

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 115/116 (1940)  
**Heft:** 22

**Artikel:** "Cerberus" Alarm- und Meldeanlagen  
**Autor:** Jaeger, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-51288>

#### **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:** 16.01.2026

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

INHALT: «Cerberus» Alarm- und Meldeanlagen. — Erfahrungen mit Verdunkelungsmassnahmen. — Neuzeitliche Grosskolbenmaschinen. — Das neue Gewerbeschulhaus in Langenthal. — Dachneigungen. — Ausbau des Rapperswiler Seedamms. — Mitteilungen: Ausbildung von Flugzeugtechnikern in Altenrhein. Eidg. Technische Hochschule. Der Verband

Schweizerischer Ziegel- und Steinfabrikanten. Persönliches. — Wettbewerbe: Sanierung der rue de la Fontaine. Freiplastik beim Technikum Winterthur. Kläranlage in St. Gallen-Bruggen. Neue Bahnhofbrücke in Olten. — Nekrolog: Emil Locher. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 116 Der S.I.A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich  
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 22

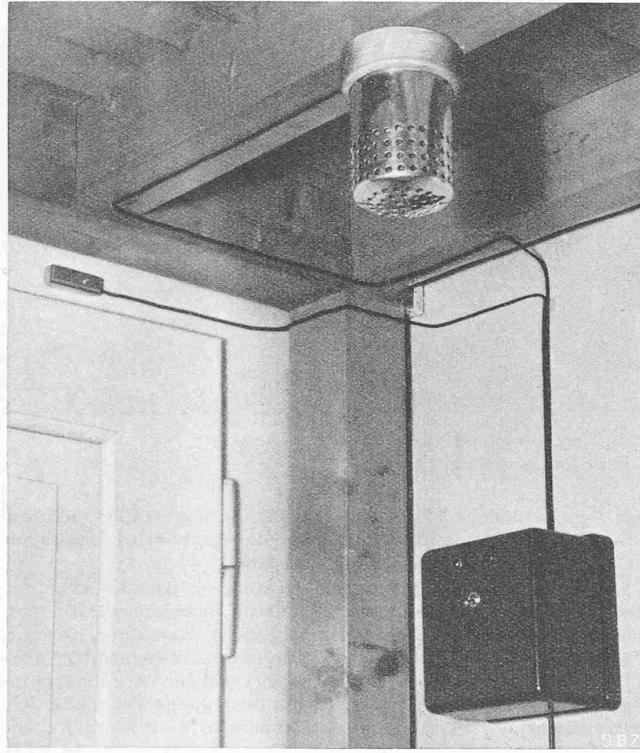


Abb. 1. «Cerberus»-Feuer- und Einbruchwächter mit Signalgeber

### „Cerberus“ Alarm- und Meldeanlagen

Von W. JAEGER, Dipl. Physiker, Maienfeld

Eine allgemeine Uebersicht zeigt die prinzipielle Gliederung von Alarm- und Meldeanlagen. In ihrer Funktion und Wirkung werden zwei neu entwickelte Apparate beschrieben: 1) Ein Feuerwächter, der durch die Verwendung von Radiumstrahlen zur Luftkontrolle auf Molekülkomplexe eine bisher unbekannte Empfindlichkeit besitzt, die unabhängig von der Temperatur oder vom Vorhandensein sichtbaren Rauches ist. 2) Ein Einbruchwächter, der auf die Beschleunigung und nicht auf die Amplitude reagiert und im Vakuum arbeitet.

Allgemeines. Eine Alarm- und Meldeanlage dient zur Ueberwachung und Warnung, z. B. bei Feuerausbruch, Einbruchversuch usw. Jede Alarmanlage besteht aus drei ihrer Funktion und Aufgabe nach verschiedenen Teilen: 1) Der Wächter wandelt den zu alarmierenden Vorgang in einen Steuerbefehl und meldet ihn an den Signalgeber. 2) Der Signalgeber nimmt den Steuerbefehl des Wächters auf und wandelt ihn in Licht- und akustische Signale. 3) Der Energiedienststeller stellt die notwendige Energie für das Alarm- und Meldesignal, gegebenenfalls auch für die Leitungskontrolle und für den Wächter zur Verfügung. Die drei Teile können getrennt aufgestellt werden oder ein gemeinsames Aggregat bilden. Die Verbindung der Teile geschieht im allgemeinen durch elektrische Leitungen. Die Vereinigung des Wächters mit dem Signalgeber ermöglicht ein kleines Aggregat, das wie irgend ein elektrischer Apparat ohne grosse Installationskosten an das Lichtnetz angeschlossen werden kann. Zur Uebermittlung des Alarms vom Signalgeber zu der zu warnenden Person dienen Schallwellen.

Abb. 1 zeigt eine Ausführung in einem Lagerraum. An der Decke ist ein Feuerwächter montiert, der zur Warnung bei Brandausbruch dient. Ein Einbruchwächter ist über der Tür sichtbar. Beide Wächter arbeiten auf einen gemeinsamen an der Wand befestigten Signalgeber.

