunde.

In der Hochfrequenz-Technik, speziell im Antennen-Bau spielt die Art „Wellenwiderstand des Raumes" eine wichtige Rolle. Er ist gemessen zu 376 Ohm. Eine absolute Ueberlegung ergibt 4 π Realohm. In allen Fällen, in denen die Kapazität nicht als Produkt zur Selbstinduktion auftritt, ist die Abweichung von den Absolutwerten unangenehm. Man kann speziell die Strahlung durchgehen und findet an manchen Stellen Deutungsprobleme, die erst nach Rückführung auf Absolutwerte einfach werden. Man könnte die Elektrik durchgehen, aber ich möchte dies an anderer Stelle tun. Wie einfach sich eine klare Deutung auswirkt, sei am Beispiel der Schwingungsformel für den Kapazitäts- und Selbstinduktionskreis gezeigt: Ich erinnere, daß die Einheit 1 Weber mit dem Einheitsbogen zusammenhängt. Wir finden nun, daß dimensional das Produkt Kapazität mal Selbstinduktion ein Zeitquadrat ist. Die Wurzel definiert diejenige Zeit, welche für die Zurücklegung des Einheitsbogens gebraucht wird. Der Fehler des Henry und des Farad heben sich auf und die Formel heißt: $T = \sqrt{LC}$.

In der üblichen Schreibweise steht ein 2 π vor der Wurzel, d. h. es ist nicht nach der Zeit zur Zurücklegung des Einheitsbogens gefragt, sondern nach derjenigen des Kreisumfanges.

Die Richtung als Bestimmungselement der physikalischen Begriffe.

Mathematisch betrachtet hat die Richtung keine Dimension. Dennoch erwarte ich einige Vorwürfe, gerade von dieser Seite, wegen meiner Artnamen und den damit geschriebenen Beziehungen. Eine Klarstellung in der die Richtung als charakterisierende Größe in eine dimensionale Systematik eingeführt würde, würde die Einheitlichkeit der Benennung der physikalischen Arten sehr fördern. Im CGS System ist die Richtung ebenso wenig berücksichtigt, wie in der vorliegenden dimen-

sionalen Systematik. Begrifflich spielt sie eine so wichtige Rolle, daß man sagen kann: ohne sie hat ein Dimensionalsystem nur etwa den Wert, wie die Bruttoformeln der Chemie.

Wir haben die Aufstellung der Dimensionen ohne Richtungsdimension als vorläufig bezeichnet.

Man kennt physikalische Gebiete, in denen und um die ein Geschehen stattfindet, ja sogar Gebiets-Individuen (Atome, Elektrone etc.). Es gibt dann in Analogie zum Menschen einen primären Begriff „von mir" und „zu mir". Und einen weiteren Begriff „von etwas" und „zum anderen". Ferner den neutralen Standpunkt, in dem die Fragestellung diese Begriffe nicht berührt (Herkunft der Begriffe Vektoren, Skalare).

Eine mathematisch-analytische Symmetrie des „zu mir" und „von mir" besteht. Eine physikalisch erscheinungsmäßige Symmetrie besteht naturgemäß nicht, weil der erste Begriff eine Konzentration, der zweite eine Zerstreuung zur Folge hat. Die Symmetrie Positron-Elektron scheint von dieser Art zu sein.

In dieser Arbeit möchte ich auf das Richtungs-Problem nur hinweisen. Die entstehende dreidimensionale Systematik wird die Begriffe enger umschreiben, sie wird in vieler Beziehung besser und genauer sein; naturgemäß weniger übersichtlich.

Mittelwertbildung, Kopplung und Paarungsproblem.

Besondere Beachtung verdient das Kopplung- und Paarungsproblem und die Folgen dieser Erscheinungen, für die Mittelwertbildung.

Der triviale Typus dieser Art ist umschrieben: 100 Reiter und 200 Pferde, geben höchsten 100 Berittene.

In der Physik könnte man denken, daß sich der Individualcharakter der Atome, Elektronen etc. nur in der Nähe der Einzelerscheinung bemerkbar macht, statistisch bei großen Zahlen aber nicht.

