

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 40 (1949)
Heft: 19

Artikel: Nachhallzeit und notwendige Schall-Leistung für gebräuchliche Räume
Autor: Gruyter, Erwin de
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060719>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

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

$Q_0 = 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$), les variations de débit pourraient être théoriquement instantanées. Mais aussitôt que l'on excède ces variations critiques, les temps nécessaires croissent très rapidement.

Il ressort donc clairement de cet examen que la cheminée d'équilibre impose certaines restrictions quant à la rapidité d'ouverture des groupes. C'est pourquoi le temps d'ouverture a été fixé à 30 s, pour permettre l'ouverture simultanée de deux groupes ($2/3$ de la puissance installée), ce qui représente actuellement une marge suffisante pour assurer le rôle de volant, en cas de rupture de la marche en parallèle avec le complexe EOS et l'usine de La Peuffeyre.

Le but recherché par la transformation de l'usine de La Dernier est donc parfaitement atteint, aussi bien au point de vue du fonctionnement des groupes que des possibilités de la cheminée d'équilibre. Nous ne saurions trop souligner que ce résultat n'a pu être obtenu que par une étroite collaboration des constructeurs, soit les Ateliers de constructions mécaniques de Vevey et les Ateliers des Charmilles à Genève, avec le Service technique de la Compagnie vaudoise, le Laboratoire d'hydraulique de l'École Polytechnique de l'Université de Lausanne

et la Compagnie d'Entreprises et de travaux publics à Lausanne.

Après les différentes mises au point consécutives à la mise en service, et après l'adjonction de différents compléments, l'usine de La Dernier transformée, équipée avec le matériel le plus moderne, a déjà rendu de nombreux services comme usine-volant. En outre, au cours de ces premières années d'exploitation, on a pu constater les grandes améliorations apportées dans la sécurité et la stabilité de marche, par le réglage accéléro-tachymétrique des turbines, par les régulateurs ultra-rapides de la tension, par la protection sélective des machines et des lignes, par la coordination de l'isolement, par le réenclenchement ultra-rapide des départs de distribution à 13 kV.

La Compagnie vaudoise possède maintenant à La Dernier une vraie usine de pointe, répondant à toutes les exigences d'un service moderne de production et de distribution d'énergie. Bien que cette usine soit d'importance moyenne au point de vue de sa puissance, elle est intéressante et mérite une mention spéciale pour quelques particularités, qui se présentent, croyons-nous, très rarement.

Adresse de l'auteur:

R. Golay, ingénieur, Allinges 7, Lausanne.

Nachhallzeit und notwendige Schall-Leistung für gebräuchliche Räume

Von Erwin de Gruyter, Bern

534.844

Die Sabine'sche Formel für die Nachhallzeit wird auf Grund der gemessenen Nachhallzeiten akustisch günstiger Räume neu interpretiert. Es ergeben sich daraus Nachhall-Konstanten, die den Verwendungszweck des Raumes charakterisieren und von der Raumgrösse unabhängig sind.

Im Anschluss daran wird die Formel für die aufzuwendende Schall-Leistung mit Hilfe der erhaltenen Konstanten in Analogie zu derjenigen der elektrischen Leistung eines Stromkreises abgeleitet.

Den Abschluss bilden einige psychologische Betrachtungen über das Problem der guten Akustik, besonders in bezug auf die moderne elektroakustische Übertragungstechnik.

L'auteur donne une nouvelle interprétation de la formule de Sabine, en tenant compte des durées de réverbération mesurées dans des locaux où l'acoustique est favorable. Il obtient ainsi des constantes de réverbération, qui caractérisent l'acoustique d'un local, indépendamment des dimensions de celui-ci.

L'auteur établit ensuite la formule de la puissance acoustique nécessaire, en partant des constantes de réverbération, par analogie avec les constantes de la puissance d'un circuit électrique.

L'exposé se termine par quelques considérations d'ordre psychologique sur le problème d'une bonne acoustique, en particulier dans la technique moderne des transmissions électro-acoustiques.

