Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 22 (1931)

Heft: 26

Artikel: Graphische Darstellung von Mass-Systemen : (Dimensions-Vektoren)

Autor: Wüger, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1058610

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

BULLETIN

RÉDACTION:
Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens
et de l'Union de Centrales Suisses d'électricité, Zurich 8

EDITEUR ET ADMINISTRATION:
Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei S. A., Zurich 4
Stauffacherquai 36/38

XXII^e Année — N° 26 — Samedi, 26 Décembre 1931

Graphische Darstellung von Mass-Systemen.
(Dimensions-Vektoren).

Von Dipl.-Ing. *H. Wüger*, Zürich.

518.4:537.7

Der Autor unternimmt den Versuch, die in ihren Dimensionen nur schwer übersehbaren Grössen eines Maßsystems in einem räumlichen rechtwinkligen Koordinatensystem graphisch darzustellen. Er trägt zu diesem Zweck auf den drei Achsen die Potenzen der drei Grunddimensionen des darzustellenden Maßsystems auf und zeichnet alle Grössen an dem ihnen in diesem System zukommenden Platz ein. Bei zweckmässiger Wahl der Grunddimensionen erreicht man ziemlich übersichtliche Darstellungen. An Hand von Beispielen wird die praktische Brauchbarkeit solcher Darstellungen gezeigt.

L'auteur entreprend de représenter dans l'espace, à l'aide d'un système de coordonnées rectangulaires les différentes grandeurs d'un système de mesure dont nous ne saisissons que difficilement les dimensions. Dans ce but, il reporte sur les trois axes du système les puissances des trois dimensions fondamentales et dessine les grandeurs à la place qui leur revient dans ce système. En choisissant convenablement les dimensions fondamentales, on obtient une représentation assez claire de l'ensemble. A l'aide de quelques exemples, l'auteur montre l'utilisation pratique de ces représentations.

Allgemein baut sich die Dimension irgend einer physikalischen Grösse aus drei Teildimensionen auf, von denen jede in Potenzen einer Grunddimension ausgedrückt werden kann. Leider bestehen nebeneinander eine ganze Reihe Mass-systeme, die sich dadurch voneinander unterscheiden, dass ihnen entweder verschiedene Grunddimensionen zugrunde gelegt sind, oder aber, dass die Einheiten verschieden gross gewählt werden.

Die Grunddimensionen des *CGS-Systems* sind die Länge, die Masse und die Zeit und die zugehörigen Einheiten sind der Centimeter, das (Massen-)Gramm und die Sekunde. Auf diesem Mass-system sind auch die in der Elektrotechnik gebräuchlichen Maßsysteme aufgebaut. Es sind dies das noch in der drahtlosen Telephonie verwendete elektrostatische, das elektromagnetische und das sogenannte elektrotechnische Maßsystem. Diese Systeme unterscheiden sich dadurch voneinander, dass die Dimensionen der absoluten Permeabilität und der Dielektrizitäts-Konstanten verschieden gewählt sind und ferner durch verschieden grosse Einheiten.

Neben dem CGS-System hat in der Technik (technische Mechanik) das sogenannte *praktische* oder *technische Maßsystem* grosse Bedeutung. Seine Grunddimensionen sind die Länge, das Gewicht (bzw. die Kraft) und die Zeit; die zugehörigen Einheiten sind der Centimeter, das Kilogramm (-Gewicht) und die Sekunde.