Die Chemie, das Faraday'sche Gesetz, die Emission und Absorption des Lichtes, sind Beispiele, daß sich Kopplungsvorgänge (Paarung, Entpaarung, Umpaarung) bei Untersuchungen, die Millionen von Individuen umfassen, bemerkbar machen.

Hier liegt z. B. der Grund, warum die Planck'sche Strahlungsgleichung, eine makraskopische Formel, auf ein Wirkungsquant hinwies.

Mittelwerte, in Gebieten mit Paarungserscheinungen, sind eben anders zu bilden, als wenn eine rein statistische Mischung nach ihren Mittelwertsgesetzen untersucht wird.

Eine Bitte an den Leser.

Auf die Frage: „Was ist?", gibt eine Aufzählung von Eigenschaften die Antwort. Zum Beispiel im Hotel: „Es ist der Herr von Nr. 18". Das heißt nicht: „Dieser Herr ist Nr. 18". Sagt man dennoch so, dann ist es eine sehr abgekürzte Sprechweise, die nur eine Eigenschaft, eine Zugehörigkeit kennzeichnet.

Sagen Sie also nur im dimensionalen Sinne die Mengen seien c^2s.

Zusammenfassung:

Leitend für das Studium der Struktur der physikalischen Gesetze war der Gedanke, daß bei der Aufstellung von Artformeln eine Deutung vorhanden sein muß. Es ist dann ein fundamentales Naturgesetz, daß solche Formeln Schlüsse zulassen. Aus den Artvorgängen treten neue Arten hervor. Die Begriffsbildung setzt dann ein. Das Rechnen als Zahlenoperation erfolgt immer auf Grund von Meßzahlen, also unbenannten Zahlen. Der problematische Charakter der Definition $ds/dt = c$ für die Geschwindigkeit als Wuchtbegriff und die Tatsache der Lichtgeschwindigkeit führten dazu, die Geschwindigkeit selbst in grundlegender Form in eine dimensionale Systematik einzuführen. Es zeigte sich, daß das Vorgehen den Erfolg hat, daß einer unmittelbaren Forderung des Verstandes, nämlich die Reduktion bis zum Grundbegriff soweit zu treiben, bis ganzzahlige Exponenten auftreten, Genüge getan wird. Eine weitere Forderung unmittelbaren Charakters ist die Forderung der dimensionalen Geschlossenheit. Sie tritt ein, wenn alle Mengen mit dem Symbol c^2s charakterisiert werden und in der Elektrodynamik die Zeitmetrik für die Strombahn eingeführt wird. Die Elektromagnetik erhält dann eine dimensional und numerisch befriedigende Deutung, welche mit der elektro-statischen übereinstimmt. Der

Unterschied zwischen sogenanntem elektro-magnetischem und sogenanntem elektro-statischem System erweist sich als nicht mit diesen Begriffen zusammenhängend, sondern lediglich bedingt durch die Wahl des Centimeters als zusätzliche Grundeinheit, oder durch die Wahl der Sekunde als solche Größe. Es wurde eine Systematik der gesamten physikalischen Begriffe aufgestellt, deren Ordnungsgedanke nicht ein alphabetischer, sondern ein mathematischer ist. Diese Systematik weist auf einen Begriff (Rotar), dem ein Erhaltungssatz zugeschrieben werden muß. Der Begriff ist wichtig, weil er ein reiner Raumbegriff ist. Sehr weitgehende Aussagen über das Wesen des $s^2/t = Ut$ drängen sich auf. Es ist für die Plank'sche Konstante eine Reduktion auf atomare Begriffe und die Lichtgeschwindigkeit mitgeteilt, welche Reduktion, wie zu erwarten, für die Röntgenbremsstrahlung eine besonders einfache Deutung gibt. Es wurden einige Beziehungen der Elektrik als Beispiele für die einfache dimensionale und numerische Deutung dargestellt. Es wurde bemerkt, daß die „Richtung", als Artbegriff aufgefaßt, eine genauere dimensionale Tabelle ergeben würde. Das Problem „Mittelwerte und Paarung" wurde kurz dargestellt.

