**XV. Bemerkungen zu dem Verfahren von
O. Tumlirz: Zur Bestimmung des Widerstandes
einer galvanischen Säule;
von F. Uppenborn.**

Auf p. 527 des 37. Bandes dieser Annalen finde ich ein Verfahren zur Bestimmung des Widerstandes einer galvanischen Säule von O. Tumlirz angegeben und möchte mir erlauben, darauf aufmerksam zu machen, dass das Verfahren, den inneren Widerstand einer Stromquelle aus dem Spannungsabfall zu berechnen, welcher eintritt, wenn dieselbe durch einen bekannten äusseren Widerstand geschlossen wird, in einer ausserordentlich grossen Anzahl Variationen bekannt ist. Es ist aber gleichfalls bekannt, dass diese Methoden sammt und sonders falsche oder doch wenigstens unbestimmte Resultate liefern. Es sind zwei Ursachen vorhanden, welche die Resultate der Messung zu verfälschen trachten. Die eine dieser Ursachen ist die Polarisation, die andere ist die Abhängigkeit des inneren Widerstandes eines galvanischen Elementes von der Stromstärke, welche sie aussendet. Im Nachstehenden will ich für beide Dinge typische Beispiele vorführen. Bekanntlich eignet sich die Zink-Eisen-Kette mit Schwefel-, resp. Salpetersäure sehr gut zur Hervorbringung kräftiger Ströme, weil sie sowohl geringe Polarisation wie geringen inneren Widerstand besitzt. Nachstehend gebe ich die Resultate von Messungen an einer solchen Batterie, welche ich im März 1885 veröffentlicht habe. Die Messungen wurden in der Weise durchgeführt, dass die Stromstärke, welche die Batterie aussandte, durch ein Deprez-Galvanometer, die Klemmenspannung durch ein Torsionsgalvanometer von Siemens und Halske gemessen wurde. Die electromotorische Kraft der Batterie von 40 Elementen ergab sich zu 71,5 V. = 1,79 V. per Element. Nimmt man die electromotorische Kraft der Batterie als constant an, so ergibt sich der innere Widerstand $= (E - A)/J$.

	J	Δ	$(E - \Delta)/J$	JA	Δ/J
1)	0 A.	71,5 V.	—	0 V.A.	$\infty \Omega$
2)	7,5 "	52,5 "	2,54 Ω	394 "	7,0 "
3)	8 "	51,0 "	2,56 "	408 "	6,38 "
4)	8,8 "	49,0 "	2,56 "	431 "	5,57 "
5)	10,6 "	47,3 "	2,3 "	501 "	4,47 "
6)	15,0 "	38,5 "	2,2 "	577 "	2,57 "
7)	16,5 "	36,0 "	2,15 "	594 "	2,17 "
8)	19,0 "	30,4 "	2,16 "	578 "	1,6 "
9)	22,5 "	25,0 "	2,06 "	562 "	1,11 "
10)	30,0 "	9,2 "	2,07 "	226 "	0,31 "

Der Widerstand der Batterie betrug also bei einer Stromstärke von 30 A. um 20 Proc. weniger als wie etwa bei 8 A. Es mag noch bemerkt werden, dass die Temperatur der Batterie während der ganzen Zeit als genügend constant angenommen werden kann. Ich habe noch weiterhin das Product JA und den Quotienten Δ/J angegeben. Trägt man JA graphisch auf, so zeigt sich, dass die Batterie im Maximum etwa 600 V.-A. leisten kann. Es ergibt sich ferner, dass dieses Maximum einem äusseren Widerstand von 2,17 Ω entspricht. Der zugehörige innere Widerstand der Batterie (vgl. Versuch Nr. 7) beträgt 2,15 Ω . Die Uebereinstimmung dieser Werthe, welche der Theorie nach gleich sein sollten, ist eine gute. Ganz anders fallen derartige Messungen aus, wenn sie an Elementen mit grosser Polarisirung angestellt werden. Hierbei zeigt sich die Klemmenspannung so ausserordentlich unbeständig, dass Schwingungsgalvanometer, von welchen Hr. Tumlriz spricht, für derartige Untersuchungen überhaupt nicht verwendbar sind. Einige Beobachtungsergebnisse mögen dies erläutern. Ein Element, dessen innerer Widerstand nach der von Kohlrausch angegebenen Methode unter Benutzung von Wechselströmen und Telephon zu 0,53 Ω bestimmt wurde, wurde mit verschiedenen Widerständen geschlossen und sowohl die Klemmenspannung kurz vor wie kurz nach Einschaltung des Widerstandes mittelst eines Spiegelgalvanometers von 100 000 Ω Widerstand und einer Empfindlichkeit von genau 100 Scalentheilen per Volt bestimmt. Es zeigte sich, dass die Klemmenspannung wenigstens bei den geringeren Beanspruchungen des Elementes mit der Dauer des Stromschlusses anwuchs, während ja im allgemeinen bekanntlich das Umgekehrte der Fall zu sein pflegt. Nachstehend die Resultate:

Electrom. K.	Schliessungs- widerstand	Klemmenspannung	Berechn. innerer Widerstand
1,01 V.	500 Ω	{ Anfangswerth 0,866 V. Endwerth 0,965 „	80 Ω 20,85 „
1,01 „	100 „	{ Anfangswerth 0,875 „ Endwerth 0,940 „	14,9 „ 7,45 „
1,00 „	10 „	{ Anfangswerth 0,628 „ Endwerth 0,853 „	5,9 „ 1,75 „
1,00 „	4,3 „	{ Anfangswerth 0,746 „ Endwerth 0,767 „	1,44 „ 1,28 „
1,00 „	0,91 „	Anfangswerth 0,173 „	4,37 „

Diese Beobachtungsreihe zeigt deutlich die Wirkung der beiden verfälschenden Ursachen. Denn während auch der kleinste der berechneten Werthe den Widerstand des Elementes um weit über 100 Proc. zu hoch erscheinen lässt, zeigt sich doch auch andererseits die Abnahme des scheinbaren Widerstandes mit anwachsender Stromstärke. Bei einer gewissen Stromstärke nimmt indessen der scheinbare Widerstand wieder zu, wie die letzte Beobachtung zeigt. Aehnliches habe ich an einer grossen Anzahl galvanischer Elemente beobachtet. Es ist aus dem Angeführten wohl ersichtlich, dass es nur in den seltensten Fällen gelingen wird, mit dem besprochenen Verfahren, besonders wenn man den Schliessungswiderstand = 1 Ω macht, für den inneren Widerstand einen Werth zu finden, welcher dem wahren Werth auch nur annähernd entspricht.