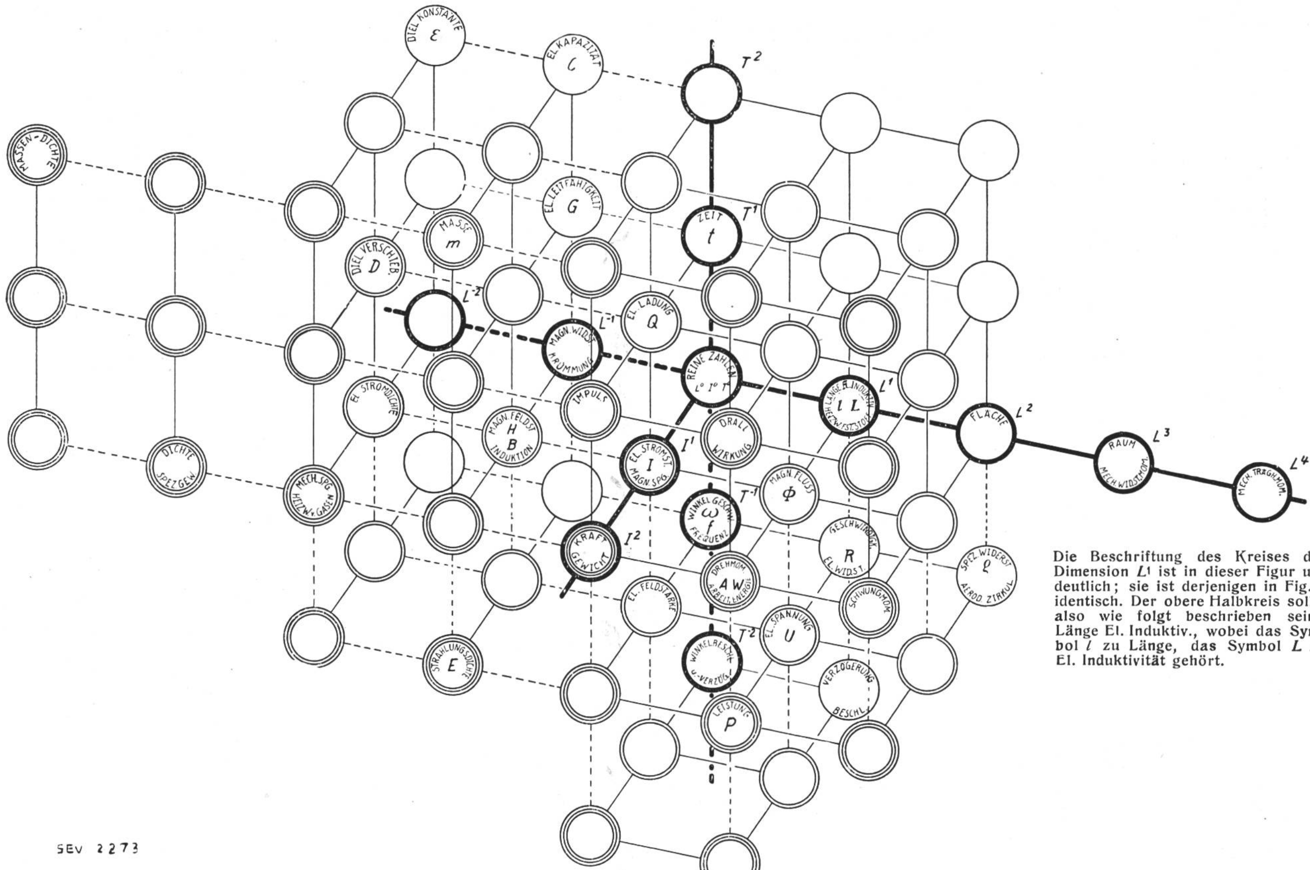
Diese Vielheit der Maßsysteme bedeutet für das technische Rechnen ein lästiges Hemmnis. In der Elektrotechnik macht sich dieser Uebelstand am stärksten geltend. Während in der Mechanik und teils auch in der Wärmelehre die Dimensionen der physikalischen Grössen zumeist direkt angegeben werden (z. B. m^2 für Flächen, m/s für Geschwindigkeiten, mkg für Arbeit usw.) führen in der Elektrotechnik die meisten Einheiten besondere Eigennamen, die nicht mehr ohne weiteres auf die Dimension schliessen lassen (z. B. Ampère, Volt, Ohm, Henry, Farad, Weber, Gauss usw.). Das Bedürfnis nach solchen Eigennamen rührt nun zum guten Teil daher, weil die Dimensionen elektrischer Grössen, gemessen in den Einheiten des CGS-Systems oder auch des technischen Systems, verwickelt und nicht sinnfällig sind. Wählt man z. B. folgende Abkürzungen:

$$\begin{aligned}\text{Dimension der Länge} &= L\\ \text{Dimension der Masse} &= M\\ \text{Dimension der Zeit} &= T\end{aligned}$$

so ergeben sich beispielsweise folgende Ausdrücke

$$\begin{aligned}\text{Dimension der elektrischen Spannung} &= L^{3/2} M^{1/2} T^{-2}\\ \text{Dimension des elektrischen Stromes} &= L^{1/2} M^{1/2} T^{-1}\end{aligned}$$

Solche Ausdrücke sind natürlich schwer im Gedächtnis zu behalten. Die Kenntnis der Dimension ist aber bei elektrischen Grössen nicht minder wichtig. Auch Nicht-Elektriker würden es wahrscheinlich begrüssen, wenn sie sich über die Dimension elektrischer Grössen grössere Klarheit verschaffen könnten. Eine beliebte und in der Technik sonst sehr geläufige Rechnungskontrolle besteht ja bekanntlich im Dimensionsvergleich.



Die Beschriftung des Kreises der Dimension L^1 ist in dieser Figur undeutlich; sie ist derjenigen in Fig. 2 identisch. Der obere Halbkreis sollte also wie folgt beschrieben sein: Länge El. Induktiv., wobei das Symbol *l* zu Länge, das Symbol *L* zu El. Induktivität gehört.

Fig. 1 [2]).
Technisches Mass-System in graphischer Darstellung (rechtwinkliges Koordinatensystem in axonometrischer Darstellung).
Grössen, welche die Dimension *I* nicht enthalten, sind durch einfachen Kreis dargestellt; Grössen, welche die erste Potenz der Dimension *I* enthalten, sind durch einen Doppelkreis dargestellt; Grössen, welche das Quadrat der Dimension *I* enthalten, sind durch einen dreifachen Kreis dargestellt. Die Strichart bezeichnet das Vorzeichen des Exponenten für die der Strecke zugeordnete Grunddimension; beim Durchlaufen der Strecken im vom Nullpunkt weggerichteten Sinn sind ausgezogene Strecken mit positivem, gestrichelte Strecken dagegen mit negativem Vorzeichen zu versehen.

Im folgenden soll ein Versuch gezeigt werden, wie mit einfachen Mitteln ein Ueberblick über die Dimensionen aller physikalischen Grössen, mit Einschluss der elektrischen und magnetischen, gewonnen werden kann.

Die Dimensionsausdrücke mit gebrochenen Exponenten, wie solche für elektrische und magnetische Grössen im CGS-System erscheinen, deuten an, dass die gewählte Grunddimension «Masse» selber schon eine zusammengesetzte Dimension ist. Auch die im technischen System gewählte Dimension «Kraft» (bzw. Gewicht) ist nicht «unteilbar». Wählt man dagegen als Grunddimensionen eines neuen Maßsystemes z. B. die Grössen: Länge *L*, elektrische Stromstärke *I* und die Zeit *T*, so können alle Dimensionen in ganzzahligen Potenzen dieser Grunddimensionen ausgedrückt werden [1]). Dieses Maßsystem sei kurz als *LIT*-System bezeichnet.

