Zeitschrift: Helvetica Physica Acta
Band: 5 (1932)
Heft: III

Artikel: Bemerkungen zum internationalen Westonelement
Autor: König, E. / Buchmüller, F.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-110165

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

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

Bemerkungen zum internationalen Westonelement

von **E. König** und **F. Buchmüller.**

(Mitteilung des eidg. Amtes für Mass und Gewicht in Bern.)

(18. IV. 32.)

Inhalt: Die Meinungen darüber, ob die Sicherheit der Reproduktion eines bestimmten Normalwertes der Spannung und die Unveränderlichkeit durch den Zusatz von Schwefelsäure beim Weston-Normalelement erhöht werde, sind geteilt. Die Verfasser geben ihre Beobachtungsresultate an fünf Elementengruppen mit und ohne Säurezusatz wieder.

I.

Von den drei elektrischen Einheiten, dem Ohm, Ampere und Volt, dürfen nur zwei festgelegte Werte erhalten, da der Wert der dritten Einheit durch das Ohm'sche Gesetz zwangsläufig gegeben ist. Auf dem Kongress in Chicago im Jahre 1893 war dieser Tatsache nicht Rechnung getragen worden, indem dort beschlossen wurde, ausser den Einheiten des Widerstandes und der Stromstärke auch für die elektromotorische Kraft in Gestalt des Clark-Elementes ein Normal vorzuschlagen, dem ein bestimmter Wert beigelegt wurde. Die Folge war, dass diejenigen Länder, welche die Beschlüsse der Konferenz in Chicago ihren Gesetzen zugrunde legten, in Schwierigkeiten gerieten, als es sich herausstellte, dass der Wert für das Clark-Element um $^1/_{1000}$ Volt zu gross angenommen worden war. Auf der internationalen Konferenz über elektrische Einheiten und Normale in London im Jahre 1908 wurde dieser Fehler berichtigt, indem entsprechend den Beschlüssen der Konferenz in Charlottenburg 1905 die beiden Grundeinheiten, das internationale Ohm und das internationale Ampere gewählt, zahlenmässig festgelegt und die Reproduzierbarkeit durch genaue Ausführungsbestimmungen gesichert wurden. Einstimmigkeit herrschte in bezug auf die Wahl des Ohm als erste Grundeinheit; ob das Ampere oder das Volt als zweite Grundeinheit zu wählen sei, darüber herrschte Meinungsverschiedenheit. Nach langwieriger Debatte der vorgebrachten Gründe entschied sich die Mehrheit für das Ampere. Die dritte Grösse, das Volt, ergibt sich als Produkt der beiden andern, und demgemäss ist das internationale Volt durch Beschluss VIII festgesetzt worden. Indem die Konferenz sich für die Wahl des Ampere als zweite

Grundeinheit entschied, empfahl sie gleichzeitig international gültige Vorschriften für die Herstellung des Westonelementes in Würdigung der Bedeutung dieses Elementes als praktischen Repräsentanten des Volt für die elektrische Messtechnik. Für das internationale Westonelement mit überschüssigem Cadmiumsulfathydrat wurden Ausführungsbestimmungen erlassen, als vorläufiger Wert 1,01840 Volt bei 20 Grad und die Formel für die Temperaturabhängigkeit

$$E_t = E_{20} - 40{,}6 \cdot 10^{-6}(t-20) - 0{,}95 \cdot 10^{-6}(t-20)^2 + 1 \cdot 10^{-8}(t-20)^3$$