Im allgemeinen werden eine oder mehrere zentrale Stellen für die Signalgeber eingerichtet, die mit den auf die zu schützenden Objekte verteilten Wächtern durch elektrische Leitungen

verbunden werden. Der Energiedienststeller wird in den meisten Fällen das allgemeine Elektrizitätswerk sein, allenfalls über Umformer und Gleichrichter und in Verbindung mit Notstromgruppen. Abb. 2 zeigt das Schema einer derartigen Anordnung.

Es ist auch möglich, den Signalgeber an ein bestehendes besonderes Signalnetz, z. B. an das Feuermeldenetz einer Grossstadt oder über einen Zusatzapparat an das Telephonnetz anzuschliessen.

Grundsätzlich kann jeder Apparat, der irgend einen Vorgang auf irgend eine Art misst, als Wächter verwendet werden. Für die praktische Anwendung müssen die verschiedensten Bedingungen in Bezug auf Empfindlichkeit, Preis, Betriebsicherheit und äussere Abmessungen an den Wächter gestellt werden. Der Signalgeber ist einerseits den äusseren Bedürfnissen anzupassen, d. h. er muss farbige Signallampen oder aufleuchtende Nummern besitzen, Signale, wie Summer, Hupen, Sirenen, Wecker, Glocken, usw. betätigen, oder die Auslösung irgendwelcher Schutz-, Abwehr- oder Fernsteuerungseinrichtungen bewirken. Andererseits muss der Signalgeber dem Wächter angepasst werden und die von diesem gegebenen Signale aufnehmen und umwandeln.

Im folgenden sollen zwei neu entwickelte, sehr allgemein verwendbare Wächter kurz beschrieben werden.

**Der Feuer-Wächter** soll auf Veränderungen ansprechen, die durch eine Verbrennung verursacht sind, und auf keine anderen.

Bekanntlich entsteht bei einer Oxydation mit hoher Temperatur (Verbrennung) immer Wärme und häufig Licht oder Rauch. Durch Verwendung der Wärmeentwicklung lässt sich jedoch kein eigentlich geeigneter Feuerwächter bauen, denn nur in unmittelbarer Umgebung der Feuerstelle erhöht sich die Temperatur schon bei kleiner Verbrennung genügend. In einiger Entfernung steigt die Temperatur erst bei grossen Verbrennungen stärker an als infolge anderer Einflüsse (Heizung, Sonnenbestrahlung). Die Lichtenentwicklung ist nur in abgeschlossenem Raum anwendbar, fällt daher zumeist nicht in Betracht.

Häufig wird der sichtbare Rauch als Kriterium für eine Verbrennung verwendet. Bekanntlich besitzen die meisten Schiffe eine sogenannte Rauchschnüffelanlage; die «Normandie» soll gar eine Photozellenanordnung in jedem einzelnen Raum besitzen. Obwohl diese kostspieligen Anlagen auf den Schiffen die Temperatur- und Differentialtemperaturmelder vollständig verdrängt haben, ist der sichtbare Rauch schon an sich kein geeignetes Kriterium, denn selbst eine ansehnliche Verbrennung kann ohne sichtbare Rauchentwicklung stattfinden. Zudem verlangen diese Anlagen außerordentliche Installationskosten und ständige Beobachtung.

Nun ist es aber gelungen, einen Feuerwächter zu bauen, der unabhängig von der Lufttemperatur oder von sichtbarer Rauch-

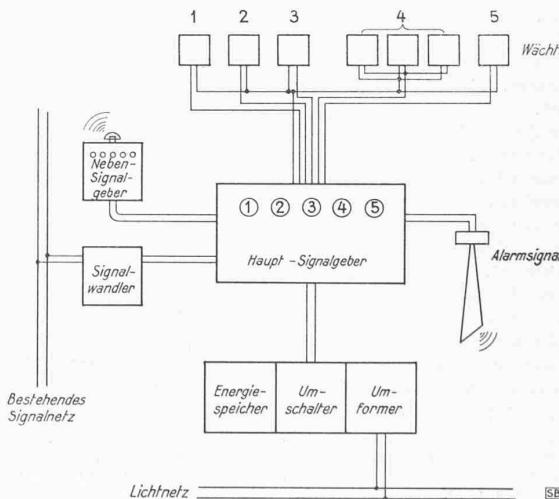


Abb. 2. Schema der Alarmanlage «Cerberus»

entwicklung dann Alarm gibt, wenn man mit der Nase eine Verbrennung riecht. Der Apparat arbeitet nach einem neuen Prinzip (Luftkontrolle auf Molekülkomplexe mit Radiumstrahlen) und mit neuen Mitteln (Potentialrelais).

Die Luft besteht aus einzeln herumfliegenden Molekülen. Bei einer Verbrennung verbinden sich die Sauerstoffmoleküle der Luft mit den Molekülen des verbrennenden Körpers. Dabei entstehen neue, zumeist gasförmige, chemische Verbindungen ( $\text{CO}_2$  usw.) und Wärme. Die unverbrennbare Substanz bildet Asche, die häufig als Rauch entweicht. Durch die Wärme verdampfen einzelne Teilchen (Salze), die z. T. elektrisch geladen sind (Ionen). Diese geladenen Teilchen bilden in der Luft Komplexe (Langevin-Ionen), indem sich bis zu einigen Millionen von Einzelmolekülen daran anlagern. Daneben entstehen bei jeder sichtbaren Verbrennung oder Glimmung auch ungeladene Molekülkomplexe.

