

# Thermo-Electric Generators.

**The Markus thermopile: 1864**

**The Becquerel thermopile: 1864**

**The Clamond thermopile: 1874**

**The Noe thermopile: 18??**

**The Hauck thermopile: 18??**

**The Gülcher thermopile: 1898**

**The Thermattaix: 1925**

Thermoelektrische Generatoren wandeln durch die Spannung, die an der Verbindung zweier unterschiedlicher Metalle erzeugt wird, Wärme direkt in Elektrizität um.

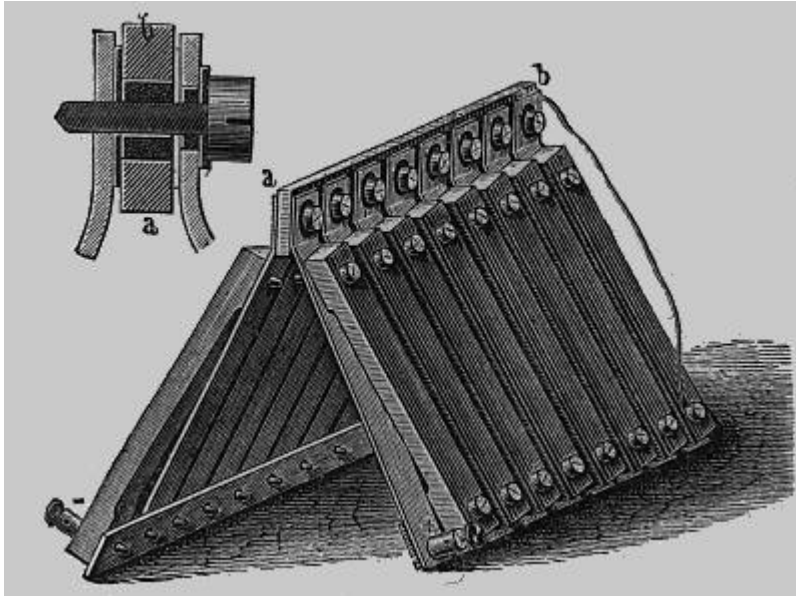
Ihre Geschichte beginnt 1821, als Thomas Johann Seebeck entdeckte, dass in einem aus zwei unterschiedlichen Metallen bestehenden Schaltkreis an deren Verbindungen bei unterschiedlichen Temperaturen elektrischer Strom fließt. Dieser Effekt wird Seebeck-Effekt genannt. Abgesehen von der Stromerzeugung ist er die Basis für das Thermoelement, eine allgemein verbreitete Methode der Temperaturmessung. Die erzeugte Spannung ist dabei proportional zur Temperaturdifferenz an der Verbindungsstelle. Die Proportionalitätskonstante ist der Seebeck-Koeffizient.

Eine in Serie geschaltete Anzahl von Thermoelementen wird als „Thermosäule“ bezeichnet, in Analogie zur Volterrie-Säule, einer chemischen Batterie, deren Elemente übereinander gestapelt sind. Die Thermosäule wurde durch Leopoldo Nobili (1784 – 1834) und Macedonio Melloni (1798 – 1854) entwickelt. Sie wurde zunächst für die Messung von Temperatur und Infrarot-Strahlung verwendet, wurde aber bald auch zur stabilen Stromversorgung für weitere physikalische Experimente genutzt.

George Simon Ohm war wahrscheinlich der berühmteste Anwender. Er untersuchte die Abhängigkeit von Stromstärke und Spannung, indem er Drähte mit wechselndem Widerstand über eine nahezu kurzgeschlossene Voltaic-Säule verband. Nach einem anfänglichen Anstieg der Stromstärke führte die schnelle Polarisierung der Säule zu einer konstanten Abnahme der Spannung, was die Messung beeinträchtigte. Auf den Rat eines Kollegen ersetzte Ohm die Voltaic-Säule durch eine Thermosäule und die Schwierigkeiten waren überwunden. Man beachte, dass dies gerade erst 4 Jahre nach der Entdeckung des Seebeck-Effektes geschah. Übrigens stieß das Ohm'sche Gesetz in seinem eigenen Land auf Zurückhaltung. Ein nüchterner Kommentar lautete: „Leider stieß das Ohm'sche Gesetz auf Widerstand.“