Nachwort:

Die Anfänge der vorliegenden Arbeit gehen 12 Jahre zurück. Immer wieder fand sich ein Gebiet, das genau betrachtet werden mußte. Zusammenstellungen sind schon vor Jahren erfolgt. Manches Gebiet ist hier nicht dargestellt. Trotzdem ist es vielleicht am besten, diese Arbeit zunächst durchzulesen, um sie dann anzusehen.

Ich hoffe, das Gebäude, dessen Fundamente hier vorliegen, werde ausgebaut und danke meinem Bruder, Prof. Dr. C. Habicht, meinem Neffen Walter Habicht, Mathematiker, sowie besonders Herrn Prof. Paul Frauenfelder in Winterthur, für das Interesse, das sie meinen bruchstückweisen Mitteilungen jeweils entgegenbrachten.

Wenn ich diese Arbeit zum Druck bringe, benütze ich die seltene Gelegenheit, eine so umfangreiche Publikation vorzunehmen. Ich verdanke sie der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen und gedenke insbesondere meines großen Lehrmeisters Dr. Alfred Amsler, der in unermüdlicher Arbeit die Wissenschaft, wie die Meßtechnik, bereicherte.

Anschauliches zur vorliegenden Arbeit.

Nicht alles kann man in gerader Reihe darstellen. Kreuz und quer geht das Netzwerk, in dem man Fische und Begriffe fängt.

Mein Spezialgebiet ist Ultrafrequenz.

Gerade in diesem Gebiet ist es notwendig, sehr viele „wenn und aber“ zu verbinden.

Statik—Dynamik. Schwingkreise—Kopplungen. Röhrengleichströme, Elektronenströme, Verschiebungsströme, Mengen mal Frequenzen, Rotare mal Felder. Alles zusammen ist ideeller Bestandteil einer technischen Einheit.

Eine schwerfällige oder gar dimmensional uneinheitliche formale Darstellung gestattet kein anschauliches Denken.

In den ersten Tagen meiner Arbeiten über Ultrafrequenz, also vor ca. 12 Jahren, ist mit dem Nachdenken über lineare Schwingkreise auch der Begriff „Laufzeit“ für diese Kreise eingeführt worden. Sogar ein Patent mit dieser Bezeichnung wurde eingereicht, freilich nicht recht verstanden. Man hatte den Ausdruck für Elektronen im Vacum reserviert.

Ich stellte aber die Kondensator-Spulenkreise ($t = \sqrt{\frac{S^2}{C^2}}$) den Laufzeitkreisen gegenüber.

Laufzeitkreis ist eben alles, was wie der Löwe im Käfig hin und her geht und damit einen Rhythmus bestimmt. Die Voraussetzungen sind minimal: eine konstante Marschgeschwindigkeit und zwei Wendepunkte.

In diesen Kreisen ist $t = s/c$.

Auf der Lecherbrücke ist das c die Lichtgeschwindigkeit.

So gesehen, lag also die t Metrik für den Transport der elektrischen Menge über den Draht auf der Hand.

Dazu kam die Erinnerung, daß Ampère die Identität zwischen Stahlmagnetismus und Elektromagnetismus ernst genommen hat. In kühner Intuition erklärte er zu einer Zeit, die nichts von Supraleitung wußte, die Existenz von elementaren Strombahnen im Stahlmagneten. Nun ist $H = M/r^2$. Es ist aber $M = it$ und nicht wie bei Biot-Savart il.

Will man einen Wasserkübel, oder einen Kondensator, füllen, so muß ein Strom eine gewisse Zeit fließen. So dachte auch Faraday bei der Elektrolyse.

Wollen wir mit diesem Gesetz in Einklang bleiben und ist $M = it$ und $H = M/r^2$ so folgt $H = it/r^2$.

Es ist festzustellen, daß für die magnetische Menge wie für die elektrische Menge der Coulomb'sche Satz gilt, und daß das Biot-Sewart'sche Kraftgesetz im Grunde der Coulomb'sche Satz ist. $M\,H = K = MM/r^2$.