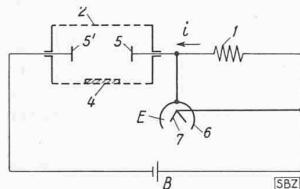


Abb. 4. Schaltschema

Präparates 4 ionisiert, d. h. einzelne ihrer Moleküle werden in positiv und negativ aufgeladene Teilchen (Ionen) aufgespalten. Die positiven Ionen werden zur einen Elektrode 5', die negativen zur andern Elektrode 5 gezogen, wo sie sich entladen. Durch diese Ionenwanderung entsteht ein elektrischer Konvektionsstrom  $i$ , der, durch den Widerstand 1 fliessend, dort einen Spannungsabfall  $u$  erzeugt, der mit dem Elektrometer  $E$  durch die Bewegung der Blättchen 7 gemessen wird. Bei bekanntem Widerstand 1 ist damit auch der Strom  $i$  gemessen.

Bei Untersuchungen mit einer derartigen Anordnung zeigte sich, dass eine relativ grosse Aenderung des Stromes  $i$  entsteht, wenn die Luft Flammengase oder Rauch enthält, oder wenn sie auch nur aus der Nähe einer Verbrennungsstelle oder aus der Umgebung eines glimmenden Körpers kommt. Derartige Aenderungen treten auch auf, wenn die Luft keinen sichtbaren Rauch enthält. Durch die EMPA<sup>1)</sup> wurde festgestellt, dass Veränderungen der chemischen Zusammensetzung der Luft keine so starken Aenderungen hervorrufen. Diese Versuche zeigen, dass eine derartige Anordnung Luftveränderungen, die infolge einer Verbrennung entstehen (Bildung von Molekülkomplexen) anzeigen. Das Verfahren ist äusserst geeignet zur Feuermeldung, da diese Luftveränderungen ungefähr eine Viertelstunde bestehen bleiben.

Nach den verschiedensten Versuchen wurde in den letzten Jahren der nach diesem Verfahren arbeitende neue Feuerwächter gebaut<sup>2)</sup>. Abb. 5 zeigt einen etwas schematisierten Schnitt durch den Apparat. In der Ionisationskammer 2 wird die Raumluft fortlaufend kontrolliert, indem sie durch das radioaktive Präparat 4, das durch einen Metallüberzug 5 geschützt ist, ionisiert wird. Der Widerstand 1 der Abb. 4 ist durch eine abgeschlossene Ionisationskammer mit dem radioaktiven Präparat 3 ersetzt. Die Umwandlung der Bewegung der Elektrometerblättchen 7 in ein Alarmsignal geschieht durch die Zündung einer Gasentladung zwischen der «Kontakt»-Elektrode 8 und der beweglichen Elektrode 7. Die Schutzschicht 9 mit der Wärmespirale 10 dient zur Erzielung einer dauernd guten Isolation. Die Abb. 1 zeigt den sehr kleinen Apparat, an der Decke des zu schützenden Raumes montiert.

Der Apparat kontrolliert die Luft ununterbrochen, da sie durch Diffusion und Strömung ständig ein- und austritt. Infolge der grossen Energiereserven des verwendeten Radiumpräparates (Halbwertzeit 1760 Jahre), und da der Apparat keine sich abnutzenden Teile oder Glühkathoden aufweist, ist seine Lebensdauer praktisch unbegrenzt. Jeder Defekt des Feuerwächters oder seiner Zuleitungen löst im Signalgeber Alarm aus. Beliebig viele Feuerwächter können an die selbe Leitung angeschlossen werden.

<sup>1)</sup> Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt. Untersuchungsbericht Nr. 16121 (22. Mai 1929) von Dr. Geissner.

Nr. 10131 (28. März 1939) von Dr. Gessner.  
2) W. Jaeger: Die Ionisationskammer als Feuermelder, «Bull. S.E.V.» 1940, Nr. 9, S. 197 bis 200.