## Die Frühgeschichte der thermoelektrischen Generatoren

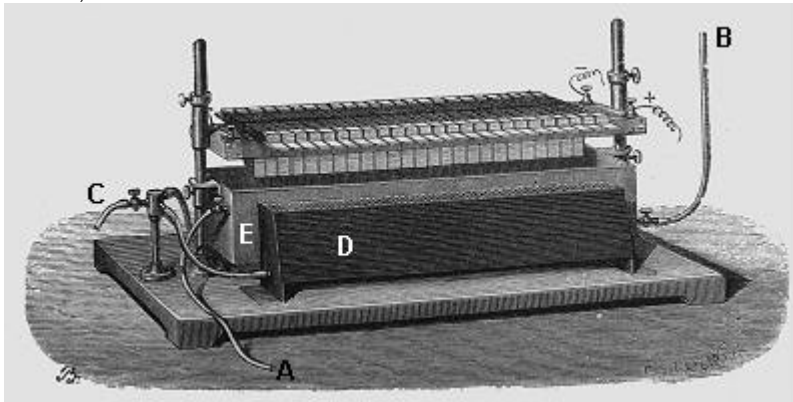
Hier werden einige frühe thermoelektrische Generatoren oder „Thermosäulen“ aufgeführt. Ich habe versucht, sie in einer chronologischen Reihenfolge zu ordnen, aber nicht alle haben einen definierten Zeitpunkt, so dass die Chronologie etwas unsicher ist. Wie bei allen Stromerzeugern wird die maximale Leistung von einer Thermosäule erzeugt, wenn ihr Ladungswiderstand gleich dem inneren Widerstand ist. Da der innere Widerstand einer Kette von Thermoelementen sehr klein ist, können große Ströme, jedoch nur geringe Spannung erzeugt werden, ohne dass eine große Anzahl in Reihe geschaltet werden müssen.



#### Markus's Thermosäule: 1864

Die EMF eines einzelnen Thermopaars wurde als „Ein-Zwanzigstel einer Daniel-Zelle“ bezeichnet, die etwa 55 mV erzeugt. Die negative Metallverbindung war eine 10:6:6 Kupfer-Zink-Nickel-Legierung, ähnlich des Neusilbers. Die positive Metallverbindung war eine 12:5:1 Antimon-Zink-Wismut-Legierung. Der Eisenstab (a-b) wurde erhitzt und die unteren Enden wurden durch Eintauchen in Wasser gekühlt. Ein Fehler dieser Anordnung war eine schnelle Zunahme des inneren Widerstandes, weil die zwei Legierungen an ihren Kontaktstellen oxidierten. Die Markus-Thermosäule gewann 1864 im Mai einen Preis der Wiener Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft.

Quelle: „Electricity in The Service of Man“ veröffentlicht in der 3. Ausgabe 1896; der Artikel scheint viel früher geschrieben worden zu sein, sicher schon vor 1888. Er wurde zuerst in Deutschland veröffentlicht und von Dr. A.R. von Urbanitzky geschrieben