angenommen und im übrigen die genaue Ermittlung der elektromotorischen Kraft einer späteren Sachverständigen-Konferenz überlassen. Auf der von den Staatsinstituten Deutschlands, Englands und Frankreichs auf Einladung des Bureau of Standards in Washington beschickten Konferenz in Washington im Jahre 1910 wurden auf der Basis der Vergleichsmessungen der Widerstandseinheiten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg (PTR) und des National Physical Laboratory in Teddington (NPL) vom internationalen elektrischen Komitee der Wert des Weston-Normalelementes mit gesättigter Lösung als abgeleiteter reproduzierbarer Normalwert zu *1,01830 internationale Volt* bei 20 Grad angenommen, mit Wirksamkeit vom 1. Januar 1911 an. Dieser Zahlwert ist heute noch gültig. Durch eine weitere Resolution ist Vorsorge getroffen worden, dass nicht alle Länder Quecksilber-Normalwiderstände herstellen und silbervoltametrische Messungen auszuführen brauchen, durch die Ersatznormalen aus Manganin und das Weston-Normalelement, wobei jedoch die Angaben auf das Silbervoltameter zurückgeführt werden. So wichtig die Einheitlichkeit in den Definitionen und den Vorschriften der Ausführungsbestimmungen sein mögen, ebenso wichtig ist die Übereinstimmung der konkreten Normalen und die Erhaltung dieser Übereinstimmung. Die Geschichte der elektrischen Konferenzen lehrt, dass die Schaffung einer permanenten internationalen Organisation mit den nötigen Kompetenzen erforderlich ist, um die getroffenen Beschlüsse in allen Staaten gleichmässig durchzuführen. Die Verwirklichung dieses von der Londoner Konferenz bereits in grossen Zügen aufgestellten Planes ist durch die Beschlüsse der Generalkonferenz über Mass und Gewicht vom Jahre 1927[1]) und diejenigen des beratenden Komitees für elektrische Einheiten im Jahre 1928[2]) nähergerückt.

[1]) Comptes rendus des Séances de la VIIème Conférence générale des Poids et Mesures, Paris 1927.

[2]) Procès-Verbaux des Séances du Comité International des Poids et Mesures, Sessions 1929 et 1931.

In den letzten Jahren wurden die vor Ausbruch des Weltkrieges durchgeführten Vergleichsmessungen zwischen den in Betracht kommenden staatlichen Instituten wieder aufgenommen. Wenn man den Mittelwert derjenigen Länder, die eigene Einheiten besitzen, zugrunde legt, so ergaben die Vergleichsmessungen im Jahre 1927 für die Spannungseinheit (Volt) folgende Abweichungen in 10^{-6} Volt[1]):

Japan	$+ 33 \cdot 10^{-6}$ V
Grossbritannien	+ 25
Vereinigte Staaten .	+ 15
Deutschland	— 34
Russland	— 38

Andere in den Jahren 1926 bis 1930 durchgeführte Vergleichsmessungen[2]) und [3]) ergaben ähnliche Werte. Die Zahlenangaben sind insofern nicht ganz sicher, als sie nur durch gelegentliche Vergleichungen erhalten wurden. Es ist zu hoffen, dass auf Grund der Beschlüsse der Generalkonferenz über Mass und Gewicht vom Jahre 1927 und denjenigen des Comité international des Poids et Mesures 1929 und 1931 auf einheitlicher Grundlage durch das internationale Bureau für Mass und Gewicht in Sèvres ein vollständigeres Material in nicht ferner Zeit beschafft werde. Gegenüber den Vergleichsmessungen des Westonelementes zeigen diejenigen der Manganinrepräsentanten des Ohm in den staatlichen Laboratorien, welche für den Vergleich in Betracht kommen, d. h. solche mit Quecksilbernormalen, gegenüber dem Mittel, merklich kleinere maximale Abweichungen[1]) und [3]), etwa 1 bis $2 \cdot 10^{-5}$ Ohm. Es erklärt sich das wohl nicht allein durch die grössere Transportempfindlichkeit der Westonelemente gegenüber den für den Transport allein in Betracht fallenden Manganinohmnormalen, sondern dürfte auch teilweise zurückzuführen sein auf den Umstand, dass in einzelnen Ländern bei der Herstellung der Normalelemente abgewichen wurde von den in den Kongressen von London und Washington festgesetzten Ausführungsbestimmungen. So ist namentlich die Frage des Einflusses des Schwefelsäurezusatzes auf die Stabilität und Reproduzierbarkeit des Wertes der elektromotorischen Kraft der Gegenstand ein-

[1]) H. v. Steinwehr, Zeitschrift für Instrumentenkunde 50, 1930, p. 19.