In einem dreiachsigen, rechtwinkligen Koordinatensystem möge nun jeder der drei Grunddimensionen eine Achse zugeordnet sein. Trägt man dann auf jeder Achse vom Koordinaten-Nullpunkt aus die Potenzen der zugehörigen Grunddimensionen ab, also z. B. auf der *X*-Achse (L^0), L^1, L^2, L^3, L^4 bzw. L^{-1}, L^{-2}, L^{-3} usw., auf der *Y*-Achse (I^0), I^1, I^2

[1]) Diese Bedingung kann auch bei Wahl anderer Grössen als Grunddimensionen erfüllt werden. Z. B. Länge, elektrische Ladung und Zeit, oder Geschwindigkeit, Ladung und Zeit und andere mehr. Die Wahl von Länge, Strom und Zeit bietet den Vorteil, dass sich eine enge Anlehnung an das vorhandene technische Maßsystem (Länge, Kraft und Zeit) ergibt. Es liegt immerhin nahe, an die Schaffung eines «natürlichen» Maßsystems zu denken, bei dem dann diejenigen Grössen, denen in der Natur elementare Bedeutung zukommt, als Grunddimensionen gewählt würden. Als solche kämen nach dem heutigen Stande der Forschung etwa in Betracht die Geschwindigkeit, die Ladung und die Zeit.

[2]) *In Fig. 1 und 2 verwendete Abkürzungen:*

Aerod.Zirkul.	=	Aerodynamische Zirkulation.
Diel.Konstante	=	Dielektrizitätskonstante.
Diel.Verschieb.	=	Dielektrische Verschiebung.
Drehmom.	=	Drehmoment.
El.Induktiv.	=	Elektrische Induktivität.
El.Stromst.	=	Elektrische Stromstärke.
El.Kapazität	=	Elektrische Kapazität.
Heizw.fst.Stoff.	=	Heizwert fester Stoffe.
Magn.Feldst.	=	Magnetische Feldstärke.
Magn.Widst.	=	Magnetischer Widerstand.
Magn.Spg.	=	Magnetische Spannung.
Massenträgh.Mom.	=	Massenträgheitsmoment.
Mech.Spg.	=	Mechanische Spannung.
Mech.Trägh.Mom.	=	Mechanisches Trägheitsmoment.
Mech.Widst.Mom.	=	Mechanisches Widerstandsmoment.
Spez.Gew.	=	Spezifisches Gewicht.