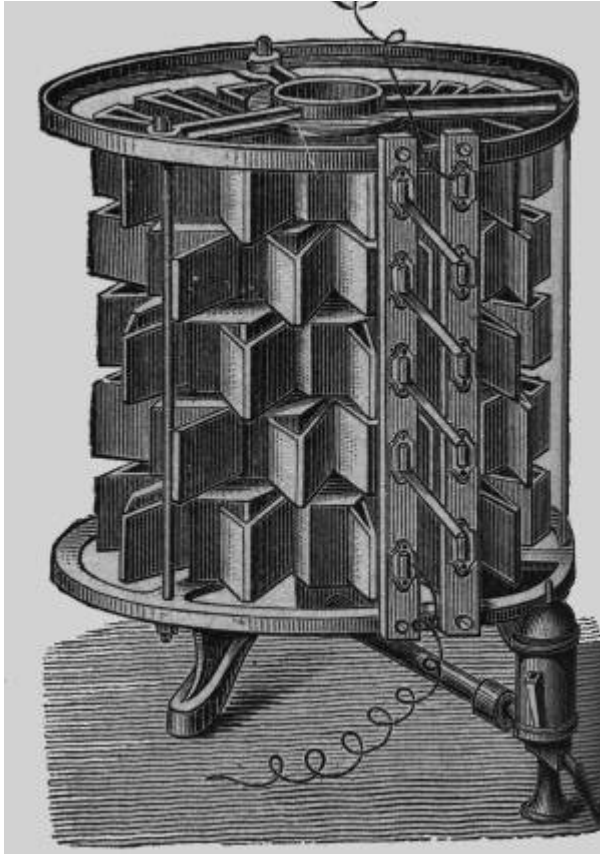


#### Becquerel's Thermosäule

Sie wurde durch M. Edmond Becquerel (1820 – 1891) erfunden. Der genaue Zeitpunkt ist nicht bekannt. Die Verbindungen bestehen aus Kupfersulfid und Neusilber. Scheinbar ist D ein Wasserbehälter für die Kaltstelle mit B als Zufluss und C als Abfluss. Wahrscheinlich gibt es einen zweiten Wasserbehälter auf der anderen Seite des zentral gelegenen Brenners E. Das Gas für den Brenner wird durch die Leitung A zugeführt.

Edmond Becquerel war der Vater des Physikers Henri Becquerel, der die Radioaktivität entdeckte.

Quelle: „Electricity and Magnetism“, 1891

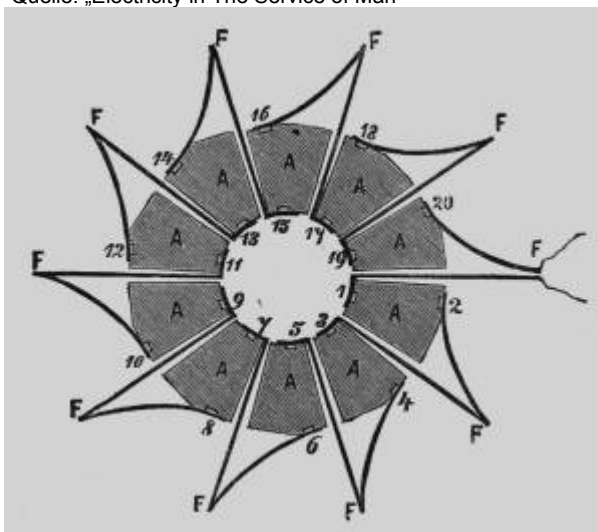


Clamond-Thermosäule

Die gemeinsam mit Marc entwickelte Thermosäule nutzte eine Zink-Antimon-Legierung als ein Metall und Eisen als das andere. Sie wurde mit Gas beheizt und konnte 0,7 Unzen Kupfer pro Stunde durch Elektrolyse freisetzen bei einem Gasverbrauch von 6 Kubikfuß.

Die Leistung wurde in der speziellen Weise angegeben, weil dieses Gerät hauptsächlich zum galvanisieren verwendet wurde. Möglicherweise existierten praktikable Amperemeter noch nicht. Die diagonalen Verbindungen, die jeden Thermoelementring in Reihe verbinden, sind zwischen den zwei vertikalen Streifen zu sehen. Die Gasleitung ist von unten ankommend rechts zu sehen. Das kleine Kaffeekannen-ähnliche Gefäß in der Leitung ist in Wirklichkeit ein Gasdruckregulator.

Quelle: „Electricity in The Service of Man“



Clamond-Thermosäule: Grundriss

Die massiven Abschnitte A bestehen aus der Legierung, während die Kühllamellen F aus Eisenblech gefertigt sind.