Auch diese Überlegung weist darauf hin, an die Laufzeit als Dimension der Strombahn zu glauben.

Schreibt der Theoretiker $1/c$, so beschreibt er ja geradezu die Laufzeit des Feldes im Draht. Besser gesagt nach Faraday, das entsprechende Feldgeschehen im Raum.

Ohne jede relativistische Korrektur gilt die Gleichung:

1 Realvolt . 1 Weber = 1 Dyn . 1 Römer.

Das ist ein fundamentaler Zusammenhang. Das rechte Glied der Gleichung stellt eine Leistung dar. Im Grunde die konsequenteste Einheit der Leistung, die man sich denken kann.

Überzeugt, daß eine viel einfachere dimensionale Struktur zu finden sein müsse, die eine leichte Übersicht gestattet, suchte ich den Inhalt „Elektrostatisches Maß-System und Elektromagnetisches System" zu präzisieren.

Ein Rückgriff auf jene Zeit, in der die bedeutenden Physiker das Potential und die Energie formulierten, zeigte, daß sich alle einig waren, daß: $U = M/r$ und $E = MU$.

Ferner gilt koeffizientenfrei $E = Mv^2/2$.

Für die Masse ist danach zweifellos die Möglichkeit gegeben, über diese Ausdrücke Statik und Dynamik (nicht nur über den Ausdruck $s = ct$) in Beziehung zu bringen. Es muß ja, ganz unabhängig von den, als unbekannt betrachteten Dimensionen der Masse und der Energie, das Potential U die Dimension des Geschwindigkeitsquadrates haben.

Dieser Schlüssel ist vor ca. 7 Jahren zuerst aus dem Coulomb'schen Satz und dem Masse Beschleunigungssatz gefunden worden. Ich traute aber noch nicht recht wegen dem Gravitations-Koeffizienten.

Die Folge ist natürlich eine Massedimension. $M = Ur = v^2r$.

Erst als ich vor ca. 5 Jahren die obige Potentialdimension ($U = v^2$) nach allen Richtungen überblicken konnte, stellte ich eine totale Systematik der physikalischen Beziehungen, auf

Grund dieser statischdynamischen Verbindungsgleichung, auf.

Es war mir damals selbstverständlich, daß wir $H = it/r^2$ deuten müssen und ich war eigentlich ziemlich erstaunt, daß diesem Punkt ein verhältnismäßig großes Gewicht beigemessen wurde, denn es gibt ja gar keine andere Möglichkeit für ein anschauliches Rechnen.

Eine Überprüfung von ca. 500 physikalischen Gesetzen ergab das Standhalten der Betrachtungsweise in allen Gebieten der Physik. Allerdings auch ein sehr großes Verzeichnis schludriger dimensionaler Behandlung der Naturgesetze bei allen möglichen Autoren. Immerhin ist zu sagen, daß die besten Theoretiker auch die sauberste Schreibart haben.

Ein spezielles Kapitel ist der technisch so wichtige Induktionsfluß. Man bezeichnet die magnetische Menge mit Maxwell. Ebenso den Induktionsfluß. Es ist mir nie klar geworden, was diese beiden magnetischen Zustände dann derart unterscheiden soll, daß man dem einen „Polstärke" und dem andern „Fluß" sagt. Ist es tatsächlich das Gleiche, so wäre die Unterscheidung irreführend und überflüssig.

Einerseits existiert ein Gesetz $U = d\Phi/dt$, aber kein Gesetz existiert das die Form hätte $U = dm/dt$.

Anderseits ist klar, daß die Gleichung $\Phi = Bs^2$, die Identität des Flusses mit der Menge postuliert.

Ich kann hier nicht alle Wege aufzeichnen und nur am Beispiel der Induktionsgleichung zeigen, wie ich vorging um Klarheit zu schaffen. $U = Blv/10^8$. Es ist klar, daß wir statt l ein t schreiben müssen, wenn wir konsequent dem Stromleiter die Zeitmetrik zuschreiben. Es muß dann $U = Btv$ heißen und es ist $t = s/c$, wobei hier $c = 1$ Römer.