Abb. 6. Seismogramme eines nahen Schrittes

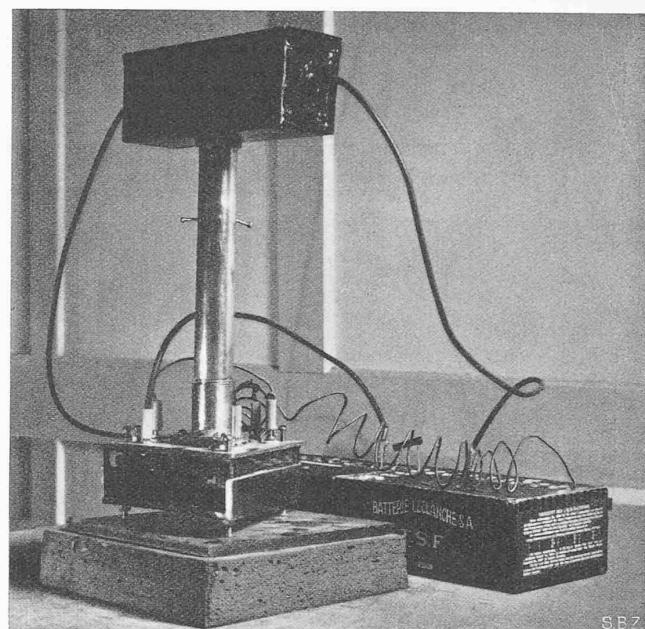


Abb. 3. Quadranten-Elektrometer mit aufgebauter Ionisationskammer für Versuche

Der Apparat ist so klein, dass er überall unauffällig montiert werden kann. Er kann über normale elektrische Leitungen mit dem Signalgeber verbunden werden.

Der neue Feuerwächter ist so empfindlich, dass er schon das kleinste Feuer anzeigt<sup>3)</sup>. Eine Handvoll mottender Putzfäden (die nur Rauch, aber keine Flamme geben) oder einige Gramm brennende trockene Holzwolle oder einige Zeitungsbögen (die nur brennen, aber keinen Rauch geben) werden in einem mittleren Raum sofort angezeigt. Es ist der einzige Feuerwächter, dessen Empfindlichkeit nicht von Temperatur, Luftdruck, Feuchtigkeitsgehalt oder der chemischen Zusammensetzung der Luft abhängt. Der Wächter reagiert so wenig auf eine entfernte Verbrennung, wie auf eine Verbrennung, die vor langerer Zeit stattgefunden hat, da die alarmauslösenden Molekülkomplexe mit der Zeit wieder zerfallen.

Die Empfindlichkeit des neuen Feuerwächters kann verschieden gewählt werden und wird im allgemeinen so gross gemacht, dass in einem mittleren Raume durch Zigaretten- oder Zigarrenrauch kein Alarm entsteht, wohl aber durch jede grössere Verbrennung.

Der Feuerwächter gibt immer dann Alarm, wenn Luft aus der Umgebung einer Verbrennungsstelle in seine Nähe gelangt. Da bei jeder Verbrennung Wärme entsteht, wird die Luft aus der Verbrennungsstelle in die Höhe getragen. Der Apparat überwacht einen Raum sehr sicher, wenn man ihn hoch montiert, und es sind selbst für grössere und sehr grosse Räume nur wenige Wächter notwendig. Der neue Apparat ermöglicht erstmals auch den Schutz sehr grosser und offener Räume und Hallen, die z. B. halboffene Zwischenböden besitzen. Es ist dabei nur notwendig, einige Wächter an verschiedenen Stellen des Raumes zu montieren, und alle diese Wächter an einen gemeinsamen Signalgeber anzuschliessen. Durch die Luftbewegung infolge der Verbrennungswärme, durch die allgemeine Luftbewe-

<sup>9)</sup> W. Jaeger: Selbsttätige Feuermeldung mit Radiumstrahlen. Mitteilungen d. Ver. Kant. schweiz. Feuerversicherungsanstalten Bd. 19 (1940) 2, Seiten 73 bis 84.

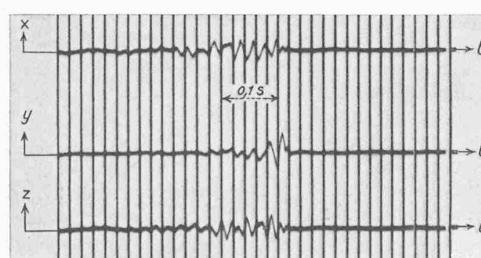


Abb. 6. Seismogramme eines nahen Schrittes

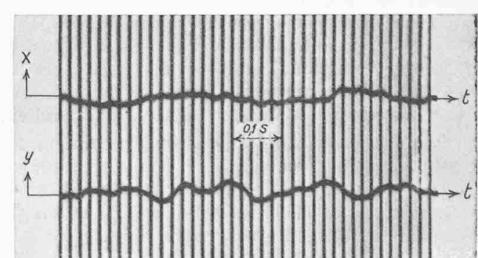


Abb. 7. Seismogramme eines in rd. 50 m Entfernung vorbeifahrenden Eisenbahnzuges

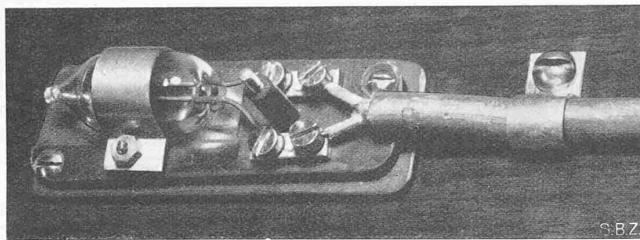


Abb. 8. «Cerberus»-Einbruchwächter zum Schutze von Fenstern und Türen

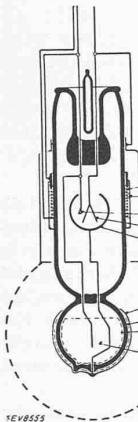


Abb. 5. Schematisierter Schnitt durch einen Feuermelder

gung im Raume und infolge Diffusion verbreiten sich die Gase aus der Umgebung einer Verbrennungsstelle sehr rasch und erreichen bald auch einen Wächter.