A. Einleitung

Als Assistent des akustischen Laboratoriums der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich in den Jahren 1941/42 beschäftigte ich mich auch mit den akustischen Problemen neu zu erstellender oder zu renovierender Räume. Die Sabine'sche Formel zur Berechnung der Nachhallzeit, Tabellen für die wünschenswerte Nachhallzeit von Räumen verschiedener Grösse und verschiedenen Verwendungszweckes sowie Tabellen für die Absorptionskoeffizienten aller möglichen Materialien waren das Rüstzeug dazu. Damals versuchte ich, in die Sabine'sche Formel eine Kennzahl für den Verwendungszweck des Raumes einzufügen, die keine Funktion der Raumgrösse sein sollte. Mit anderen Worten: ich versuchte die Formel zu relativisieren.

Da die Probleme für die «akustische Konditionierung» seither noch an Bedeutung gewonnen haben, möchte ich im folgenden meine seinerzeitigen Überlegungen bekannt geben.

B. Nachhallzeit

Die Sabine'sche Formel für die Nachhallzeit eines Raumes lautet:

$$T = \frac{V_0}{v_0 S \ln \frac{1}{1-\alpha}} \quad (1)$$

T Nachhallzeit für eine Pegelsenkung von 60 db in s

V_0 Raum-Volumen in cm^3

S Raum-Begrenzungsfläche in cm^2

α mittlerer Absorptionskoeffizient

v_0 Volumenstromdichte oder Absorptionsgeschwindigkeit des Schallmediums in cm/s . Für Luft von 20°C und 40% relativer Feuchtigkeit ist

$$v_0 = 610 \text{ cm/s} \quad (2)$$

Der mittlere Absorptionskoeffizient ist definiert durch

$$\alpha = \frac{A}{S} = \frac{\sum_{k=1}^n \alpha_k S_k}{\sum_{k=1}^n S_k} \quad (3)$$

S_k Teilfläche in cm^2

α_k Absorptionskoeffizient der entsprechenden Teilfläche

A Fläche totaler Absorption oder Absorptionsquerschnitt in cm^2

Für gebräuchliche Räume lässt sich Formel (1) unter Verwendung von Gl. (3) gut annähern durch

$$T = \frac{V_0}{v_0 A} \quad (4)$$

oder mit Worten: Die Nachhallzeit ist gleich dem Raumvolumen geteilt durch den Absorptionsvolumenstrom. Dabei kommt uns das elektrische Analogon von der Entladezeitkonstante eines Kondensators in den Sinn, die gleich ist der Ladung geteilt durch den Entladestrom:

$$\tau = \frac{Q}{I} = \frac{UC}{I} = RC \quad (5)$$

Schreibt man Gl. (4) folgendermassen um

$$T = \frac{V_0^{\frac{1}{3}}}{v_0} \cdot \frac{V_0^{\frac{2}{3}}}{A} \quad (6)$$

und definiert den ersten Faktor als *Raum-Absorptionszeitkonstante* T_0 , also als Nachhallzeit für einen kubischen Raum mit 1 Kubusfläche totaler Absorption, so lässt sich schliesslich die Sabine'sche Formel in relativer Form anschreiben als

$$\tau = 1/a \quad (7)$$

$$\text{Nachhall: } \tau = \frac{T}{T_0}; \quad T_0 = \frac{V_0^{\frac{1}{3}}}{v_0} \quad (8)$$

$$\text{Absorption: } a = \frac{A}{V_0^{\frac{2}{3}}} \quad (9)$$

und damit heisst Gl. (7) in Worten: Der Nachhall ist umgekehrt proportional zur Absorption.

Für T in Funktion von τ und V_0 erhält man die Beziehung

$$T = \frac{V_0^{\frac{1}{3}}}{v_0} \tau \quad (10)$$

das heisst, wenn der Nachhall τ eine charakteristische Grösse für den Verwendungszweck des Raumes ist, so wird die günstigste Nachhallzeit proportional zur linearen Ausdehnung des Raumes. Diese entspricht aber dem optischen Eindruck eines im Raum befindlichen Menschen, der diese optische

Gegebenheit unbewusst zur Grundlage seiner akustischen Ansprüche macht. Diese psychologische Reaktion führt bei der elektroakustischen Übertragungstechnik zu Komplikationen, die zum Schluss der Abhandlung noch berührt werden sollen.

Berechnet man den Nachhall für einige als gut bekannte Räume (Tabelle I), so erkennt man, dass tatsächlich τ ein Charakteristikum für den Verwendungszweck ist. In Tabelle II sind für drei Verwendungsarten die günstigsten Nachhallbereiche angegeben, und es sind für Raumvolumen von 500 bis 50 000 m^3 die entsprechenden Nachhallzeiten ausgerechnet.