Tatsächlich ergibt die Dim-Kontrolle $U = c\ (c^2/s)\ s/c = c^2$, während die gewöhnliche Formel ein c^3 ergeben würde.

Diese Formel kann man nun auch mit dem Induktionsfluß schreiben. Man muß sich nur die Umrandung des Flusses mit einer Zeitmetrik gemessen denken und das Quer dazu mit der Längenmetrik. Die Sachlage entspricht dann genau der von Ampère dargestellten Situationen.

Die dimensionale Nachprüfung ergibt dann: $\Phi = Bst = \frac{Bs^2}{c}$ dim $\frac{c^2}{s}\frac{s^2}{c} = cs$.

Der Induktionsfluß ist Rotar!

Das Induktionsgesetz ist also ein alter Bekannter. Er ist nur etwas verkleidet und hat eben das andere Aussehen, das für die elektrischen Erscheinungen charakteristisch ist. Aber sonst: Die Kepler - Fläche mal der Frequenz ist ein Potential. $U = \Phi n = \frac{\Phi}{t}$

Man schreibt nun hier nicht n, sondern 1/t, wobei dieses t die Zeit bedeutet, in der das Keplergebiet durchschnitten wird vom Draht.

Sehr geehrter Leser! Ich habe meine Arbeit einigemale geschrieben und jedesmal eine ganze Anzahl Themen weggestrichen. Ich möchte auch hier das Rosinenpicken nicht anfangen, in einem Maßstabe, der Anlaß zu einer Magenverstimmung geben könnte. Aber es ist klar, daß im Quantengebiet, wie in den Betrachtungen, die sich aus dem Doppler'schen Satz ergeben, sehr vieles auf der Hand liegt, sobald wir an den Erhaltungssatz des Rotars denken. Seine Bedeutung geht am leichtesten daraus hervor, daß die Wirkung = Masse . Rotar ist.

Aus technischen Kreisen ist der Wunsch geäußert worden, es möge ein numerischer Anhang den Übergang zur Praxis darstellen.

Wir konstatieren, daß nach Wahl der Krafteinheit (Dyn) und unter Berücksichtigung des Vorhandenseins einer Lichtgeschwindigkeit

die Leistungseinheit c^5
die Krafteinheit c^4
die Stromeinheit c^3
die Potentialeinheit c^2
die Leitfähigkeitseinheit c
die Zahleneinheit 1
die Widerstandseinheit $^1/c$

gegeben sind und zwar unabhängig davon, was wir im weitern noch für Einheiten für die Länge, oder für die Zeit, wählen. Ja wir finden sogar, daß für diese Begriffe der Übergang von einem cm-System zum Sek.-System nichts ändert.

Die Frage liegt nahe, muß man denn diesen v, oder was es gleich sind, c sagen? Ich möchte Sie bitten, zu berücksichtigen, daß ein zweidimensionales Strukturschema enorme Vorteile hat. Anderseits müssen wir eben in die vorhandenen Fächer alle

physikalischen Begriffe einordnen. Nebenbei gesagt: es schadet nichts, wenn man denken muß. Man findet unter „Handwerker" die „Schuster" leicht heraus.

Es ist aber klar, daß in einem Strukturschema die Symbolik etwas anders ist als in der üblichen Mathematik. c (cs) ist noch lange nicht c^2s, denn es kann ein v (cs) oder ein v (vs) oder ein c (vs) ebensogut bedeuten wie ein c (cs) im alten Sinn. Umgekehrt bedeutet natürlich das c^2s im Schema alle diese Möglichkeiten, Also eventuell ein v^2s oder ein cvs.

Wir nehmen nun als Beispiel die Elektrik.

Die Fundamentalgleichung zwingt uns, in der Elektrik die Geschwindigkeitseinheit = 1 Römer zu setzen. Dann ist in vielen Gleichungen der numerische Betrag auch dann in Ordnung, wenn die Deutung erst unter Berücksichtigung dieser Geschwindigkeit stimmt.