Der Signalgeber kann an sich ganz beliebig gebaut werden. Abb. 1 zeigt einen Signalgeber mit einer roten Alarmlampe, einer grünen Kontrolllampe, einem eingebrachten Ein-Aus-Schalter und einem eingebauten, lauttönenden Summer, der unmittelbar an das Wechselstromnetz angeschlossen wird. Beliebige weitere Alarmapparate wie Hupen, Sirenen usw. können angeschlossen werden.

Der Einbruch-Wächter soll einen Einbruchversuch anzeigen, d.h. er soll bei jedem gewaltsamen Öffnen von Fenstern oder Türen usw. alarmieren. Bei jedem gewaltsamen Aufsprengen entstehen Erschütterungen. Diese Erschütterungen pflanzen sich als Schwingung durch die Materie, speziell auch durch die Luft (als Schall) fort.

Die Abb. 6 zeigt z.B. den zeitlichen Verlauf eines Stosses in rd. 3 m Entfernung von der Stossstelle<sup>4)</sup>. Als Stoss wurde dabei ein normaler Schritt gewählt. Die senkrechten Striche sind Zeitmarken, die alle 0,02 s gegeben wurden. Die Vergrösserung der Amplitude beträgt 8500 und die Schwingungsdauer des von Prof. Kreis in Chur konstruierten Seismographen 0,22 s.

Aus Abb. 6 sieht man, dass man die Schwingung in einer Koordinatenrichtung in erster Annäherung durch

$$x = A \sin \frac{2\pi}{T} t \quad \dots \quad (1)$$

darstellen kann.

Dabei bedeutet  $A$  die Amplitude und  $T$  die Schwingungsdauer.

Die auftretende Beschleunigung erhält man durch zweimalige Differentiation.

$$b = \ddot{x} = -\frac{A}{T^2} 4\pi^2 \sin \frac{2\pi}{T} t \quad \dots \quad (2)$$

In obigem Falle wird die maximale Beschleunigung rd. 5  $\text{cms}^{-2}$   $\approx 1/200$  der Erdbeschleunigung betragen.

Interessant ist nun vor allem, dass allgemeine Störungen, die von weiter her kommen, wohl ganz beträchtliche Amplituden  $A$  besitzen, dass aber die Schwingungsdauer  $T$  dieser Erschütterungen gross ist. Die Beschleunigung  $b$ , die ja vor allem von der Schwingungsdauer  $T$  abhängt, ist daher sehr klein, wie man aus Abb. 7 sieht, die den zeitlichen Verlauf am gleichen Orte wie Abb. 6 zeigt, wenn in der Nähe ein Eisenbahnzug vorbeifährt. Die maximale Beschleunigung ist kleiner als 0,5  $\text{cms}^{-2}$ .

Man sieht aus Abb. 6 und 7, dass ein harter Stoss in seiner Nähe während sehr kurzer Zeit eine sehr grosse maximale Beschleunigung ergibt, die jedoch bei seiner Ausbreitung durch die Materie sehr rasch abnimmt, da die für diese grossen Be-

<sup>4)</sup> A. Kreis: Bericht über die Erschütterungsmessungen bei der neuen Kräzener-Strassenbrücke St. Gallen-West, vom 25. Mai 1937.

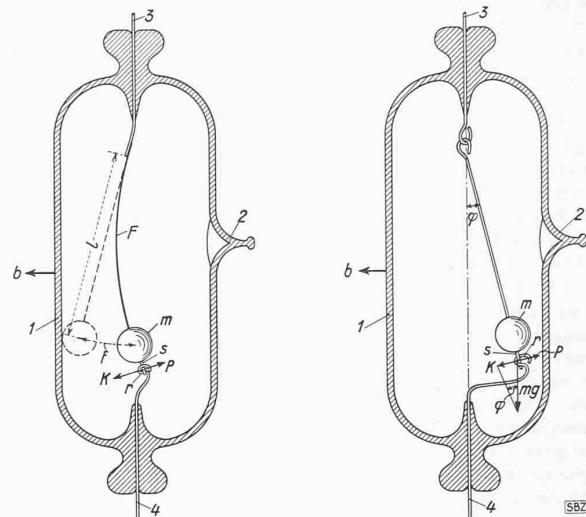


Abb. 9a.

Schematische Darstellung von Beschleunigungskontakten. Im Glasgefäß 1 mit dem Pumpstutzen 2 sind die beiden Zu-führungen und gleichzeitig Halterungen 3 und 4 eingeschmolzen. Die Masse  $m$  wird von dem Kontakttring  $r$  abgehoben, wenn das ganze System mit einer Beschleunigung  $b_K$  bewegt wird, sodass  $m \cdot b_K > K$  ist

schleunigungen verantwortlichen hohen Frequenzen schnell absorbiert werden. Es bleiben nur noch die niedrigen Frequenzen und Beschleunigungen übrig.