Nachhallzeit und Nachhall akustisch günstiger Räume

Tabelle I

Raum	V_0 10 ³ m ³	$V_0^{\frac{1}{3}}$ m	T_0 s	T s	τ
Staatsoper Berlin	7,7	19,8	3,15	1,0	0,31
Beethovensaal, Berlin	6,8	19,0	3,12	1,1	0,35
Musikvereinsaal, Wien	11,0	22,2	3,64	1,4	0,385
Konzerthaus, Wien	15,6	25,0	4,10	1,6	0,39
Coventgarden, London	10,0	21,5	3,52	1,4	0,40
Eastman Theater, USA	29,0	30,7	5,03	2,0	0,40
Philharmonie, Berlin	18,0	26,2	4,30	1,9	0,44
Queens Hall, London	12,0	22,9	3,76	1,7	0,45
Michaeliskirche, Hamburg	29,8	31,0	5,08	2,8	0,55
Gewandhaus, Leipzig	10,2	21,7	3,56	2,0	0,56
Thomaskirche, Leipzig	18,7	26,5	4,34	2,5	0,575
Altes Gewandhaus, Leipzig	2,0	12,6	2,07	1,2	0,58
Margaretenkirche, London	7,5	19,6	3,21	1,9	0,59
Festspielhaus, Bayreuth	11,1	22,3	3,66	2,2	0,60

Günstiger Nachhall für Räume verschiedenen Verwendungszweckes und die entsprechenden Nachhallzeiten in Funktion der Raumgrösse

Tabelle II

V_0 m ³	Sprechbühne Theater		Orchester- saal		Festspielsaal Kirche	
	$\tau = 0,3$... 0,4	... 0,5	... 0,6	...	0,6
500	0,39	... 0,52				
1 000	0,49	... 0,66	... 0,82			
2 000	0,65	... 0,86	... 1,1	... 1,3		
5 000	0,84	... 1,1	... 1,4	... 1,7		
10 000	1,05	... 1,4	... 1,75	... 2,1		
20 000	1,35	... 1,8	... 2,25	... 2,7		
50 000	1,8	... 2,4	... 3,0	... 3,6		

Unter Nachhallzeit versteht man im allgemeinen diejenige für die Frequenz von 512 Hz, welche die physiologische Mitte des Frequenzbereiches von 16 Hz...16,4 kHz (10 Oktaven) für das menschliche Ohr bildet. Selbstverständlich müssen für die akustische Konditionierung alle Tonlagen zweckentsprechend berücksichtigt werden, wofür die Bauakustik die geeigneten Verfahren und Mittel besitzt. Bei Frequenzen über etwa 2 kHz spielt die Absorption durch die Luft allein schon eine bedeutende Rolle; sie ist in der Hauptsache abhängig von der Luftfeuchtigkeit.

Zur Bestimmung der mittleren Nachhallzeit kann als Schallquelle gut eine Browning-Pistole vom Kaliber 6,3 mm mit Platzpatronen verwendet werden, deren Hauptfrequenzbereich günstig liegt und die den nötigen Anfangspegel zu geben imstande ist.

C. Schall-Leistung

Die in einem elektrischen Leiter aufzuwendende Leistung lautet bei gegebener Spannung:

$$P = G U^2 \tag{11}$$

P Leistung in $W \equiv 10^7 \text{ cm dyn s}^{-1}$

G Leitwert in $S \equiv 10^{-9} \text{ cm}^{-1} \text{ s}$

U Spannung in $V \equiv 10^8 \text{ cm dyn}^{\frac{1}{2}} \text{ s}^{-\frac{1}{2}}$

Die analoge Gleichung kann man für einen schallschluckenden Raum anschreiben:

$$P = G_A p^2 \tag{12}$$

P Leistung in cm dyn s^{-1}

G_A Absorptionsleitwert in $\text{cm}^5 \text{ dyn}^{-1} \text{ s}^{-1}$

p Druck in $\text{cm}^{-2} \text{ dyn}$

Weiter ist

$$G_A = g_0 A \tag{13}$$

g_0 Absorptionsleitwert des Schallmediums in $\text{cm}^3 \text{ dyn}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Für Luft von 20 °C und 40% relativer Feuchtigkeit beträgt

$$g_0 = 61 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^3 \text{ dyn}^{-1} \text{ s}^{-1} \tag{14}$$

A Absorptionsquerschnitt in cm^2 , Definition siehe Gl. (3).