[2]) F. Malikov et A. C. Kolossov, Procès-verbaux des Séances du Comité International des Poids et Mesures, Session 1931, p. 210.

[3]) A. Chatelain et F. Malikov, Procès-Verbaux des Séances du Comité International des Poids et Mesures, Session 1931, p. 217.

gehender Untersuchungen geworden[1]). Während die Theorie der physikalisch-chemischen Grundlagen, die bei der Konstruktion des Weston-Normalelementes in Betracht fallen, ein Abweichen von den Londoner Ausführungsvorschriften im Sinne eines Schwefelsäurezusatzes weder notwendig noch zweckmässig erscheinen lassen, sind andererseits Veröffentlichungen erschienen[2]), welche es für das Bureau international des Poids et Mesures angezeigt erscheinen lassen dürften, die Frage einer weitern Prüfung zu unterziehen.

II.

Angesichts der Divergenzen in den Meinungen über die angebliche Zweckmässigkeit des Schwefelsäurezusatzes zur Verhinderung der Hydrolyse des Merkurosulfates, stellte das Amt für Mass und Gewicht fünf Gruppen von Elementen mit teilweise neutraler, teilweise saurer Lösung her mit folgenden Angaben über Bezugsquelle und Beschaffenheit der das Element bestimmenden Faktoren.

Quecksilber: dem sehr reinen Vorrat entnommen, welcher zur Füllung des Normalbarometers des Amtes diente; in üblicher Weise durch mehrmaliges Durchfliessen in feiner Verteilung durch verdünnte Salpetersäure gereinigt; zweimal im Vakuum destilliert.

Cadmium: Bezugsquelle: Firma Kahlbaum in Berlin.

Cadmiumsulfathydrat: $CdSO_4\ ^8/_3\ H_2O$. Bezugsquelle: Firma Kahlbaum in Berlin.

Merkurosulfat: bezogen auf Empfehlung der PTR im Jahre 1924 von der Chemischen Fabrik „List" de Haen in Seelze bei Hannover; bis zum Gebrauch unter gesättigter Lösung von Cadmiumsulfat unter Luft- und Lichtabschluss aufbewahrt.

Über die 5 Elementengruppen sei allgemein bemerkt:

Bei allen fünf Gruppen wurde Cadmiumamalgam von 10% Cadmium verwendet, hergestellt durch Zusammenschmelzen von Cadmium und Quecksilber. Bei der Elementengruppe III wurde der Merkurosulfatpaste fein verteiltes Quecksilber zugesetzt, bei den übrigen Gruppen nicht. Mit bezug auf den Schwefelsäurezusatz sei bemerkt:

Gruppe I : Elemente Nr. 1—15: (hergestellt am 8. März 1932) gesättigte Cadmiumsulfatlösung ohne Säurezusatz.

---

[1]) H. v. Steinwehr, Zeitschrift für Instrumentenkunde, 51, 1931, p. 522.

[2]) Mme. A. Foehringer, Procès-Verbaux des Séances du Comité International des Poids et Mesures, Session 1931, p. 224.

Gruppe II : Elemente Nr. 15—20: (8. März 1932) Säurezusatz kleiner als 0,1 Mol-normal.

Gruppe III: Elemente Nr. 21—30: (15. März 1932) Säurezusatz 0,1 Mol-normal (0,2 äquivalent-normal).

Gruppe IV: Elemente Nr. 31—35: (4. April 1932) Säurezusatz 0,05 Mol-normal.

Gruppe V : Elemente Nr. 36—40: (4. April 1932) Säurezusatz 0,025 Mol-normal.