Ein Einbruchwächter zeigt also darum im wesentlichen nur in seiner Nähe entstehende Störungen an, ohne auf an sich viel stärkere, jedoch entferntere Erschütterungen zu reagieren, wenn er auf die Beschleunigung  $b$  und nicht auf die Amplitude  $A$  anspricht, und zwar schon bei äusserst kurzezeitig einwirkender Beschleunigung.

Der im folgenden beschriebene Einbruchwächter Abb. 8 ist so gebaut, dass er diesen Bedingungen entspricht. Er wird in verschiedener Ausführung mit verschiedener Empfindlichkeit zum Schutze von Fenstern, Türen, Stacheldrahthindernissen oder Durchgängen (wozu er in die Erde eingegraben werden kann) geliefert.

Es ist prinzipiell sehr einfach, einen Apparat zu bauen, der dann ein Signal steuert, wenn die Beschleunigung  $b$  eines erschütterten Körpers, etwa des Glasgefäßes 1 der Abb. 9, in der eingezeichneten Richtung, positiv im Sinne des Pfeiles gerechnet, eine bestimmte Schranke  $b_K$  überschreitet, wenn also

$$b > b_K \quad \dots \quad (3)$$

Solange der mit der Masse  $m$  fest verbundene Kontaktstift  $s$  auf dem seine Bewegung nach links verhindern, mit dem Gefäß verbundenen Kontakttring  $r$  aufliegt, hält der Kontaktdruck den übrigen Kräften relatives Gleichgewicht, nämlich 1) den aktiven Kräften (Gewicht, Federkraft), 2) der d'Alembertschen Trägheitskraft. Die Komponente dieser in Richtung des Pfeils ist  $-mb$ , die bezügliche Komponente der ersten Kräfte heisse  $K$ , während mit  $P$  der entgegengesetzt gerichtete Kontaktdruck bezeichnet sei. Dann gilt

$$P = K - mb \quad \dots \quad (4)$$

Da  $P \geq 0$ , hebt sich der Kontakt ab, sobald  $mb > K$

Man erhält damit:

$$b_K = \frac{K}{m} \quad \dots \quad (5)$$

Dabei ist  $K = K_1 + K_2$ ,  $K_1 = IEfl^3$  (Abb. 9a), bzw.  $K_2 = mg \sin \varphi$  (Abb. 9b).

Da die Ungleichung  $P \geq 0$  nicht streng richtig ist, gilt Gl. (5) nur angenähert. In Wirklichkeit treten zwischen den

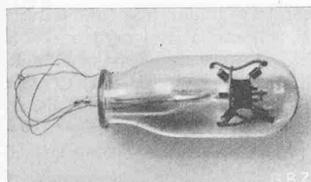


Abb. 10a. Federnder Vakuum-Beschleunigungskontakt

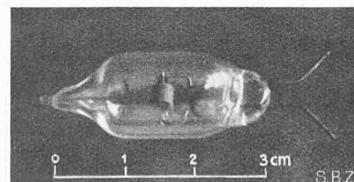


Abb. 10b. Pendelnder Vakuum-Beschleunigungskontakt

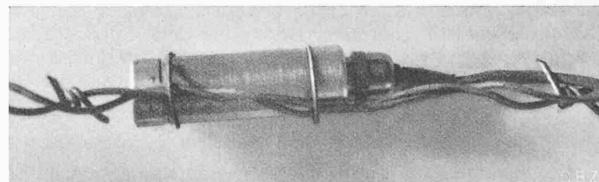


Abb. 11. «Cerberus»-Einbruchwächter zum Schutz von Drahthindernissen oder Gittern

Molekülen an der Kontaktstelle nicht nur abstossende, sondern auch anziehende Kräfte auf (molekulare Haltekräfte); dazu kommen elektrostatische Anziehungs Kräfte:

a) Die molekulare Haltekraft  $P_h$  hängt von der berührenden Fläche, vom Berührungsdruck, der Dauer der Berührung und vor allem von der Oberflächenbeschaffenheit ab. Diese ist abhängig von dem umgebenden Gase und der Temperatur. Bei normalen elektrischen Kontakten steigt die Temperatur zum mindesten örtlich immer bis zum Schmelzpunkt. Aber auch ohne diese Erwärmung, die die Kontakte zum Schmelzen oder Schweißen bringt, treten erhebliche molekulare Haltekräfte auf. Diese können bei den unten beschriebenen Kontakten zwischen  $10^{-5}$  und 1 gr gewählt werden.

b) Elektrostatische Anziehungs Kraft  $P_e$ . Da bei elektrischen Kontakten eine wenn auch unter Umständen sehr kleine Potentialdifferenz  $u$  zwischen den Kontakten liegen muss, entsteht eine unter Umständen erhebliche elektrostatische Anziehungs Kraft. (Diese Anziehungs Kraft wird übrigens im Momenten der Kontaktabhebung noch vergrössert, da dann die Spannung notwendigerweise ansteigen muss, damit durch die Kontaktunterbrechung eine Schaltung ausgelöst werden kann.) Diese elektrostatische Anziehungs Kraft, die zum Teil identisch ist mit dem sogenannten Johnson-Rabeck Effekt, kann bedeutende Werte erreichen und proportional  $u^2$  angenommen werden.