Aus den beiden bekannten Absorptionskonstanten des Schallmediums Gl. (2) und (14) lässt sich die Druckgrösse als dritte folgendermassen definieren:

$$p_0 = \frac{v_0}{g_0} \tag{15}$$

p_0 Absorptionsdruck des Schallmediums in $\frac{\text{dyn}}{\text{cm}^2}$

Für Luft von 20 °C und 40% relativer Feuchtigkeit beträgt

$$p_0 = 10^5 \frac{\text{dyn}}{\text{cm}^2} \tag{16}$$

Schreibt man Gl. (12) unter Verwendung von (13) und (15) folgendermassen um

$$P = \frac{v_0}{p_0} A p^2 \tag{17}$$

und erweitert

$$P = (p_0 v_0 V_0^{\frac{2}{3}}) \frac{A}{V_0^{\frac{2}{3}}} \left(\frac{P}{P_0}\right)^2 \tag{18}$$

und definiert schliesslich den ersten Faktor als *Raum-Absorptionsleistung* P_0 , also als Schall-Leistung für einen kubischen Raum von 1 Kubusfläche totaler Absorption, so lässt sich die Leistungsformel in relativer Form anschreiben zu

$$\boxed{Q = a q^2} \tag{19}$$

$$\text{Leistungswert: } Q = \frac{P}{P_0}; \quad P_0 = p_0 v_0 V_0^{\frac{2}{3}} \tag{20}$$

$$\text{Druckwert: } q = \frac{P}{P_0} \tag{21}$$

und damit heisst Gl. (19) in Worten: *Der Leistungswert ist gleich der Absorption mal dem Druckwert im Quadrat.*

In der Elektroakustik verwendet man die Schalldruck-Einheit Mikrobar:

$$1 \mu\text{bar} = 1 \frac{\text{dyn}}{\text{cm}^2} \tag{22}$$

dabei

$$2 \mu\text{bar} \triangleq 80 \text{ db akustisch absolut} \tag{23 a}$$

$$\triangleq 80 \text{ phon bei 1 kHz} \tag{23 b}$$

0 phon (10^{-16} W/cm^2) entspricht dem mittleren Schwellenwert des menschlichen Ohres; die Schmerzgrenze liegt bei 130 phon. Die Lautstärkeempfindung ist bei geringen Lautstärken viel stärker frequenzabhängig als bei 80 phon und darüber, wo sie fast linear verläuft. 80 phon entspricht etwa einem lautstarken Radioapparat in einem Wohnzimmer.

Der akustische Wirkungsgrad eines modernen Konuslautsprechers beträgt etwa 2%; nur derjenige von Trichterlautsprechern liegt wesentlich höher.

Der natürliche Dynamikumfang für Musik von 0,02...60 μbar (40...110 db) gleich 70 db relativ, wird bei Radioempfang nicht erreicht und noch viel weniger bei Schallplattenwiedergabe.

D. Zusammenfassung

Die Bezugsgrössen für die Relativisierung der Gleichungen sind nicht willkürlich angenommen, sondern es sind charakteristische Grössen des physikalischen Vorganges, wie etwa die Schwingfrequenz und der Schwingwiderstand Kenngrössen eines Schwingkreises sind.

Die Gleichungen für Nachhallzeit und Schall-Leistung ergeben auseinander ableitbare Bezugsgrössen des Schallmediums und des mit dem Schallmedium erfüllten Raumes. In Gl. (4) tritt ausser dem Raumvolumen, das für den Raum selbstverständlich eine Bezugsgrösse ist, da es Träger der Schallenergie ist und somit den Index «0» trägt, noch eine Mediumkonstante auf, welche die Dimension einer Geschwindigkeit hat; ich habe ihr daher das Symbol v_0 gegeben. Die Fläche totaler Absorption muss auf den Raum bezogen werden, und die Bezugsfläche als abgeleitete Bezugsgrösse lässt sich aus dem Raumvolumen durch entsprechende Potenzierung erhalten. So ergibt sich zwangsläufig die Aufspaltung nach Gl. (6). Der erste Faktor hat dann wie die linke Seite die Dimension einer Zeit, und da er nur aus Bezugsgrössen zusammengesetzt ist, ist er auch wieder eine Bezugsgrösse, eine Zeitkonstante, die zu Medium und Raum in Beziehung steht.

