

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 103/104 (1934)
Heft: 20

Artikel: Ein registrierender Beschleunigungs- und Bremsmesser
Autor: Gassmann, Fritz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83215>

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

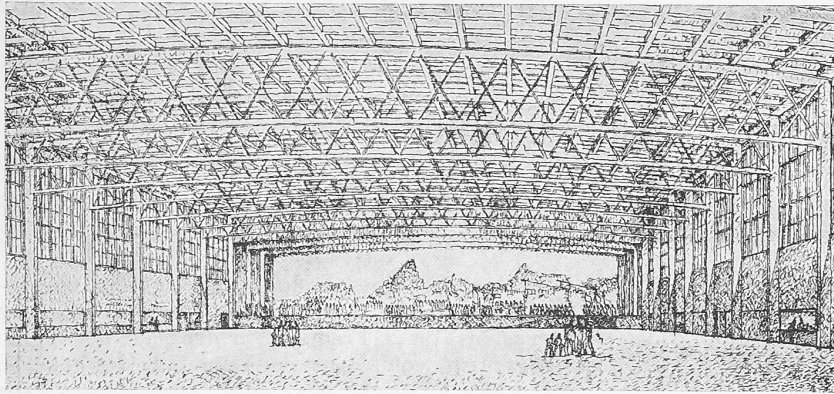
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

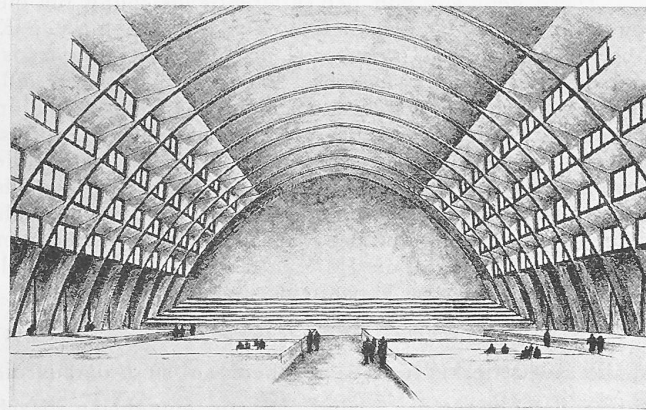
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 07.05.2025

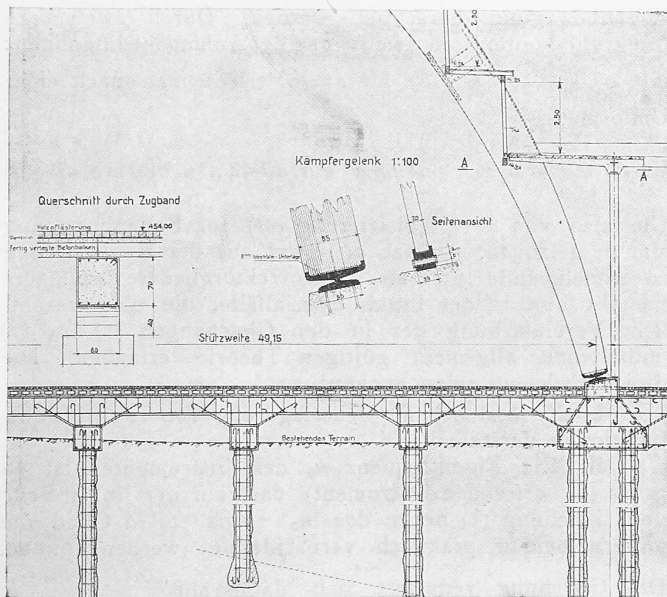
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Angekaufter Entwurf Nr. 11. — Verfasser Theiler & Helber, Arch., Luzern, W. Versell, Ing., Chur.



Angekaufter Entwurf Nr. 20. — O. Schärli, Arch., Luzern, Ch. Chopard, Ing., Zürich.



Einzelheiten zu Entwurf Nr. 20. — Masstab 1 : 250.