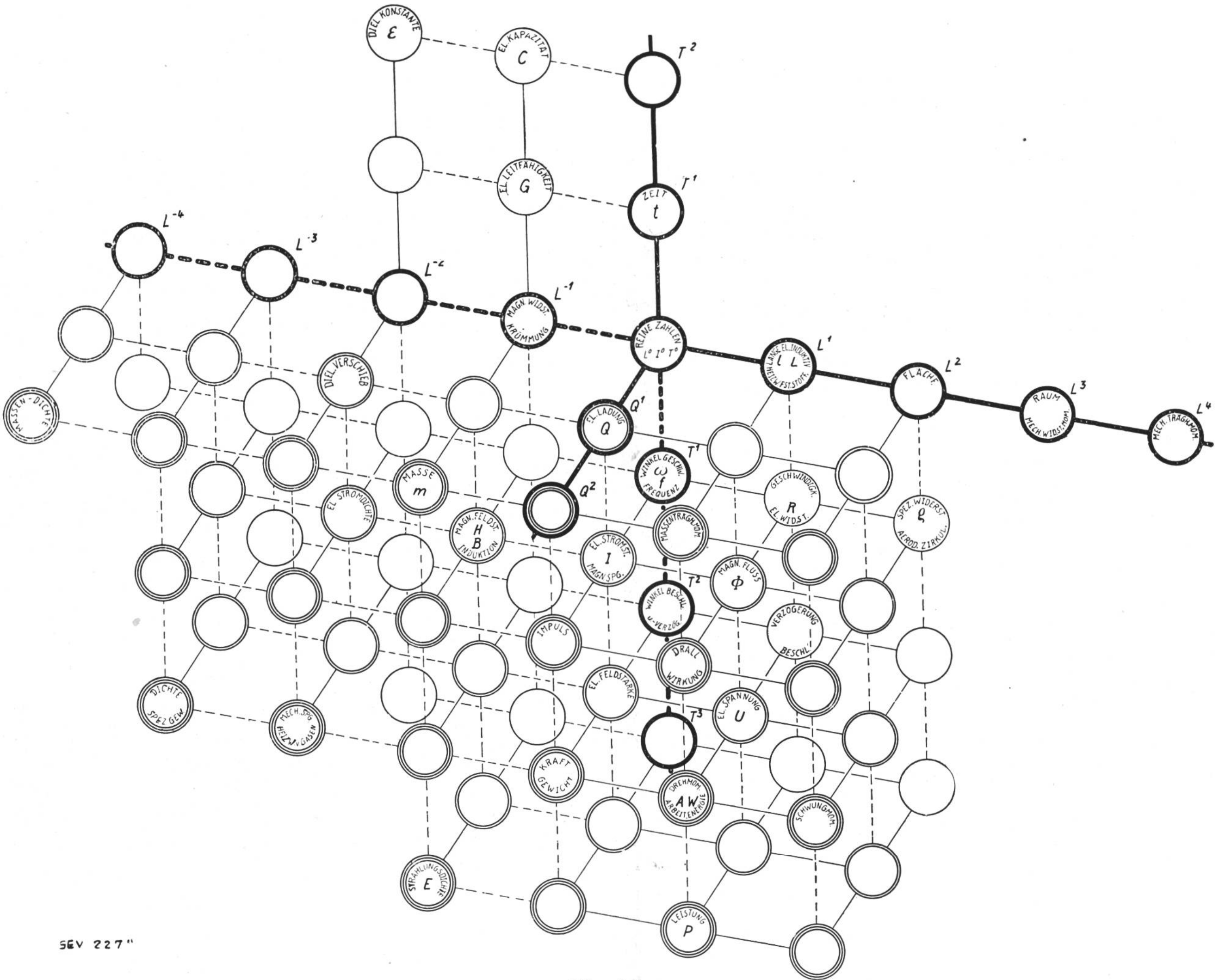


Fig. 2 [2]).
CGS-Mass-System in graphischer Darstellung (rechtwinkliges Koordinatensystem in axonometrischer Darstellung).
Grössen, welche die Dimension Q nicht enthalten, sind durch einfachen Kreis dargestellt; Grössen, welche die erste Potenz der Dimension Q enthalten, sind durch einen Doppelkreis dargestellt; Grössen, welche das Quadrat der Dimension Q enthalten, sind durch einen dreifachen Kreis dargestellt. Die Strichart bezeichnet das Vorzeichen des Exponenten für die der Strecke zugeordnete Grunddimension; beim Durchlaufen der Strecken im vom Nullpunkt weggerichteten Sinn sind ausgezogene Strecken mit positivem, gestrichelte Strecken mitnegativem Vorzeichen zu versehen.

bzw. I^{-1}, I^{-2} (für das *LIT*-System) oder (Q^0), Q^1, Q^2 *bzw.* Q^{-1}, Q^{-2} (für ein später noch anzuwendendes *LQT*-System, wobei Q = Dimension der elektrischen Ladung) und auf der *Z*-Achse (T^0), T^1, T^2 bzw. T^{-1}, T^{-2} ab, so kann jede beliebige Dimension durch einen Punkt im Raum dargestellt werden. Der Koordinaten-Nullpunkt ist der Ort aller «dimensionslosen» Grössen (reine Zahlen, ferner z. B. Temperaturen usw.).

In einem solchen Diagramm können die Dimensionen aber auch als gerichtete Strecken, also als (Dimensions)-Vektoren aufgefasst werden. Ihre Länge ist gegeben durch den kürzesten Abstand zwischen dem Koordinaten-Nullpunkt und dem «Dimensionspunkt». Der Dimensionsvektor ist vom Nullpunkt weggerichtet.