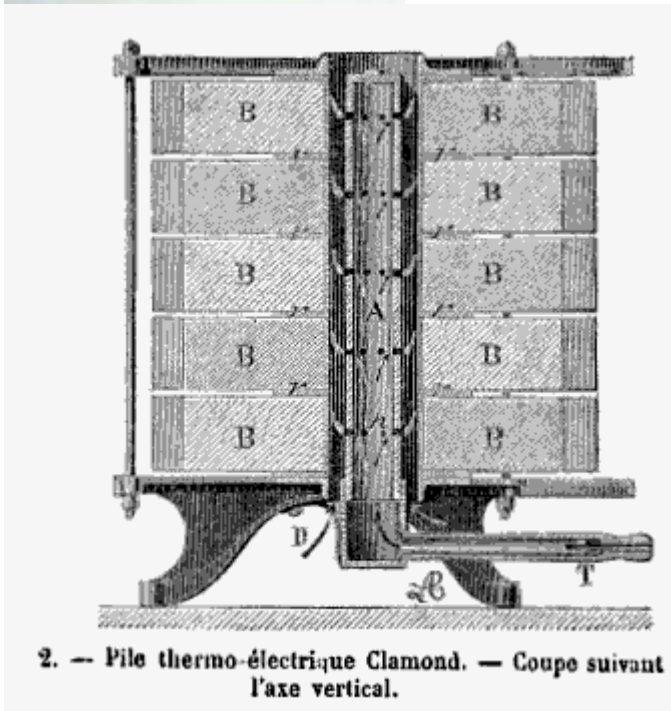
Quelle: „Electricity in The Service of Man“, ein viel längeres Buch als : „Electricity in The Service of Chameleons“



Clamond-Thermosäule: Fotografische Abbildung

Man beachte die Gaszufuhr mit Hahn, die in das Innere der Röhre führt.

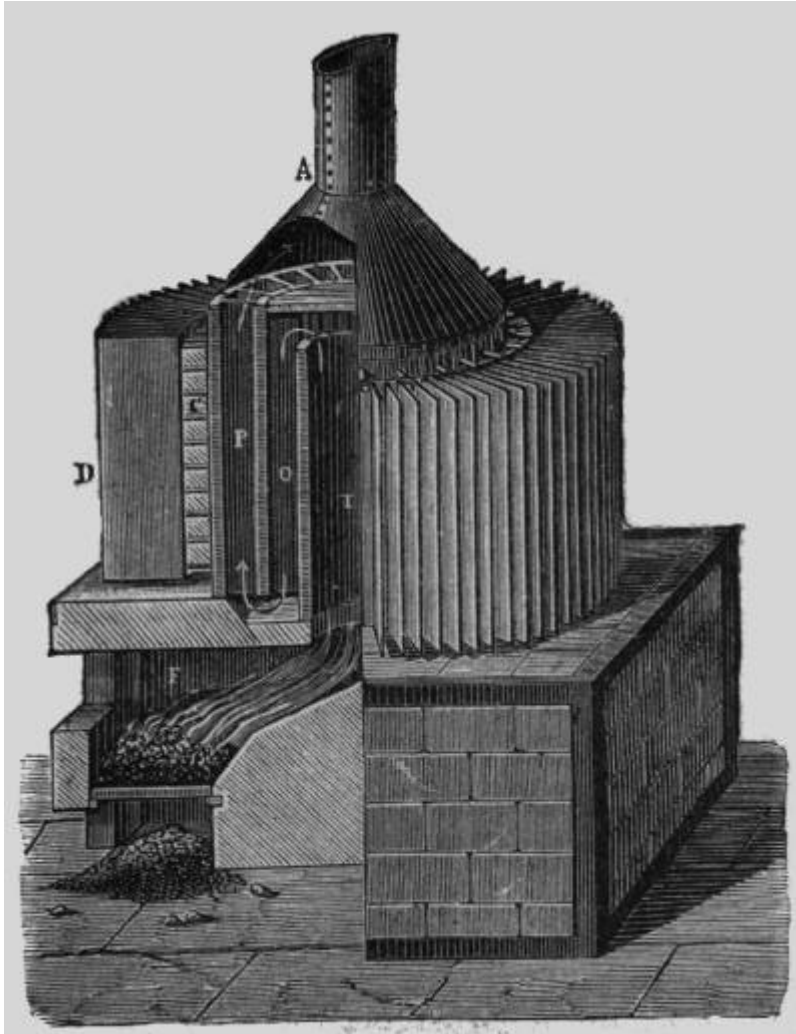
Dieses Exemplar befindet sich im Historischen Museum der Universität Pavia in der Lombardei in Italien



Clamond-Thermosäule: Schnitt

Der Schnitt zeigt die mehrfache Verzweigung der Brenner im Inneren der Säule. Das Gas tritt durch die Leitung T ein. Gemäß der französischen Zeitschrift „La Nature“ 1874 wurde eine dieser Röhren in den Druckereifabriken der Banque de France vermutlich zum galvanisieren benutzt.