Die Eröffnung der Kuverts ergibt folgende Projektverfasser:

1. Rang, Projekt Nr. 12: O. Dreyer, dipl. Arch. S.I.A., Luzern, und K. Kihm, dipl. Ing. S.I.A., Luzern.
2. Rang, Projekt Nr. 25: Armin Meili, dipl. Arch. S.I.A., Mitarbeiter: Hs. Siegwart & Cie., Ingenieurbureau, Luzern.
3. Rang, Projekt Nr. 10: P. A. Furger, dipl. Arch. S.I.A., Luzern, Mitarbeiter: Giov. Zamboni, Arch.; für die Eisenkonstruktionen: Jos. Meyer, Eisenkonstruktionswerkstätte, Luzern.
4. Rang, Projekt Nr. 24: A. Berger, Arch. S.I.A., Grendel 5, Luzern, und Ad. Meier, dipl. Ing. S.I.A., Wädenswil.
5. Rang, Projekt Nr. 8: Zeno Egger, Architekt, Luzern; Mitarbeiter: E. Rathgeb, Ingenieur S.I.A., Zürich.

Die Verfasser der angekauften Projekte sind:
 Projekt Nr. 11: Theiler & Helber, Arch. S.I.A., Luzern, W. Versell, Ingenieur S.I.A., Chur.
 Projekt Nr. 1: V. Fischer, Arch., S.I.A., Luzern, Mitarbeiter: E. Kugler, Ing. S.I.A., Zug, in Verbindung mit der „Eisenbaugesellschaft Zürich“.
 Projekt Nr. 20: Otto Schärli, Arch., Luzern, Charles Chopard, Ingenieur S.I.A., Zürich.
 Projekt Nr. 27: Albert Zeyer, Arch. S.I.A., Luzern, Carl Hubacher, Ingenieur S.I.A., Zürich.

Arch. A. Ramseyer war verhindert, an den Schlussberatungen des Preisgerichtes teilzunehmen. An dessen Stelle trat Stadtbaumeister Türlér, der auch den frühern Beratungen beigewohnt hatte.
 16. Febr. 1934.

Das Preisgericht:

O. Businger, Otto Salvisberg, O. Bolliger, Türlér, H. Hofmann, Kurzmeier.

Ein registrierender Beschleunigungs- und Bremsmesser.

Von Dr. FRITZ GASSMANN, Privatdozent an der E. T. H., Aarau.

Einleitung. Je rascher sich der Fahrzeugverkehr abwickelt, desto wichtiger wird das Studium der mechanischen Gesetze, denen die Fahrzeugbewegungen gehorchen. Von der Kenntnis und der Berücksichtigung dieser Gesetze hängt in hohem Masse die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Fahrverkehrs ab. Eine wichtige Rolle spielt z. B. das Beschleunigungsvermögen eines Fahrzeuges einerseits und die verzögernde Wirkung der Bremsysteme andererseits. Für ihre genauere Untersuchung sind Beschleunigungs- und Bremsmesser erforderlich. Sie lassen sich einteilen in direkt anzeigende und registrierende Instrumente. Die zu messenden Vorgänge verlaufen so rasch, dass ein Registrierinstrument einem direkt anzeigenden vorzuziehen ist. Wohl gelingt es auch mit einem Anzeiginstrument, beispielsweise bei einem Bremsversuch die maximale Bremsverzögerung abzulesen. Das Registrierinstrument liefert jedoch darüber hinaus genauen Aufschluss über den gesamten zeitlichen Verlauf des Verzögerungsvorganges. Der Registrierstreifen ist ein Dokument, in dem der Bremsvorgang objektiv, also nicht beeinträchtigt durch zufällige Beobachtungsfehler, niedergelegt ist, und das auch nach Beendigung des Bremsversuches jederzeit zu Rate gezogen werden kann. Dieser Umstand erleichtert die einschlägigen Untersuchungen in jeder Beziehung und ist besonders auch für gerichtliche Fälle von Bedeutung.