Als Bezugsnormal für die Spannungsmessung diente ein Satz von 9 Normalelementen, welche im Jahre 1924 von der PTR für das Amt für Mass und Gewicht hergestellt und von Hand nach Bern transportiert worden waren. Die Messungen der Reichsanstalt hatten für den Mittelwert dieser Elemente am 19. Dezember 1924 den Wert 1,01833 internationale Volt bei 20 Grad ergeben. Unter der vorläufigen Annahme, dass dieser Wert unverändert geblieben sei, diente derselbe als Basis für die nachfolgenden Messwerte. Sämtliche Messwerte wurden auf 10^{-5} Volt abgerundet. Als Nullinstrument diente ein Galvanometer von Hartmann & Braun mit 847 Ohm Systemwiderstand, cà. 10 000 Ohm aperiodischem Grenzwiderstand, mit einer Empfindlichkeit von 2 mm Ausschlag pro 10^{-5} Volt, unter den gegebenen Versuchsbedingungen. Alle 49 Elemente befanden sich in einem gemeinsamen Petrolbad auf derselben Temperatur.

In der nachfolgenden Tabelle der Resultate der Beobachtungsserien 1—40 bedeuten:

Kolonnen (1) (2) (4) (6) (7): die Werte der elektromotorischen Kraft der 5 Elementengruppen.

Kolonne (3): verflossene Zeit in Tagen seit der Herstellung der Elementenreihen I und II.

Kolonne (5): verflossene Zeit in Tagen seit der Herstellung der Elementenreihe III.

Kolonne (8): verflossene Zeit in Tagen seit der Herstellung der Elementenreihen IV und V.

Kolonnen (9) bis (13): mittlere Abweichung ($\pm$) in 10^{-6} Volt eines Elementes vom Mittelwerte der jeweiligen Elementengruppe.

Während die mittlere Abweichung der 9 Bezugselemente pro Element gegenüber dem Mittelwert im Jahre 1924 1 Mikrovolt betragen hatte, war sie im Jahre 1932 auf 16 Mikrovolt angewachsen.

Tafel der E. M. K.

Kolonne	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
	I	II	Tage	III	Tage	IV	V	Tage	I	II	III	IV	V
	1–15	16–20	nach	21–30	nach	31–35	36–40	nach	1–15	16–20	21–30	31–35	36–40
Nr.	neutral	<0.1 n	Herst.	0.1 n	Herst.	0.05 n	0.025 n	Herst.	neutral	<0.1 n	0.1 n	0 05 n	0.025 n
Beob. Serie	Volt	Volt	I,II	Volt	III	Volt	Volt	IV V	mittlere Abweichung $\pm$ eines Elementes				
	1.01	1.01		1.01		1.01	1.01		vom Mittelwert in 10^{-6} Volt				
1	719	825	0.6						133	16			
2	724	826	0.7						134				
3	776	830	2.6						121	7			
4	794	830	3.7						94	4			
5	797	832	4.0						89	4			
6	805	834	4.6						83	4			
7	809	834	5.0	878	1.2				76	4	86		
8	814	835	5.6	866	1.8				69	4	79		
9	816	835	5.8	863	2.1				65	4	76		
10	819	835	6.6	854	2.8				59	4	65		
11	821	835	6.9	852	3.1				55	3	61		
12	823	835	7.8	849	3.8				50	2	54		
13	827	835	8.6	843	4.8				43	0	41		
14	830	835	9.6	840	5.8				38	2	32		
15	833	835	10.6	838	6.8				33	2	26		
16	834	835	11.6	837	7.8				30	2	21		
17	835	835	12.6	836	8.8				27	3	19		
18	836	834	13.6	835	9.9				23	2	15		
19	837	834	14.6	834	10.9				22	3	14		
20	838	834	15.6	834	11.9				19	3	13		
21	839	835	16.6	834	12.9				19	2	11		
22	840	834	17.6	834	13.9				17	2	10		
23	840	834	18.6	833	14.9				15	2	9		
24	841	834	19.6	833	15.9				13	2	7		
25	841	833	20.6	832	16.9				12	2	8		
26	842	833	21.6	831	17.9				12	2	7		
27	843	833	23.6	831	19.9				10	3	6		
28						668	691	0.2					
29	844	833	25.6	830	21.9	775	796	1.9	8	2	5	90	60
30	843	833	26.6	829	22.9	802	818	2.9	10	2	4	70	50
31	843	833	27.6	828	23.9	816	827	3.9	8	2	4	40	20
32	844	833	28.6	829	24.9	823	832	4.9	9	2	4	26	12
33	844	832	29.6	828	25.9	826	833	5.9	8	0	3	19	8
34	844	832	30.6	828	26.9	829	835	6.9	9	2	4	14	4
35	845	833	31.6	828	27.9	830	835	7.9	9	2	5	10	2
36	845	833	32.6	828	28.9	830	836	8.9	8	2	3	8	2
37	845	833	33.6	829	29.9	832	836	9.9	8	2	3	8	2
38	845	833	34.6	829	30.9	831	836	10.9	6	1	3	6	2
39	845	832	35.6	828	31.9	831	836	11.9	6	1	3	6	2
40	845	832	36.6	828	32.9	831	836	12.9	6	1	3	7	2