Bildquelle: „La Nature“ 1874



#### Weiterentwickelte Clamond-Thermosäule: 1879

Die EMF-Leistung dieser Säule betrug nicht weniger als 109 V mit einem inneren Widerstand von 15,5 Ohm. Die Maximalleistung betrug demzufolge 192 W bei 54 V und 3,5 A.

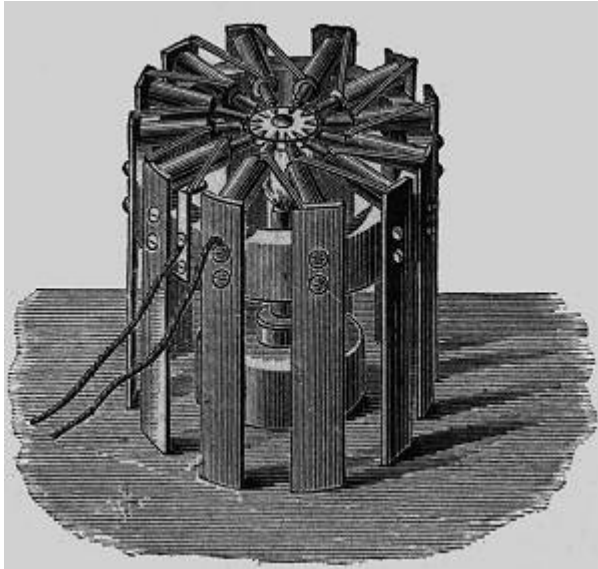
Diese Säule wurde mit Koks beheizt. Mit C sind die beheizten Teile gekennzeichnet. Die Kaltstelle D wurde mit Eisenblechen gekühlt wie beim weiter oben beschriebenen Original.

Welchen Zweck die in T-O-P-Richtung gewunden geleiteten heißen Gase erfüllten, ist unklar, weil in den inneren Abschnitten keine Warmstellen gewesen zu sein schienen.

Dieses Monstrum war 98 Zoll hoch und hatte einen Durchmesser von 39 Zoll.

Es war eine mächtige Maschine, wohl in der Lage, eine tödliche Spannung zu erzeugen.

Quelle: „Electricity in The Service of Man“

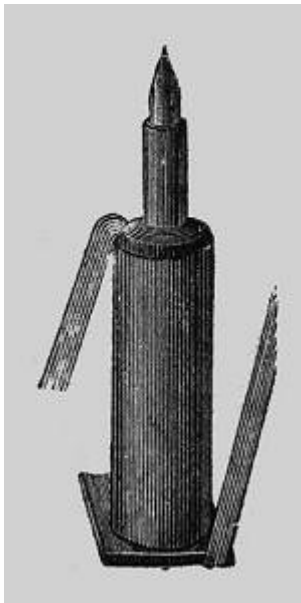


### Noe-Thermosäule

Die heißen Anschlüsse sind die nach innen zum zuoberst gelegenen Brenner gerichteten Teile. Die Kaltstellen werden durch die vertikalen Streifen an der Außenseite mittels Abstrahlung und Konvektion gekühlt.

Der Erfinder, Fr. Noe kam aus Wien. Die EMF-Leistung dieser Säule beträgt ca. 2 V bei einem inneren Widerstand von 0,2 Ohm. Diese Angaben galten für eine Säule mit 128 Thermoelementen.

Quelle: „Electricity in The Service of Man“



### Ein Thermoelement aus der Noe-Thermosäule

Die Warmstelle ist eine Kupfernadel in einer Messinghülle, umgeben von einer „Legierung“, die vermutlich die andere Hälfte der Verbindung ist. Die Verbindungsdrähte, die an beiden Seiten sichtbar sind, bestehen aus Neusilber.

Neusilber (heutzutage besser bekannt als Nickelsilber) ist der Sammelbegriff für eine Reihe von hell-silbergrauen Metalllegierungen, die aus Kupfer, Nickel und Zink zusammengesetzt sind. Es enthält kein echtes Silber. Diese Drähte waren notwendig, um die Thermoelemente miteinander zu verbinden. Aber sie reduzierten den Wirkungsgrad, weil sie Wärme von der Warmstelle zur Kaltstelle ableiteten.