Beschreibung. Im Folgenden soll ein Registriergerät kurz beschrieben werden, das zur Messung der Anfahrbeschleunigung und Bremsverzögerung von Fahrzeugen dient, aber auch als Schwingungs- und als Neigungsmesser verwendet werden kann. Das Instrument ist nach den Angaben des Verfassers von der Firma Trüb, Täuber & Co. in Zürich konstruiert worden und hat den Namen *Ein-komponenten-Beschleunigungsmesser*. Es ist eingebaut in einem Holzkasten von $380 \times 170 \times 200$ mm (Abb. 1) und kann mit Hilfe eines Tragriemens von einem Mann bequem transportiert werden. Im wesentlichen besteht der Apparat (vgl. das Schema Abb. 2) aus einem um eine Achse A (in Abb. 2 senkrecht zur Zeichnungsebene) drehbaren Pendel mit der Masse M, das durch Federn F in der Ruhelage gehalten wird und dessen Schwingungen durch eine mit Flüssigkeitsreibung arbeitende Vorrichtung D gedämpft werden. Der Apparat ist also vom Typus der Seismographen und Erschütterungsmesser. Die Pendelbewegungen werden durch eine Stosstange S vergrößert auf einen Zeiger Z übertragen, der die Bewegungen mit Tinte registriert. Die Hebelübersetzung sowie die Nullage des Zeigers sind verstellbar. Die nutzbare Breite des Registrierpapiers R beträgt 7 cm. Die Papiergeschwindigkeit richtet sich nach dem Zwecke, dem der Apparat zu dienen hat. Die Registrierung wird vorweg durch eine Gipswalze getrocknet und das Papier aufgerollt. Der Druck der Registrierspitzen auf das Papier ist mit Hilfe einer Fein-

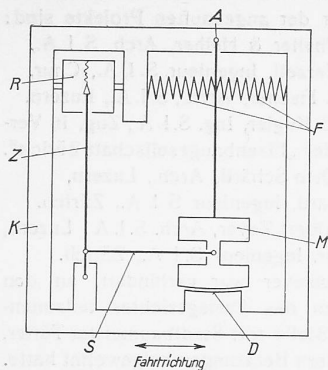


Abb. 2. Schema des Beschleunigungsmessers nach Dr. Gassmann.

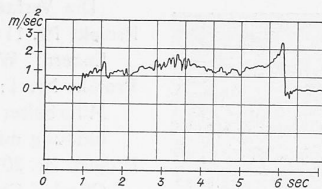


Abb. 3 (links). Brems-Verzögerungs-Diagramm eines elektrischen Strassenbahnwagens ($\frac{2}{15}$ der Originalgrösse).

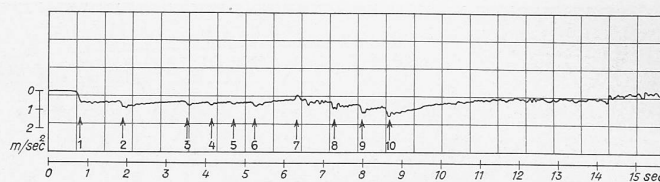


Abb. 4 (rechts). Anfahr-Beschleunigungs-Diagramm eines elektrischen Strassenbahnwagens ($\frac{2}{15}$ der Originalgrösse).

rat von Tinte und Registrierpapier. In den mit dem Apparat von Abb. 1 aufgenommenen Diagrammen (vergl. Abb. 3 und 4) entspricht einem Zeigerausschlag von 1 cm eine Beschleunigung von 1,5 m/sec². Die Papiergeschwindigkeit betrug 1,4 cm/sek.