Aus der Betrachtung der Tafel der beobachteten EMK, sowie der graphischen Darstellung (Fig. 1 und 2) ergibt sich:

Im stationären Zustand beträgt der Mittelwert der 5 Ele-

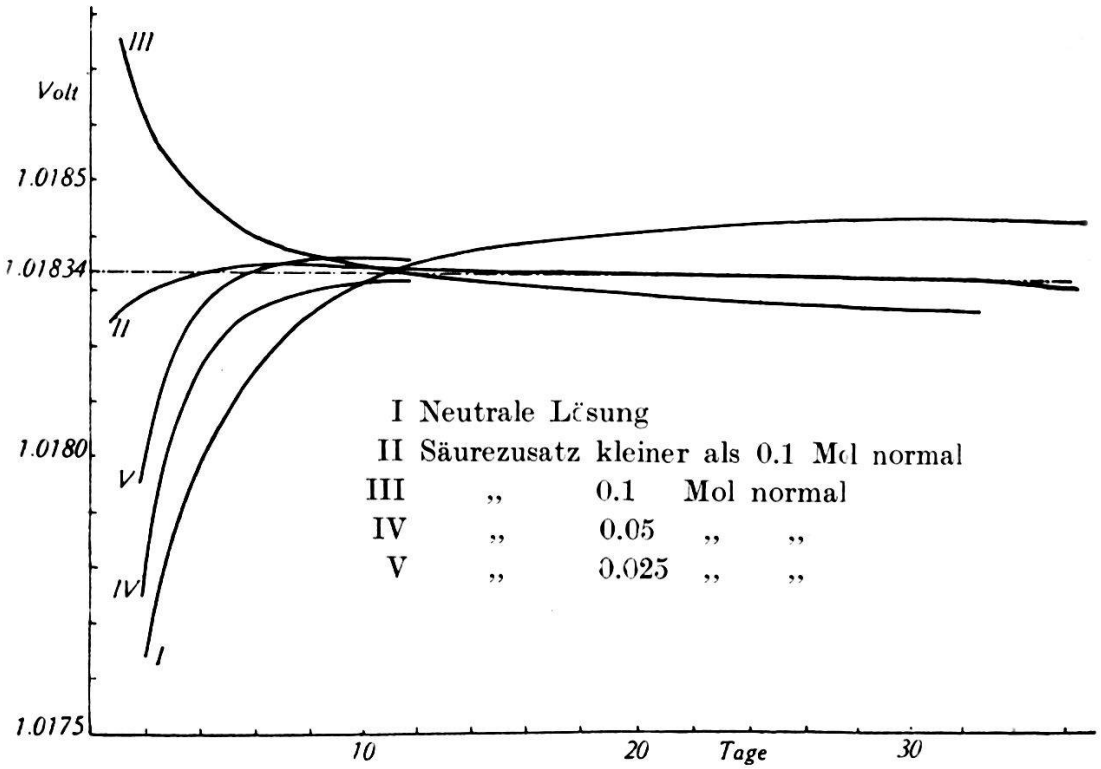

Fig. 1

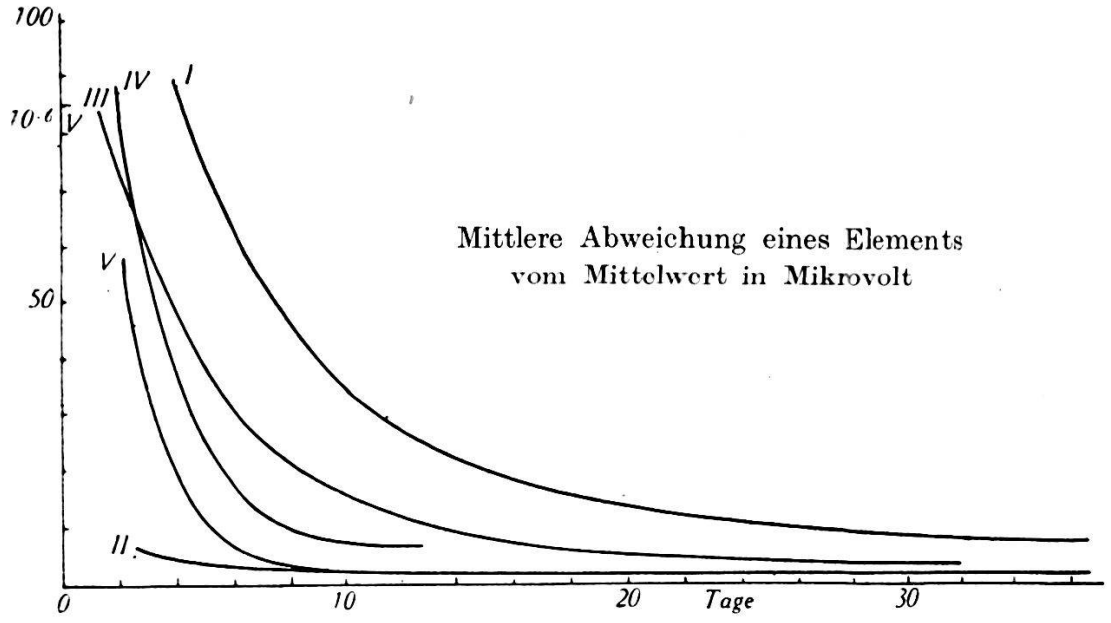

Fig. 2

mentengruppen 1,01834 internationale Volt bei 20°, unter der Annahme, dass der im Jahre 1924 für die 9 Bezugselemente von der PTR gemessene Mittelwert von 1,01833 unverändert geblieben sei.

Da nun nach den Veröffentlichungen der Reichsanstalt[1]) das deutsche Volt um 34 Mikrovolt, nach andern Veröffentlichungen[2]) um 43 Mikrovolt kleiner ist als der Mittelwert der Staatslaboratorien von Japan, Grossbritannien, Vereinigte Staaten, Deutschland und Russland, so ergäbe sich, unter der vorerwähnten Annahme, der Mittelwert der 5 Elementengruppen zu 1,01830 internationalen Volt bei 20 Grad, bezogen auf den Mittelwert der Vergleichsmessungen von Westonelementen der genannten Staatslaboratorien.

Silbervoltametrische Kontrollmessungen wurden und werden vom Amt für Mass und Gewicht nicht ausgeführt.

---

[1]) H. v. Steinwehr, Zeitschrift für Instrumentenkunde 50, 1930, p. 19.

[2]) A. Chatelain et F. Malikov, Procès-Verbaux des Séances du Comité International des Poids et Mesures, Session 1931, p. 217.