Dieselben Überlegungen gelten bei der Überführung von Gl. (17) in Gl. (18). Die sich ergebende Bezugsleistung stützt sich auch wieder auf Medium und Raum. Beide gemischten Bezugsgrößen (8) und (20) für Nachhallzeit und Leistung beziehen sich auf einen kubischen Raum von 1 Kubusfläche totaler Absorption; wohl die einfachste «Einheitsgrösse», die man sich vorstellen kann. Die Mediumgrößen sind in beiden Fällen identisch, beziehungsweise ineinander überführbar, was die Logik der Definitionen beweist.

E. Schlussbetrachtungen

Diesen Aufsatz über die «gute Akustik» möchte ich mit ein paar psychologischen Betrachtungen abschliessen, die besonders im Hinblick auf die moderne elektroakustische Übertragungstechnik nützlich sein können.

Dass die Nachhallzeit je nach Verwendungszweck des Raumes verschieden sein sollte, scheint ohne weiteres einleuchtend; nicht dagegen, dass sie für eine gute Akustik auch von der Grösse des Raumes abhängt. «Gute Akustik» ist eben ein Begriff, der sich nicht nur auf die Kritik des Ohres allein stützt. Von den Sinnesindrücken sind noch die des Auges bei der Beurteilung massgebend beteiligt. Wenn auch verschieden grosse Räume rein aural schon durch ihre verschiedenen Eigenfrequenzen zu unterscheiden sind, so spielt doch die Hauptrolle für die Meinungsbildung der optische Eindruck. Wie auch aus Tabelle I hervorgeht: nicht die absolute Nachhallzeit, sondern der Nachhall, eine relative Grösse, ist massgebend für die Beurteilung. Der Eindruck des Auges ist zwar nicht direkt kriteriumbildend, sondern über den Umweg des Erinnerungsvermögens; damit wird die «gute Akustik» auch ein psychologisches Problem.

Da es in der Natur der Sache liegt, dass grössere Räume im allgemeinen eine längere Nachhallzeit besitzen, haben wir bei Betreten eines Raumes eine bestimmte «akustische Erwartung», die vor allem durch seine Grösse bestimmt ist, aber auch durch andere Begleitumstände, wie zum Beispiel die Ausstattung des Raumes, die Anwesenheit von vielen Menschen usw., beeinflusst wird. Wird diese Erwartung enttäuscht, so stellt sich «akustisches Unbehagen» ein, selbst wenn der Raum akustisch zweckentsprechend ist. Persönlich erinnere ich mich an einen nüchternen Büroraum mit Stahlmöbeln und Holzstühlen, der akustisch den Eindruck eines üppig mit Polstermöbeln, Teppichen und schweren Vorhängen ausgestatteten Privathüros machte, nur weil die Decke stark schallschluckend gemacht worden war. Wenn man sich vom optischen Eindruck abstrahierte, musste man zugeben, dass die Akustik sehr gut und ausgesprochen nervenschonend war.

Die erste elektroakustische Übertragungsanlage, die weite Verbreitung gefunden hat, ist das Telephon. Hierbei, wie bei den ersten rein akustomechanischen Schallplattenaufnahmen befindet sich das akustische Aufnahmeorgan in der Nähe der Schall-

quelle, und die im Raum reflektierten Schallwellen spielen im Vergleich zu den direkten infolge des hohen Pegelunterschiedes keine wesentliche Rolle. Dazu kommt noch beim Telephon, dass das Ohr durch die Hörrmuschel von der Akustik des eigenen Raumes abgeschlossen ist. Da das Telephon lediglich dem Zweck dient, die menschliche Sprache verständlich zu übertragen, sind weiter gehende Forderungen bezüglich naturgetreuer Übertragung aus wirtschaftlichen Gründen unangebracht. Obwohl die Qualität des Telephons sich im Laufe der Zeit gebessert hat, hat man sich doch daran gewöhnt, von einer bestimmten Person nicht nur das Erinnerungsbild ihrer natürlichen Stimme, sondern auch das der «Telephonstimme» zu bewahren.