Wirkungsweise. Um ein bestimmtes Beispiel vor Augen zu haben, halten wir uns an einen Horizontalapparat, d. h. an einen Apparat, der die Beschleunigungen in einer bestimmten horizontalen Richtung, der Arbeitsrichtung, anzeigt. Wir denken uns den Apparat in einem Fahrzeug so aufgestellt, dass die Arbeitsrichtung parallel zur Längsachse des Wagens läuft. Die folgenden Erklärungen lassen sich jedoch sinngemäss übertragen auf jede beliebige andere Aufstellung des Horizontalapparates und ebenso auf Vertikalapparate, d. h. auf Apparate, die die Beschleunigungen in vertikaler Richtung anzeigen. In unserem Beispiel kann das Apparatpendel, wenn es angestossen wird, in der Längsrichtung des Fahrzeuges kleine gedämpfte Schwingungen um eine stabile Gleichgewichtslage ausführen. Die Frequenz dieser Schwingungen, die Eigenfrequenz des Apparates, richtet sich nach dem Verwendungszweck. Beim abgebildeten Apparat beträgt sie fünf Schwingungen pro Sekunde. Bleibt das Pendel sich selbst überlassen und steht das Fahrzeug still oder führt eine genau gleichförmige Fahrt aus, so verharrt das Pendel in seiner Ruhelage, der Apparat registriert die Nulllinie. Ist die Fahrt jedoch gleichförmig beschleunigt oder gleichförmig verzögert, so zeigt das Pendel einen konstanten Ausschlag, der proportional zum Betrage der Beschleunigung, bzw. Verzögerung ist. Springt jedoch die Beschleunigung unvermittelt von einem Betrag auf einen andern über, so vergeht eine gewisse Zeit, bis der Zeiger die entsprechende Lagenänderung durchgeführt hat. Beim abgebildeten Apparat stellt sich dieser Ausschlag in 0,3 sek auf 1 % von d genau ein. Die Einstellzeit kann, wenn es der Verwendungszweck erfordert, noch erheblich verkürzt werden.

Ändert sich die Beschleunigung des Fahrzeuges kontinuierlich, so ist auch der Apparatzeiger in ständiger Bewegung, da das Pendel in jedem Augenblick bestrebt ist, sich auf die momentane Beschleunigung einzustellen. Infolge der Trägheit des Pendels entsteht ein Einstellungsfehler, der umso kleiner ist, je langsamer die Beschleunigungsänderung des Fahrzeuges erfolgt. Bei genügend langsamer Beschleunigungsänderung ist der Einstellungsfehler praktisch Null und daher der Zeigerausschlag in jedem Augenblicke proportional zur momentanen Beschleunigung. Dieser Fall liegt beispielsweise vor, wenn das Fahrzeug in seiner Längsrichtung Schwingungen ausführt, deren Frequenz niedrig ist im Vergleich zur Eigenfrequenz des Instrumentes, das in diesem Falle Ueberfrequenzinstrument genannt wird.

Führt der Wagenkasten Schwingungen aus, deren Frequenz wesentlich über der Eigenfrequenz des Apparates liegt, so ist der Zeigerausschlag nicht mehr proportional zur momentanen Beschleunigung, sondern proportional zum momentanen Ausschlag des Wagenkastens. Für diesen

Fall ist der Apparat ein Amplitudenmesser oder ein sogenanntes Unterfrequenz-Instrument. — Für Schwingungen des Wagenkastens, deren Frequenz in der Nähe der Eigenfrequenz liegt, tritt wohl, dank der Dämpfung des Pendels, keine ausgeprägte Resonanz ein; jedoch ist in diesem Falle für die Auswertung der Registrierungen die allgemeine Theorie der Seismographen heranzuziehen.

Diese geht aus von der Differentialgleichung für die Bewegungen des Pendels relativ zum Apparatkasten K (Abb. 2), wenn dieser seinerseits in Arbeitsrichtung translatorische Bewegungen ausführt. Ist $a(t)$ der von der Nulllinie aus gerechnete Ausschlag der Schreibspitze als Funktion der Zeit, $s(t)$ der Weg des Apparatkastens in Arbeitsrichtung, η eine die Intensität der Dämpfung messende Konstante, n_0 die Eigenfrequenz des ungedämpften Pendels (beim vorliegenden Apparat ist sie etwa 10 % grösser als die gedämpfte), V ein von der Hebelübersetzung abhängiger Zahlenfaktor, so lautet die Differentialgleichung der Pendelbewegung relativ zum Apparatkasten

$$\frac{d^2a}{dt^2} + 2\eta n_0 \frac{da}{dt} + 4\pi^2 n_0^2 a = V \frac{d^2s}{dt^2} \quad (1)$$