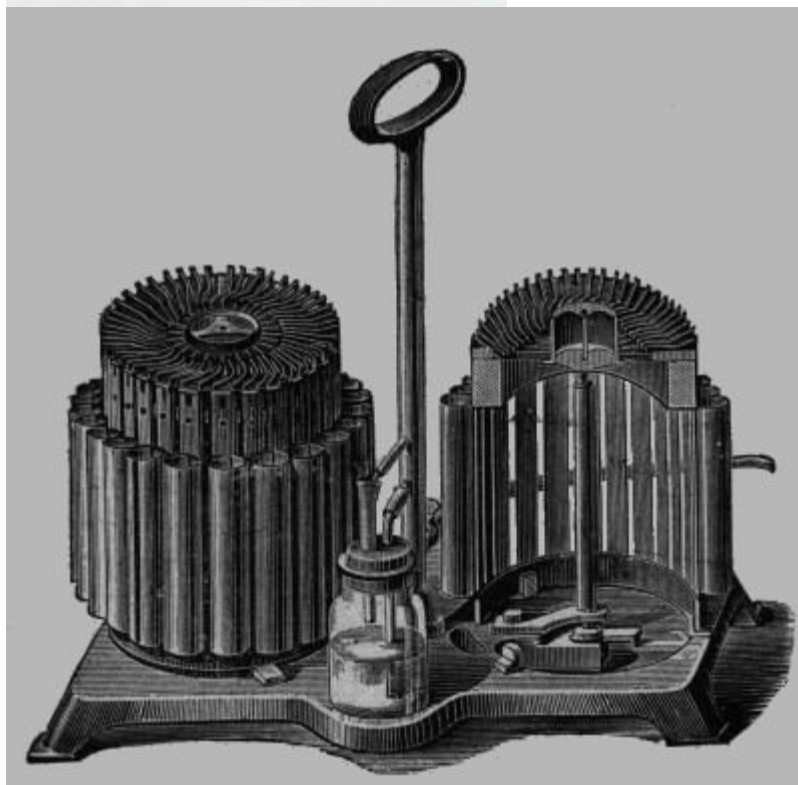
Das Problem ist in modernen Halbleiter-Versionen durch die Verwendung von abwechselnd P- und N-Typ-Materialien, die diese Verbindungen nicht benötigen, elegant gelöst worden.

Quelle: „Electricity in The Service of Man“

### Die Noe-Thermosäule in fotografischer Darstellung

Diese Hochleistungsversion ist von kleinen zylindrischen Lamellen zur Kühlung der Kaltstellen umgeben, was eine größere Leistung erlaubt.

Dieses Exemplar befindet sich im Historischen Museum der Universität Pavia in der Lombardei in Italien



### Hauck-Thermosäule

Die EMF-Leistung eines einzelnen Thermopaars wird als „0,1-Daniel-Zelle“ angegeben, die ca. 110 mV erzeugt. Dies scheint mir ziemlich hoch zu sein. Eine Stromkapazität von 30 Paaren war ausreichend, um einen 1,2 Zoll langen Platindraht rot-glühend zu erhitzen.

Ein nicht sehr brauchbarer Vergleich, weil wir nicht wissen, wie dick der Draht war.

Die Hauck-Säule wurde durch eine Vorrichtung, die einem Bunsenbrenner ähnlich war mit Gas erhitzt. Die Kaltstellen wurden durch eine Reihe von kleinen zylindrischen Tanks mittels Wasser gekühlt. Und es gab noch ein merkwürdiges Glasgerät in der Mitte, das möglicherweise zur Anzeige des Gaszuflusses diente.

Diese Vorrichtungen wurden kommerziell in verschiedenen Größen hergestellt, wobei 2 oder 3 in einem herkömmlichen Rahmen eingesetzt worden sind. Sie wurden in der wissenschaftlichen Lehre und in der Galvanisierung eingesetzt. Um hierfür einen zeitlichen Bezug herzustellen, es war im Jahr 1843,

als Moses Poole ein Patent zur Nutzung von Thermoelektrizität anstelle von Batterien zur Speicherung von Elektrizität anmeldete, lange bevor es praktische Dynamos und Generatoren gab.