Bei Berücksichtigung der Kräfte a) und b) tritt an Stelle der Gl. (5):

$$b_K = g \sin \varphi + I E \frac{f}{m e^3} + \frac{P_h}{m} + k \frac{u^2}{m} \dots \quad (6)$$

Um einen empfindlichen Kontakt zu bauen, sollen die beiden letzten Glieder gegen die beiden ersten verschwinden. Dazu kann man  $m$  gross wählen, oder  $P_h$  und  $u$  sehr klein nehmen. Im ersten Falle erhält man ein grosses System, das zudem die eigentliche Kontaktstelle leicht beschädigt und deshalb auf die Dauer nicht zuverlässig arbeitet. Durch besondere Massnahmen gelang es,  $P_h$  und  $u$  soweit zu verkleinern, dass mit sehr kleiner Masse  $m$  gearbeitet werden kann.

Versuche ergaben, dass zum sicheren Schutz von Fenstern und Türen ein Apparat notwendig ist, der auf eine Beschleunigung  $b_K$  von rd.  $500 \div 1000 \text{ cms}^{-2}$  reagiert. Zum Schutze von Zimmern gegen Betreten ist  $b_K \approx 50 \div 100 \text{ cms}^{-2}$ , zum Schutze eines Durchgangs (durch einen  $20 \div 50 \text{ cm}$  in den Boden eingegrabenen Apparat) ist  $b_K \approx 5 \div 10 \text{ cms}^{-2}$  zu wählen.

Zum Vergleich sei angeführt, dass die normalen Erschütterungen der Erdoberfläche durch Ebbe und Flut und alle allgemeinen Störungen rd.  $0,25 \text{ cms}^{-2}$  betragen, und dass eine Erdbebenstärke zwischen  $2,5 \div 5 \text{ cms}^{-2}$  selbst während des vollen Tagesbetriebes und im Freien von zahlreichen Personen gespürt wird. Dabei rasseln schon Möbel, Türen und Fensterladen schlagen auf und zu, Fensterscheiben zerspringen und die Schlafenden erwachen allgemein. Ein Erdbeben mit einer Beschleunigung zwischen  $50$  und  $100 \text{ cms}^{-2}$  wirkt verwüstend und zerstört etwa die Hälfte der Steinhäuser. Bei einem Erdbeben, das Beschleunigungen zwischen  $500 \div 1000 \text{ cms}^{-2}$  verursacht, hält kaum ein Werk von Menschenhand mehr stand<sup>5)</sup>.

Damit durch die oben angeführten Beschleunigungen ein Signal ausgelöst werde, ist es am einfachsten, einen elektrischen Kontakt so zu bauen, dass er einen Stromkreis dann unterbricht, wenn die in günstigster Richtung einwirkende Beschleunigung  $b_K$  ihn zu öffnen vermag. Dazu muss eine bewegliche Masse  $m$  im Ruhezustand so gegen einen mit dem Apparat fest verbundenen Kontakt drücken, dass (5) erfüllt ist.  $K$  kann dabei durch eine Federanordnung erzeugt werden (Abb. 9a und 10a), oder eine Masse kann, wie in Abb. 9b und 10b gezeigt, an einem Pendel aufgehängt werden. Die zweite Lösung bewährte sich für mechanisch hochbeanspruchte Kontakte besser, da dabei keine sich verformenden oder hoch beanspruchten Einzelteile, wie Federn, vorhanden sind.

Derartige Anordnungen sind schon lange bekannt, wurden aber häufig nicht richtig angewandt, da zumeist die notwendige starre Verbindung der Gegenelektroden mit dem Apparat und damit mit der Unterlage fehlt. Eine gewisse Elastizität dieser Unterlage kann für Sonderfälle erwünscht sein, da sie bewirkt, dass das Signal nur bei einer Bewegung mit einer Beschleunigung  $b_K$  erfolgt, die zum Abheben des Kontaktes ausreicht und *außerdem* eine derartige Amplitude  $A$  besitzt, dass die Elastizität der Gegenelektrode nicht ausreicht, um der Bewegung folgen zu können.

Eingehende Versuche zeigten nun, in Übereinstimmung mit der allgemeinen Erfahrung, dass ein vollkommen zuverlässiger Kontakt bei kleinem Kontaktdruck auf die Dauer nur in einem her-

metisch abschliessbaren Raum erreicht werden kann<sup>6)</sup>. Deshalb wurden die Kontakte vollständig in ein Glasgefäß eingeschlossen.

Damit das Glasgefäß durch die notwendige Masse  $m$  bei extrem starken Beschleunigungen, wie sie z. B. beim Zuschlagen von Fenstern oder Türen, oder bei an einer Eisenbahnschwelle befestigten derartigen Kontakten auftreten, nicht zerschlagen wird, muss die Masse  $m$  möglichst verkleinert werden, und soll wenn möglich einige 10 gr nicht übersteigen. Der Kontaktdruck  $P$  wird nach (4) entsprechend klein.