Ist die Registrierkurve $a(t)$ gegeben, so sind daraus die Differentialquotienten $\frac{da}{dt}$ und $\frac{d^2a}{dt^2}$ zu entnehmen. Nach

Gleichung (1) kann dann die Beschleunigung $\frac{d^2s}{dt^2}$ der Bodenbewegung berechnet werden. Durch zweimalige Integration unter Berücksichtigung der Anfangsbedingungen: $a = 0$ $\frac{da}{dt} = 0$ $s = 0$ für $t = 0$ erhält man nach einer Umformung¹⁾

$$Vs(t) = a(t) + (2\eta n_0 + 4\pi^2 n_0^2 t) \int_0^t a(\vartheta) d\vartheta - 4\pi^2 n_0^2 \int_0^t \vartheta a(\vartheta) d\vartheta \quad (2)$$

Um also von der Registrierung $a(t)$ zur Bodenbewegung $s(t)$ zu gelangen, sind zu $a(t)$ zwei aus der Registrierung zu entnehmende Integrale als Korrekturglieder anzufügen. Es gibt nun in der Praxis Spezialfälle, die eine wesentliche Vereinfachung der in den Gleichungen (1) und (2) enthaltenen allgemein gültigen Theorie erlauben. Die drei wichtigsten seien genannt.

I. $a(t)$ lässt sich als Ueberlagerung von reinen Sinusfunktionen darstellen.

II. Die Eigenfrequenz n_0 des Instrumentes ist so gross (Ueberfrequenzinstrument), dass auf der linken Seite von Gleichung (1) neben dem n_0^2 enthaltenden Glied die andern beiden praktisch vernachlässigt werden können.

Die Gleichung reduziert sich dann auf $\frac{d^2s}{dt^2} = \frac{4\pi^2 n_0^2}{V} a$, d. h. der Ausschlag des Instrumentes ist proportional zur Bodenbeschleunigung. Für diesen Fall ist der vorliegende Apparat in erster Linie gebaut.

III. Die Eigenfrequenz n_0 des Instrumentes und der betrachtete Zeitabschnitt 0 bis t sind so klein (Unterfrequenz-Instrument), dass in Gleichung (2) die die Integrale enthaltenden Korrekturglieder vernachlässigbar sind.

Verwendung. Als *Bremsprüfer* ist der Apparat vor allem für Automobile, Strassenbahn- und Eisenbahnfahrzeuge verwendbar. Der ganze Bremsvorgang ist in der Registrierung niedergelegt. Man entnimmt der Registrierung

¹⁾ F. Gassmann. Zur Auswertung der Diagramme von Seismographen und Erschütterungsmessern. Verhandlungen der Schweiz. Naturf. Gesellschaft Altdorf 1933, Seite 342.

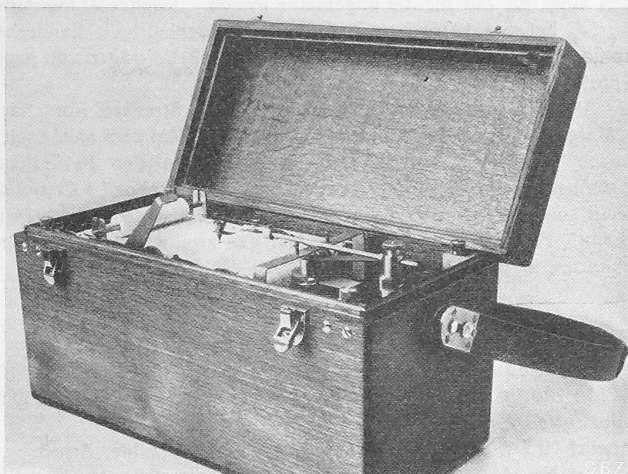


Abb. 1. Registrierender Beschleunigungs- und Bremsmesser (Trüb, Täuber & Cie.).

z. B. die Dauer des ganzen Bremsvorganges, den Augenblick des Eintretens der grössten Bremswirkung, den genauen Betrag dieser Bremswirkung usw. In Abb. 3 ist der Verlauf der Verzögerung beim rein elektrischen Bremsen eines Strassenbahnwagens registriert. Die Verzögerung wird gemessen durch die Ordinate, von der am rechten Ende des Diagramms sichtbaren Nulllinie aus gerechnet. Der Apparat hat den Vorteil, dass er in gleicher Weise auf horizontaler wie auf geneigter Fahrbahn verwendbar ist, da die Nulllage des Zeigers beliebig verstellt werden kann. Bremsproben im Gefälle sind ja oft für die Prüfung der Zuverlässigkeit des Bremssystems unerlässlich.