In einer Zeit, in der chemische Zellen umständlich zu handhaben waren, hatte etwas, das mit dem Anzünden eines Streichholzes Strom lieferte, durchaus seine Anziehungskraft.

Quelle: „Electricity in The Service of Man“



Gölcher-Thermosäule: 1898

Es sieht aus, als wenn diese Thermosäule gasbeheizt war, wobei das Gas durch den Hahn (rechts) geleitet wurde. Aber leider ist das alles, was ich bis heute über sie weiß.

Dieses Exemplar befindet sich im Historischen Museum der Universität Pavia in der Lombardei, Italien

Physical Society, Nov. 13.—Prof. Gladstone, F.R.S., president, in the chair.—The President stated that since the last meeting of the Society, Prof. Everett's important work on the Centimetre-Gramme-Second System of Units had been published by the Society. The book is based on the recommendations of a committee of the British Association, and consists of a collection of physical data concisely presented on the above system, a complete account being added of the theory of units.—Dr. Stone then read a paper on Thermopiles. He has recently been engaged in some experiments with a view to ascertain the best alloy for use in thermopiles. The thermo-electric power of a metal or alloy appears to be quite unconnected with its power for conducting heat or electricity, or with its voltaic relation to other metals, neither does it appear to have any relation to specific gravities or atomic weights. The thermopiles employed were of a form slightly modified from that employed by Pouillet in his demonstration of Ohm's law. Alloys are frequently more powerful than elementary metals, thus: 2 parts antimony and 1 part zinc have a negative power represented by 22.70, while that of antimony is 6.96 or 9.43, and of zinc is 0.2. A strange exception, however, is that of bismuth and tin, for while the power of bismuth is + 35.8, when the two metals are alloyed in the proportion of 12 to 1, the power becomes - 13.67. Dr. Stone first used a couple consisting of iron and rich German silver (that is, rich in nickel). This was characterised by great steadiness, but the electromotive force produced by moderate differences of temperature was not great. He then used Marcus's negative alloy, consisting of 12 parts antimony, 5 of zinc, and 1 of bismuth, but the crystalline nature and consequent brittleness of this mixture were found to be great objections to its practical use. It occurred to Dr. Stone that the addition of arsenic might diminish the brittleness without injuring the thermo-electric power, and on trial it was found that an alloy of zinc, antimony, and arsenic, with a little tin, formed a much less brittle mass than Marcus metal, with quite as great or greater thermo-electric power. A set of twelve couples of this alloy and German silver was exhibited. The electromotive forces of this set and of a similar one of twelve iron and German silver couples were determined by Mr. W. J. Wilson, and found to be, for one alloy and German silver couple with difference of temperature of 80° C.,  $\frac{1}{118}$  of a Daniell's cell. The electromotive force of one couple of the iron and German silver set was  $\frac{1}{118}$  of a Daniell's cell. The ordinary method of applying heat by a trough of hot water is objectionable, for the water short-circuits some of the current. This is evident from the fact that if oil heated to the same temperature be substituted, a considerably greater deflection is obtained. Another method suggested by the author, which would tend to economy, is to allow petroleum to volatilise in the neighbourhood of one face of the pile, thus chilling it, and to ignite the mixture of air and gas so produced at the other face. Clamond's pile, consisting of iron and an alloy of zinc and antimony, was employed for some time, but although good results were obtained, the iron is liable to rust at the connections.—Dr. Guthrie remarked that in researches of this nature the main object in view was to ascertain what relation, if any, existed between the direction of the current and the amount of heat-flow. He referred to the experiment with a tangle of fine platinum wire, by which it is found that if either end of the wire be heated, a current flows towards the tangle, and this takes place however well the tangle may be annealed. Dr. Guthrie suggested that the great effect which alloying one metal slightly with another has on its position in the thermo-electric series may perhaps be connected with its change in conducting power for heat.—Mr. Walenn referred to experiments which he made some years since on thermopiles when used at high temperatures. The most powerful currents were obtained with a couple in which amalgamated copper was employed, but the power was soon lost in consequence of the volatilisation of the mercury. Subsequently he employed wires of wrought iron and German silver, and although the results were not specially remarkable at moderately high temperatures, the power became great when the connections were raised to a red heat.—Prof. Foster called attention to Matthiessen's table of the electric conductivities of metals and alloys in relation to the use of the latter in thermopiles. The fact shown by Matthiessen that the conductivities of alloys are greatly influenced by changes of temperature, will probably, he considers, be found to have some connection with their thermo-electric action. He also mentioned, as a fact which should be remembered when considering the construction of thermopiles, that the presence of minute traces of impurity completely changes the electric conductivity of a metal.