Gleichungen dieser Art (hauptsächlich technisch geschrieben):

1) $\int H\,dl = 4\pi Ni$; neu: $\int H\,dl\,c = 4\pi Ni$ also numerisch

$\int H\,dl\,1 = 4\pi Ni$

2) $H = \frac{i \sin\alpha}{r^2} \cdot l$; neu: $\frac{i \sin\alpha}{r^2} \cdot \frac{l}{c}$ also num. $H = \frac{i\,l \sin\alpha}{1 \cdot r^2}$

3) $\Phi = Bs^2$; neu: $= B\,\frac{s^2}{c}$ also num. $\Phi = \frac{Bs^2}{1}$

4) $\Phi = \frac{Ni}{l/\mu Q}\,4\pi$; neu: $\frac{4\pi Ni}{\frac{l\,c}{\frac{\mu s^2}{c}}} = \frac{4\pi Ni}{\frac{l\,c^2}{\mu Q}}$ also num. $\Phi = \frac{Ni}{\frac{l\,1^2}{\mu Q}}\,4\pi$

5) Die Reluktanz $= \frac{l}{\mu Q}$; neu: $\frac{l\,c^2}{\mu Q}$ also num. Rel $= \frac{l\,1^2}{\mu Q}$; dim $\frac{c^2}{s}$

6) Die Selbstinduktion L in Henry ist $\frac{s}{c^2} = \frac{t^2}{s}$ und $t^2 = \frac{s^2}{c^2}$

numerisch für c = 1 Römer. $L = \frac{s^2}{1^2} \cdot \frac{1}{s}$. Man muß aber berücksichtigen, daß der Bogen 1 in der Definition der Stromeinheit vorkommt. Ferner ist ein „quer" durch eine Kupferspule kein „quer" durch den Raum. c ist dann nicht num. = 1. Bedeutung von ε und μ.

Die nahe strukturelle Beziehung der Self zur Reluktanz ist ersichtlich. Man beachte, daß hier c^2 wirklich ein Römerquadrat ist und nicht wie gewöhnlich ein $\sqrt{\text{Dyn.}}$

Alle diese Gleichungen ändern also numerisch nicht gegenüber üblicher Schreibweise. Anders ist die Sachlage für die Energie, den Impuls, die Masse, den Rotar.

Hier ist natürlich die Wahl der Längeneinheit, oder im t-System die Wahl der Zeiteinheit, bestimmend.

Hier und nicht anderswo liegt der Grund, warum man zwei wesentlich verschiedene Maß-Systeme bekommt, wenn man einmal schreibt M = Us und das andere Mal M = it.

Statisches, beziehungsweise elektromagnetisches System, ist also eine irreführende Bezeichnung, denn die ganze Angelegenheit hat mit der Elektrik nur insofern zu tun, als dort die hervorragende Bedeutung der Lichtgeschwindigkeit auffallender ist als z. B. in der Mechanik.

Die koeffizientenfreie Induktionsgleichung.

$$U = \frac{d\,\Phi}{d\,t} \cdot 10^{-8}\ \text{Volt} = \frac{d\,\Phi}{d\,t} \cdot \frac{1}{3.10^{10}}\ \text{real Volt.}$$

Hier ist t ein beliebiger Zeitablauf einer materiellen Bewegung. Wir führen den Draht so durch den Fluß, daß er den gesamten betrachteten Fluß schneidet. Im cm-System ist die Zeiteinheit, mit der wir t messen müssen 1 Huygens $= \frac{1}{3.10^{10}}$ Sekunden. Mit anderen Worten: Die Meßzahl wird 3.10^{10} mal größer, als wenn wir mit Sekunden messen, wir haben dort wo t steht ein 3.10^{10} hinzuzufügen. $U = \frac{d\,\Phi}{dt\,.\,3.10^{10}\ \text{sec}} = \frac{d\,\Phi}{dt\ \text{Huygens}}$

$$\dim U = c^2 = \frac{c\,s}{s/c}$$

Schreiben wir die Induktionsgleichung U = B t v real Volt, also $U = B\,\frac{1}{c}\,v$ so ist c im $\frac{1}{c}$ eine Feldgeschwindigkeit also 1 Römer. Damit ist num. $U = B\,\frac{1}{1}\,v$. Nun ist aber (im cm = System) $v = \frac{1}{t\ \text{Huygens}}$ und dieses t ist keine Feldzeit, sondern die Zeit einer Materie-Bewegung (Drahtverschiebung). Somit kommt wie vorher bei der Messung mit Sekunden zu diesem t ein 3.10^{10}.