Ein Beispiel der Registrierung des *Beschleunigungsvermögens* eines Fahrzeuges zeigt Abb. 4. Hier ist der Vorgang des Anfahrens eines Strassenbahnwagens aufgenommen worden. Die Anfahrbeschleunigung wird gemessen durch die nach unten gerichtete Ordinate, gerechnet von der links am Anfang des Diagrammes sichtbaren Nulllinie aus. Die sukzessive Einschaltung der zehn Anfahrstufen des Kontrollers (in der Abb. 4 nummeriert) und der Unterschied zwischen den sechs ersten Stufen (Schaltung in Serie) und den vier letzten (Parallelschaltung) kommt im Diagramm deutlich zum Ausdruck.

Auch der Vertikalapparat lässt sich in gleicher Weise wie der Horizontalapparat als Beschleunigungsmesser verwenden, nämlich zur Registrierung der Anfahr- und Bremsvorgänge in *Aufzügen*.

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen, dass den relativ langsam veränderlichen Ausschlägen, die die Verzögerung und Beschleunigung messen, höher frequente Schwingungen überlagert sind. Sie rühren her von den Längsvibrationen des Wagenkastens. Der Apparat wirkt also gleichzeitig als *Schwingungsmesser*. In Abb. 3 z. B. ist zu sehen, wie durch den Bremsvorgang selbst der Wagenkasten in starke Schwingungen versetzt wird, Abb. 4 zeigt das allmähliche Anwachsen der Schwingungen mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit. Durch Umstellung des Apparatenkastens lassen sich auch die Querschwingungen eines Fahrzeuges messen und mit dem Vertikalapparat die Vertikalschwingungen. Sowohl für die Beanspruchung des Materials, wie für das Wohlbefinden der Fahrgäste sind die Fahrzeugschwingungen von grosser Bedeutung, sodass Schwingungsmessungen an Automobilen, Strassenbahnwagen, Eisenbahnfahrzeugen und Schiffen mit dem vorliegenden Apparat viel zur Abklärung der auftretenden Schwingungsvorgänge beitragen können. In komplizierteren Fällen sind gleichzeitige Messungen mit mehreren Apparaten an verschiedenen Stellen des Fahrzeuges besonders instruktiv. Um ferner an der gleichen Stelle des Fahrzeuges gleichzeitig Schwingungen in drei zueinander senkrechten Richtungen aufnehmen zu können, ist der Bau eines Dreikomponenten-Beschleunigungsmessers geplant. Schwin-

gungsmessungen mit einem tintenregistrierenden Ein- oder Dreikomponenten-Beschleunigungsmesser sind überall da angezeigt, wo es sich um Schwingungen mit grossen Amplituden handelt, also ausser in Fahrzeugen z. B. an hohen Stahlkonstruktionen, an eisernen Brücken, auf Maschinen usw.

Zum Schlusse sei noch erwähnt, dass der Einkomponenten-Beschleunigungsmesser als Pendelapparat neigungsempfindlich ist und daher also auch als *Neigungsmesser* verwendet werden kann, z. B. als Gefällsmesser in Strassenfahrzeugen.

MITTEILUNGEN.