Damit bei diesen kleinen Kontaktdrücken, bei denen noch keine nennenswerte mechanische Verformung und damit Reinigung der Kontaktstellen erfolgt, ein sicherer Stromdurchgang stattfindet, müssen die Kontaktstellen peinlichst gereinigt werden (durch Ausglühen im Hochvakuum). Derartige reine Metallflächen haften aber im Vakuum infolge molekulärer Anziehungs Kräfte stark aneinander, sodass  $P_h$  in (6) sehr gross wird. Durch ein Spezialverfahren gelingt es aber, die Kontaktflächen so zu behandeln, und gewissermassen zu schmieren, dass dies Haften, das eine Art Zusammenschweissen ist, die nichts mit dem Stromdurchgang zu tun hat, verhindert wird, und dass trotzdem noch ein äusserst kleiner elektrischer Übergangswiderstand vorliegt.

Die Erklärung für dieses auf den ersten Blick unmöglich erscheinende Verhalten liegt wohl darin, dass das Zusammenkleben durch eine nichtmetallische Schicht von nur einer einzigen Moleküllage verhindert wird<sup>7)</sup>. Ein Stromdurchgang ist dann nach der Wellenmechanik trotzdem noch möglich, da die der Broglie-Wellenlänge des Elektrons bei den am Kontakt liegenden Spannungen in der Grössenordnung des Moleküldurchmessers liegt, und damit nach dem Tunneleffekt diese Schicht durchdringen kann.

Bei geeigneter Gasfüllung und geeigneter Materialart für die Kontakte ist es möglich, den Kontakt so zu bauen, dass er auch bei andauernder stärkster Beanspruchung und trotz der nicht zu vermeidenden, wenn auch ganz geringen Abnutzung der Kontaktfläche ständig diese, das Zusammenkleben verhindrende Haut neu bildet. Durch diese Massnahme ist es möglich, Kontakte der verschiedensten Empfindlichkeit und für die verschiedensten Zwecke zu bauen, die außerordentlich zuverlässig arbeiten. Man sieht freilich den kleinen und einfachen Kontakten nicht mehr an, dass es zu ihrer Konstruktion ziemlich grundlegender Erkenntnisse der modernen Physik und der bewundernswerten Forschungsergebnisse der Vakuumtechnik bedurfte.

Mit diesen Kontakten lassen sich, indem man sie in ein Gehäuse einbaut und mit Anschlussklemmen versieht, äusserst kleine Einbruchwächter bauen. Diese robusten Apparate, die sich nicht merklich abnutzen und keinen Ersatz verlangen, dienen zum Schutze von Fenstern, Türen und Kästen. Dabei ist es sehr vorteilhaft, dass sie auf harte Erschütterungen (die in der Nähe entstehen) reagieren, und nicht auf weiche Erschütterungen, selbst wenn diese sehr grosse Amplituden besitzen (die von entfernten, sehr starken Erschütterungssherden herführen).

Ein Modell sehr grosser und einstellbarer Empfindlichkeit kann zum Schutze von Tresor-Räumen oder von Durchgängen dienen. Abb. 11 zeigt einen Einbruchwächter, der in ein kleines Panzergehäuse eingebaut ist und mit Kabelmasse ausgegossen werden kann. Er dient zum Schutze von Drahthindernissen oder von Gittern.

## Erfahrungen mit Verdunkelungsmassnahmen

Erfahrungen mit Verdunkelungsmassnahmen sind in der «Z.VDI» 1940, Nr. 30 von E. von der Trappen zusammengefasst. Kleinere Wohn- und Werkräume sind verhältnismässig einfach zu verdunkeln, z. B. durch einzusetzende Holzrahmen von Fenstergroesse, die mit lichtundurchlässigem Karton oder Stoff bespannt sind. Für Treppenaufgänge eignen sich Luftschatz-Glühlampen von  $8 \div 15 \text{ W}$  mit schwarzem, eine Lichtaustrittsöffnung freilassendem Glaskolben. Die auch bei schwachem Licht vorhandene Blendungsgefahr ist nicht ausser acht zu lassen. Von den Luftschatz-Innenleuchten sorgen insbesondere solche mit indirektem Lichtaustritt für eine gleichmässig schwache Beleuchtung von Magazinen u. dergl. Einen unbemerkten Uebertritt von schwach in hell erleuchtete Räume ermöglichen Lichtschleusen. Grosse Räume bieten grössere Schwierigkeiten. Für grosse Fenster bilden lichtdichte Klappläden zugleich einen Splitterschutz. Oberlichter kann man mit Ziehvorhängen, Holz- oder Blechplatten

<sup>6)</sup> R. Holm: Zur Theorie der ruhenden metallischen Kontakte. Wiss. Veröff. aus dem Siemens-Konzern 10 (1931), 4 S. 1 bis 65.

<sup>7)</sup> R. Holm a. a. O.