Erst das Radio und infolge der elektronischen Verstärker auch die moderne elektrische Schallplatten-Aufnahmetechnik haben hierin eine Änderung gebracht, und damit sind eine Reihe neuer und bisher unbekannter akustischer Probleme aufgetaucht, vor allem das der gekoppelten Räume. Der Empfangsraum ist mit dem Senderraum einsinnig elektroakustisch gekoppelt; durch Überlagerung entsteht im allgemeinen ein ungewohntes Klangbild, das wieder akustisches Unbehagen auslöst. Einfach liegt der Fall, wenn die beiden Räume stark verschiedene Nachhallzeiten haben, denn dann dominiert der Raum mit der längeren Nachhallzeit, gleichgültig, ob es der Sende- oder Empfangsraum ist. Beispiel für den ersten Fall: Radioübertragung eines Kirchenkonzertes im Wohnzimmer; Beispiel für den zweiten Fall: Übertragung einer Studiorede in einem Versammlungssaal.

Bei der Radioübertragung hat man daher auch zunächst angefangen, Reden und die Produktion einzelner Musiker aus stark gedämpften Räumen zu bringen. Später sind Übertragungen aus grossen öffentlichen Konzertsälen gefolgt. Und noch längere Zeit hat es gedauert, bis man kleinere und grössere Orchester einwandfrei aus Räumen übertrug, die der Grösse nach vergleichbar sind mit den Wiedergaberräumen. Diese Senderäume bedürfen einer besonderen akustischen Konditionierung, die *nicht* mit der allgemeinen übereinstimmt. Der Unterschied gegenüber dem Telephon besteht ausserdem noch darin, dass von der Radioübertragung möglichst hohe Naturtreue verlangt wird. Diese Entwicklung ist deswegen beim Radio schon sehr viel weiter gekommen als beim Telephon.

Ein wiederum ganz neues Problem taucht auf, wenn das Lautsprechertelephon mit Lautsprecher und auf Distanz besprechbarem Mikrophon anstelle des Mikrotelephons aktuell wird. Abgesehen vom viel engeren Frequenzband gegenüber dem Radio sind die beiden elektroakustisch miteinander verbundenen Räume gleichzeitig Sende- und Empfangsraum und in *beiden* Richtungen miteinander gekoppelt, wenn man von der den Gesprächsfluss hemmenden Richtungssteuerung Abstand nimmt. Es treten damit neue Koppel-Resonanzen und -Dämpfungen auf, die keinem der beiden Räume für sich eigen sind. Aber auch daran wird sich der Mensch mit der Zeit gewöhnen.

E. Literatur

(Veröffentlichungen nach Fertigstellung des Manuskripts)

Kosten, C. W.: De acoustische impedantie van geluidabsorbeerende wandbekleedingen. Polytechnisch Weekblad Bd. 36(1942) Nr. 1, S. 1...5.

Müller-Strobel, J.: Elektroakustische Grossanlagen. Schweiz. Bauztg. Bd. 125(1945) Nr. 5, S. 49...53.

Coile, R. C.: Reverberation Time Nomographs. Electronics, April 1947, S. 142 u. 144.

Saic, F. C.: Die Naturtreue der elektroakustischen Wiedergabe. Elektrotechn. u. Maschinenbau Bd. 64(1947) Nr. 5/6.

Adresse des Autors:

Erwin de Gruyter, «Oranjerhof», Wabern bei Bern.

Einige Erinnerungen an Albert Einstein

Von F. Rusch, Weida (Thüringen)

92 (Einstein)

Als ich an einem herrlichen Frühsommertag des Jahres 1905 über den weit ausholenden, ragenden Viadukt, der eine der schönsten Städte Europas zu seinen Füßen zärtlich umschliesst, als ich in Zürich einfuhr, sass im eidgenössischen Patentbüro in Bern ein junger Ingenieur, der lieber physikalische Probleme wälzte, als sich in Patentschriften zu vertiefen, *Albert Einstein*.

Er hatte eben eine Abhandlung mit dem harmlosen Titel «Zur Elektrodynamik bewegter Körper» an die «Annalen der Physik» abgeschickt, die bestimmt war, eine der grössten Umwälzungen aller Zeiten im naturwissenschaftlichen Denken einzuleiten und die ganze Physik auf eine neue Basis zu stellen, auf dem Granitfundament der *Relativitätstheorie* neu aufzubauen.

Wenig wusste ich damals von dem Revolutionär in Bern, noch weniger ahnte ich, dass ich ihn in einigen Jahren als einen der liebenswürdigsten, bescheidensten und kindlichfrohesten Menschen kennen lernen sollte.