Im konsequenten System ist $U = Bt\ v$ ohne Koeffizienten . dim $U = c^2 = \frac{c^2}{s}\,\frac{s}{c}\,c$

Man kann im t-System mit Römer und Bessel genau gleich überlegen und bekommt das gleiche Resultat.

Zum Schluß dieses numerischen Teiles noch etwas über den Widerstand $^1/c$ und seine Dimensions - Kameraden ω L und $\frac{1}{\omega C}$. Wir bewiesen, daß $U\,c = i$ und dieses $c = 1$ Römer.

Also ist $\frac{U}{i} = \frac{U}{Uc} = \frac{1}{c_{\text{Römer}}}$. Anderseits ist 300 Volt . 10 Amp. = 3000 Watt = 3.10^{10} $^{cm}/_{sec}$ Dyn.

Also ist das Produkt U i und der Quotient $\frac{U}{i}$ sinnvoll.

$U\,i$ = Dyn . Römer und $= U/i = \frac{1}{\text{Römer}}$ (für die Einheiten).

Das ist eine sehr klare Sachlage, die den Theoretiker zwingt, immer wieder die absoluten Einheiten zu benützen. Auch der Widerstand $^1/c$ ist aber, besonders in der Hochfrequenztechnik, wichtig in dimensionaler Beziehung.

$\frac{300\text{ Volt}}{10\text{ Amp.}} = 30\ \Omega = \frac{1\text{ real Volt}}{1\text{ Weber}} = 1$ real Ω. Es sind: 10^9 sogenannte cm Self 1 Henry. Diese Größe ist also 30 mal zu klein gegenüber 3.10^{10}. Dagegen sind 9.10^{11} cm Capazität 1 Farad. Dieses Farad ist also 30 mal zu groß gegenüber dem Bessel. Es ist: 1 Volt Farad = 1 Coulomb = 1 Amp. . 1 sec und natürlich auch: 1 real Volt . 1 Bessel = 1 Weber . 1 sec. Auch $\omega\,L_{\text{Henry}}$ stimmt auf Ohm ebenso $\frac{1}{\omega C_{\text{Farad}}}$. Und schließlich ist die Zeit für den Einheitsbogen einer Kreisfrequenz $T_{sec} = \sqrt{\text{Farad . Henry}}$; $T_{sec} = \sqrt{\text{real Farad . real Henry}}$. Ferner ist in einem konsequeten System und c = 1 Römer numerische Übereinstimmung zwischen s und t vorhanden. ct = s;

$$s = \sqrt{\frac{s^2}{1^2}}.$$

Die Naturgesetze, die z. B. die Geschwindigkeit und die Leitfähigkeit (resp. das Fach, die dim Leitfähigkeit) betreffen, zeigen den Wert eines konsequenten Systems.

Solche Formeln kennt die Theorie der Elektronenröhren, also die Technik, wie die Physik. Ferner ist aber z. B. die wichtige Naturkonstante, die als „Wellenwiderstand“ bezeichnet ist und für lineare Leitersysteme eine große Rolle spielt, in der gewöhnlichen Schreibart 378 Ohm. Dagegen absolut 4π real Ohm.

Die Arbeit von Gauß und Weber ist nicht genug zu bewundern. Was man sagen darf ist folgendes: Man hätte nicht gefällig sein sollen, sondern festhalten am Erkannten, wäre gefälliger gewesen. Heute, in der Zeit der Hochfrequenz, zeigt sich das sehr deutlich. Anderseits ist jetzt nicht mehr die Zeit für irgendwelche Maßeinheitsänderungen. Um so besser bekannt müssen die Fundamente sein. Wenn der vorliegende Anhang in dieser Richtung nützlich ist, ist sein Zweck erfüllt.