Solche Vektordiagramme lassen sich für jedes beliebige Maßsystem aufbauen. Schreibt man dann zu jedem Vektor-Endpunkt den Namen der durch ihn versinnbildlichten physikalischen Grösse, so erhält man Bilder, wie Fig. 1 und Fig. 2. (Anstelle der ebenen Zeichung könnte natürlich auch ein räumliches Modell verwendet werden.)

Solche Diagramme gestatten, für jede beliebige Grösse sofort die Dimension abzulesen. Es genügt nämlich, auf den Koordinatenachsen die Länge der Projektionen abzulesen, die, wenn das Maßsystem zweckmässig gewählt wurde, immer ganze Vielfache einer Einheitsstrecke ausmachen. Die Anzahl der Einheitsstrecken gibt dann gerade immer den Exponenten an, der für die entsprechende Grunddimension angewendet werden muss.

Wie andere Vektoren, so können auch die Dimensionsvektoren parallel verschoben und aneinander gereiht werden. Aneinanderreihung bewirkt Multiplikation der durch die Vektoren versinnbildlichten Grössen (bzw. Division, wenn die Richtung, der Pfeilsinn eines Vektors, gewechselt wird). Macht man von der Möglichkeit, Vektoren zu kombinieren, Gebrauch, so können aus den Dimensions-

Diagrammen sozusagen alle physikalischen Gesetze direkt abgelesen werden, abgesehen natürlich von den allerdings auch wichtigen Zahlenfaktoren, d. h. es kann die Dimensionskontrolle vorgenommen werden.

Einige *Beispiele* mögen zur Erläuterung dienen:

1. Zieht man vom Vektor «Leistung» den Vektor «Strom» ab (dividiert man also die Leistung durch den Strom), so kommt man in den Endpunkt des Spannungsvektors. Somit:

$$\frac{\text{Leistung}}{\text{Strom}} = \frac{P}{I} = \text{Spannung} = U.$$

2. Die in einem stromdurchflossenen Widerstand freiwerdende Leistung beträgt bekanntlich $P = I^2 \cdot R$. Im Diagramm erkennt man dieses Gesetz, indem man vom Koordinaten-Nullpunkt aus zwei Stromvektoren und den Widerstandsvektor aneinanderreiht und in den Endpunkt des Leistungsvektors gelangt.

3. Soll die Beziehung zwischen Blindleistung eines elektrischen Kondensators, dessen Kapazität, der Spannung und der Frequenz aufgestellt werden, so ersieht man aus dem Diagramm den notwendigen Formelaufbau $P = C \cdot U^2 \cdot f$; nämlich so: Vom Nullpunkt ausgehend, zeichnet man zuerst den Vektor «Kapazität». Um von dessen Endpunkt in den Endpunkt des Leistungsvektors zu gelangen, muss man zweimal den Vektor «Spannung» anfügen und kommt in den «Arbeitspunkt». Durch das Hinzufügen des Frequenzvektors (genau handelt es sich um die Kreisfrequenz $2\,\pi\,f$) wird schliesslich die Spitze des Leistungsvektors erreicht.

4. Oft werden in technischen Berechnungen Verhältnisse gebildet, wobei jedoch der sich ergebende «Faktor» durchaus nicht immer eine reine Zahl ist, sondern mit einer Dimension behaftet ist. Dasselbe gilt von Konstanten in Gleichungen. An Hand des Diagramms kann die Dimension solcher Grössen leicht ermittelt werden. Die Dimension der Konstanten C im Newtonschen Gravitationsgesetz $K = C \cdot \frac{m_1\, m_2}{R^2}$ liest man am leichtesten so ab, indem man zuerst $\frac{1}{C} = L^{-4} I^2\ T^4$ herausliest und dann schreibt $C = L^4\ I^{-2}\ T^{-4}$.