Ich hatte zunächst eine Stellung als Ingenieur in einer grossen elektrotechnischen Firma bei Zürich angetreten, war aber dann nach einigen Jahren an die Universität Zürich als Assistent für Physik und Privatdozent für theoretische Physik übersiedelt. Dort fand ich Einstein vor, den mein Chef, Professor Kleiner, eben von Bern nach Zürich als ausserordentlichen Professor der Physik berufen hatte. Ich sollte mit Einstein den gleichen Arbeitsraum teilen.

Noch sehe ich die Szene der Vorstellung lebhaft vor mir. Als ich, geführt von Professor Kleiner, einen grossen Raum des physikalischen Instituts der Universität, einen Raum mit hohen Bogenfenstern, angefüllt mit langen Tischen und Glasschränken voll physikalischer Instrumente, betrat, erhob sich von einem dieser Tische, der statt mit Instrumenten mit einer Schreibmappe und zahlreichen Papieren bedeckt war, ein mittelgrosser Mann, einfach, fast ärmlich gekleidet, aber mit einem Künstlerkopf, in dem besonders die strahlenden, sanften, dunklen Braunaugen auffielen, und reichte mir mit freundlichem Lächeln die Hand. Er sagte: «Wir wollen zusammen arbeiten. Sie müssen mir helfen, mit Ihrer Mathematik.» Da hatte Kleiner mich verleumdet. Ich winkte mit einem Gefühl der Beschämung ab. Ich einen Einstein in der Mathematik unterstützen, für den es überhaupt keine mathematischen Schwierigkeiten gab! Aber das war seine

Art. Die Bescheidenheit in Person! Von sich sprach er nie, nur von den anderen und ihren Leistungen. Wenn er, etwa im Kolloquium, über Relativitätstheorie dozierte, hörte man nur die Namen Michelson, A. H. Lorentz oder Minkowski, sich selbst aber erwähnte er nie, obwohl er der Schöpfer der neuen umwälzenden Theorie war.

Seinem Platz an dem erwähnten, leeren Experimentiertisch gegenüber war für mich ein Stuhl bereitgestellt und eine Schreibmappe aufgelegt. Dort sass ich über zwei Jahre mit Einstein zusammen, bis er einem Ruf als ordentlicher Professor an die Universität Prag Folge leistete.

Ich pflegte täglich immer schon etwas früher ins Institut zu kommen, da es zu meinem Aufgabenkreis gehörte, im Labor zum Rechten zu sehen, bevor die Praktikanten und Doktoranden erschienen. Wenn Einstein dann kam, pünktlich, wie die Uhr, und abgelegt hatte, war sein erstes, ein Päckchen Adlerstumpen aus der Tasche zu ziehen und mir einen Stumpen anzubieten. Dann brannte er sich selbst einen an, wobei er stets das dicke Ende dieser keilförmigen Cigarillos in den Mund zu nehmen pflegte, denn «so ziehen sie mit fortschreitendem Abbrennen immer besser», erklärte er lächelnd. Während er nun einige Male im Zimmer auf und ab ging, erzählte er mir von seinen neuen Ideen. «Ich glaube fast, man wird das Energieprinzip aufgeben müssen.» Oder: «Das Kausalitätsgesetz wird in der Naturwissenschaft seine unumschränkte Herrschaft aufgeben müssen.» Auch scheinbar belanglose wissenschaftliche Spitzfindigkeiten machten ihm Vergnügen. So hatte er einmal berechnet, dass in einem Stück Metall ständig winzige elektrische Spannungen auftreten müssen, was man später, im Zeitalter der Elektronenröhre, mit dem Wort «Rauschspannung» belegte. Einmal beschrieb er mir einen kleinen, auf Influenzwirkung beruhenden Apparat, der dazu dienen sollte, winzige Spannungen, die man auf gewöhnlichem Wege nicht mehr messen konnte, so zu erhöhen, dass sie leicht und sicher messbar wurden. Am Anfang unseres Bekanntheits erzählte er mir auch von seiner Jugend, wie er in München das humanistische Wilhelmsgymnasium besuchte, eine Zeit, an die er sich nicht gerne erinnerte, denn seine Lehrer waren von jenem, uns Alten wohlbekannten Typ, dem der preussische Drillunteroffizier besser lag als der gute Pädagoge. Er war froh, als sein Vater, ein mittelloser Kaufmann, der in München nicht recht vorankam, in