Letzte Reduktions- oder Grundbegriffe.

Es sind in neuerer Zeit sehr viele physikalisch-philosophische Betrachtungen erschienen.

Krise der Physik. Versagen der Raum- und Zeitgrundlage. Krise der Erkenntnis. Kausalität in Frage. Ablehnung von Raum und Zeit als Grundlage in einem physikalischen Weltbild usw.

Demgegenüber sei die Frage gestattet: Hat man wirklich Länge und Zeit zur Grundlage zu machen versucht und sind die bisherigen Strukturformen auf diesen Reduktionsbegriffen aufgebaut?

Wir müssen uns da klar werden.

Die siebente Wurzel aus einem Stuhl ist kein Stuhl. Auch die Quadratwurzel aus einem Backstein ist kein Backstein.

Nur für den reinen Zahlenmenschen geht die reelle, imaginäre und komplexe Welt als ein begriffliches Kontinuum ineinander über.

Für den Physiker gibt es Kreise, die sich nicht schneiden und andere die sich schneiden.

Wenn wir sagen, daß ein Gebäude aus 50 000 Ziegeln und so und soviel Zement errichtet sei, so ist das klar.

Wenn aber einer käme und sagte er wolle 300 000 Ziegelwurzeln und 2 700 Kubik Zementquadratwurzeln dazu verwenden, so wären wir verblüfft und nicht im Bild.

Mit andern Worten, wir müßten dann diesen Herrn bitten, uns doch erst einmal diese neuen Begriffe vorzustellen.

In der Einleitung dieser Arbeit ist ausgeführt, daß Artvorgänge neuen Begriffen rufen und die neuen Begriffe rufen neuen Worten.

Es geht daraus hervor, daß es keine Rückführung auf Länge, Masse, und Sekunde bedeutet, wenn z. B. eine Strukturformel $Cm^{3}/_{2}\ G^{1}/_{2}\ Sec^{-2}$ geschrieben wird. Der Reduktionsbegriff ist ja gar nicht das Centimeter oder das Gramm, sondern es sind ganz unbekannte Begriffe.

Der Mathematiker bemerkt zu diesen Dingen, daß seine Funktionen, welche auf das naturgesetzliche Geschehen Anwendung finden, Symbole enthalten, die Meßzahlen, also reine Zahlen darstellen.

Es ist dann klar, daß Wurzeln gar nichts besonderes sind und die hier vorliegende groteske Darstellung wird als gegenstandslos abgelehnt. Nur mit gemischten Gefühlen leiht er ja dem Physiker die Gebilde der reinen Größenlehre.

Angenommen, aber nicht zugegeben, es wären die Symbole (Buchstaben) in den Naturgesetzen reine Zahlen.

Wie entstehen dann philosophische Aussagen über Raum, Zeit, Menge (Masse). Diese Arten treten ja gar nicht auf in solchen Gleichungen, deren Symbole doch reine Zahlen sein sollen. Da sie aber nicht auftreten, können die Vertreter dieser Meinung nichts über diese Dinge sagen.

Ich glaube es ist zweckmäßig einen anderen Standpunkt einzunehmen und in Anlehnung an das anschauliche Denken die naturwissenschaftliche Art als ein begriffliches Dasein, das als Faktor (Quotient) in einer naturwissenschaftlichen funktionellen Darstellung auftreten kann, zu definieren.

Wir nennen dann Grundbegriffe die letzten Reduktionsbegriffe, diejenigen Arten, die als Faktoren in einer Dimensionaltabelle auftreten. Diese Tabelle wird somit nur ganzzahlige Potenzexponenten aufweisen.

So gesehen erfährt der naturwissenschaftliche Artbegriff eine Abgrenzung.

Die vorliegende dimensionale Tabelle zeigt, daß es möglich ist, mit Verwendung bekannter Begriffe, den physikalischen Gesetzen eine solche Struktur zu geben.

Die Natur ist einfach. Nur das Spiel ist beliebig kompliziert.

(Manuskript am 31. August 1941 eingegangen).