Die Entwicklung des Elektrotechnischen Instituts der E. T. H. bildet den Gegenstand einer Darstellung des Institulleiters K. Kuhlmann im „Bulletin des „S. E. V.“ vom 28. März 1934. Es können mehrere Betriebsperioden unterschieden werden. Zunächst bestanden die in den Jahren 1888 bis 1890 von H. F. Weber geschaffenen Einrichtungen, die auch dem von Weber neben dem elektrotechnischen Institute gleichzeitig geleiteten physikalischen Institute dienten. Als nach Webers Hinschied 1912 die beiden Institute getrennt wurden, begann eine allmähliche Modernisierung der Einrichtungen, die bis 1917 insbesondere den alten Maschinenaal des Instituts wesentlich verändert hat. 1932 konnte dank dem Bundeskredit von rund 2,5 Millionen Fr. mit dem elektrotechnischen auch das physikalische Institut einer vollständigen innern, zeitgemässen Erneuerung unterzogen werden. Im eidg. Physikgebäude sind nun vereinigt: das Institut für allgemeine Physik, das Institut für technische Physik, das Institut für Messtechnik und Hochspannungstechnik, das Institut für Schwachstromtechnik und das Institut für Hochfrequenztechnik. Dem l. c. näher behandelten Institut für Messtechnik und Hochspannungstechnik stehen aus dem Netze des EWZ 600 kVA in Form von Drehstrom bei 6000 V und 50 Perioden zur Verfügung; mit den Gebrauchsspannungen von 500, 250 und 125 V wird der Strom den einzelnen Räumen zugeführt. Ueber Umformer und Quecksilberdampfgleichrichter wird Gleichstrom zur Speisung grosser Akkumulatorenbatterien erzeugt, deren Energie insbesondere mit Dreileiterteilungen unter 240 V in den Maschinen- und Messlaboratorien zur Verfügung steht. Zu Versuchen mit Hochspannung stehen zwei Transformatoren zur Verfügung, die in Serieschaltung eine Höchstspannung von 750 kV ergeben; eine Röhrgleichrichteranlage kann Gleichstrom von 200 kV Spannung liefern. Den Maschinenuntersuchungen dienen nunmehr drei grosse Laboratorien mit 85 verfügbaren Maschinen, Transformatoren und Gleichrichtern.

Energieversorgung und Hängebahn für den Leuchtturm von Nividic. An der Westküste der Insel von Ouessant (Finistère, Bretagne) ist etwa 850 m ausserhalb der Küste auf einem Men-Garo benannten Riff ein 38,5 m hoher Leuchtturm errichtet worden, dessen Energieversorgung und dessen Verkehrs-Verbindung mit dem Ufer der Insel die gleichen Stahlkabel benützt. Die bemerkenswerte Anlage beschreibt „Génie Civil“ vom 28. April 1934. Der automatische Betrieb der Signalanlagen dieses, Nividic genannten Leuchtturms erfordert eine Leistung von 15 kW, die in Form von Einphasenstrom von 500 V von dem auf der Insel gelegenen Kraftwerk Créac'h geliefert wird. Die Kabelanlage von Pern-Ouessant nach dem etwa 850 m entfernten Turm von Nividic benützt zwei weitere, mit Pfeilern versehene Riffe, Concu und Ker-Zu als Stützpunkte. Der Kabelzug besteht aus zwei geraden Strecken, die sich auf Ker-Zu unter 133° treffen. In Ker-Zu ist die Kabelanlage in zwei Sektionen getrennt. Jede Sektion umfasst zwei Kabel, deren Vertikalebenen 1 m von einander absteigen; die 22 mm dicken Kabel haben 3 kg/m Eigengewicht und 44 t Zugfestigkeit. Am Eckpfeiler Ker-Zu sind alle Kabel verankert, an den Endpunkten Nividic und Pern jeder Sektion werden sie gespannt, in Nividic durch Gegengewichte, in Pern mittels einer Windenanlage. Ein besonderes Problem bot die elektrische Isolierung der Kabel. Zur Verkehrsverbindung von Nividic mit der Insel von Ouessant sollen sie mit zweirädrigen Hängebahnwagen befahren werden, zu deren Propulsion Flugmotoren von 45 PS vorgesehen sind. Der Bau der Anlage wurde 1911 begonnen, durch den Krieg unterbrochen und konnte wegen ausserordentlicher Schwierigkeiten, abgesehen vom heute noch ausstehenden Hängebahnbetrieb, erst 1933 vollendet werden.