Um dabei mit dem relativ kleinen Diagramm Fig. 1 auszukommen, kann man bei derartigen Kontrollen einen andern Maßstab wählen, etwa so, dass man den gezeichneten Einheitsstrecken die Dimensionswerte L^2, I^2 und T^2 beilegt.

5. Selbstverständlich gestattet das Diagramm auch die Dimensionen von Grössen abzulesen, die durch Differentiation oder Integration erhalten werden. Sinngemäss ist bei Differentiation durch die Dimension der Grösse zu dividieren, nach der differentiert wird, bzw. mit der Dimension zu multiplizieren, über die integriert wird.

$$\text{Z.B.} \quad \frac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}s} = \mathfrak{E} \qquad \int i\ \mathrm{d}t = q$$

wenn E = elektrische Spannung
s = Weg
$\mathfrak{E}$ = Feldstärke
i = Stromstärke (Momentanwert)
t = Zeit
q = Ladung.

In Fig. 1 ist das Dimensionendiagramm für das *LIT*-Maßsystem gezeichnet, für welches das Diagramm besonders einfach und übersichtlich wird. Wählt man anstelle der Stromstärke I die Ladung Q als Grunddimension, so erhält man das in Fig. 2 zur Darstellung gekommene Diagramm. Dieses entspricht im wesentlichen dem CGS-System. Allerdings wurde dabei nicht die Grunddimension $\sqrt{\text{Masse}}$ gewählt, weil dieser Dimension keine praktische Bedeutung zukommt.

Es sei noch erwähnt, dass man sich für kleinere Fachgebiete Sonderdiagramme aufstellen kann, in denen man dann z. B. anstelle der Namen der physikalischen Grössen direkt die Namen der Einheiten eintragen kann. Als Beispiel möge die Lichttechnik mit ihren Sondereinheiten Lumen (für Leistung), Lux usw. dienen.

Möglicherweise liessen sich Dimensions-Vektor-Diagramme auch in Schulen zu Lehrzwecken verwenden, wobei dann wahrscheinlich Modelle den einfachen Zeichnungen vorzuziehen wären.

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Elektrische Heizung von Treibbeeten.

631.588.1

Am 28. November 1931 veranstaltete die Firma *R. H. Gachnang*, Zürich, im Cinéma Seefeld in Zürich einen Vortrag von *W. Suringar*, Ingenieur der Holländischen Draht- und Kabelwerke in Amsterdam, und von *R. Pfister*, Elektrotechniker der Firma Baumann, Kölliker & Cie., A.-G., in Zürich, über die Treibbeetheizung mittels Grundheizungskabeln. Das Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) lud seine Mitglieder mit Erfolg zur Teilnahme an dieser Veranstaltung ein.

Das erste Referat, von W. Suringar, orientierte im allgemeinen über Grundheizungskabel und deren Verwendung, das zweite, von R. Pfister, über einige speziell für die Schweiz interessante Punkte. Wir geben im folgenden das Wesentliche aus den beiden Referaten wieder.

I. Grundheizungskabel und deren Verwendung.

1. Allgemeines.

Die Beheizung von Treibbeeten und Treibhäusern hat den Zweck, das Wachstum und die Reife von Pflanzenkulturen zu beschleunigen, damit die Produkte verkauft werden können, bevor die grosse Masse der Freilandprodukte auf den Markt kommt. Als geeignete Wärmequelle dienten dem Gärtner zunächst Stroh und besonders Pferdemist, die Gärungswärme entwickeln. Später wurde Dampf- oder Warmwasser-Zentralheizung verwendet. Diese Heizungsart ist jedoch nur ungenügend regulierbar; die Heizung muss im Spätherbst oder Frühjahr, um in Frostnächten wirksam zu sein, auch tagsüber, wenn die Sonne scheint, im Betrieb sein. Dazu kommt bei plötzlich anfallender Kälte die Möglichkeit des Einfrierens, was schon oft grossen Schaden verursachte.