Ein Artikel in der „Nature“, 18. November 1875

Dr. Stone liest einen Artikel über Thermo-säulen.

Er liefert einige interessante praktische Details bezüglich der Probleme empfindlicher Thermo-elementmaterialien und der Schwierigkeit, Oxidation zu vermeiden, wenn Eisen als eine Hälfte des Thermo-elementes eingesetzt wird, wie z. B. in der Clamond-Säule.

Es gibt auch den interessanten Vorschlag, dass Petroleum an der Kaltstelle verdampft werden sollte, um deren Temperatur zu reduzieren und das gebildete gasförmige Petroleum sollte an der Warmstelle verbrannt werden.

Versuche, mehr über Dr. Stone zu erfahren, schlugen bisher fehl.

Dieser Artikel stammt aus der englischen Zeitschrift „Nature“; nicht zu verwechseln mit der französischen Zeitschrift gleichen Namens.

## Eine Randbemerkung über die frühere Gasversorgung

Kohleheizung war zweifellos keine attraktive Möglichkeit, es sei denn, man hatte große Thermosäulen, wie die weiterentwickelte Clamond-Säule. Kohlendioxid war für Tisch-Modelle viel besser geeignet. Aber wann begann die Gasversorgung für Gebäude? Hier sind einige historische Hinweise, dass Gas viel früher zur Verfügung gestellt werden konnte, als man denken könnte. Denn seit einem oder 2 Jahren hätte der Duke of Wellington seinen Bericht über den Sieg über Napoleon bei Waterloo bei Gaslicht geschrieben haben können.

1899 waren in London bereits 288 Meilen Gasleitungen verlegt, um 51.000 Abnehmer zu versorgen.

Die erste kommerzielle Stadtgasversorgung in den USA gab es seit 1816 in Baltimore (Maryland) zur Beleuchtung von Wohnhäusern, Straßen und Geschäftshäusern.

1850 wurde in Frankreich die gesamte öffentliche Beleuchtung mit Gas erzeugt.

Ich war bisher nicht in der Lage herauszufinden, wann Gas in den Deutschen Staaten eingeführt wurde. Kann da vielleicht jemand helfen? Wie auch immer, ich denke ich habe gezeigt, dass die Gasversorgung für die Thermosäulen tatsächlich zur Verfügung stand.

---

## Thermoelektrische Generatoren im 20. Jahrhundert

Das Yamamoto Patent 1905

Diese Thermosäule wurde 1905 in Japan durch Kinzo Yamamoto patentiert. Von weiteren Einzelheiten ist bekannt, dass sie beim Tokio-Erdbeben von 1923 zerstört worden ist.

Das P-Material besteht aus Wismut, Antimon und Zink im Verhältnis Bi:Sb:Zn = 12,0:48,0:36,8. In der Abbildung ist D eine Kugel aus P-Material und E ist eine elektrische Verbindung aus Nickel. (Möglicherweise sollte es Nickel-Silber sein (siehe oben)). F ist der Stift für die Wärmeableitung aus der Flamme. A ist eine elektrische und thermische Metallverbindung. B ist eine Kühllamelle.

Dieses Design hat eine unverkennbare Ähnlichkeit mit der Noe Thermosäule (weiter oben beschrieben). Tatsächlich scheint es eine originalgetreue Kopie zu sein. Es wurde wahrscheinlich zur Stromversorgung für Radios genutzt, aber das ist eine reine Vermutung meinerseits.

Es scheint, dass Großbritannien im Vergleich mit anderen europäischen Ländern ziemlich langsam bei der Elektrifizierung war. Licht konnte durch Gas erzeugt werden und geheizt werden konnte mit Kohle. Aber man konnte auch seine Blei-Säure-Akkumulatoren in die Stadt zum Aufladen bringen, was jedoch nicht gerade bequem war.



Thermattaix: etwa 1925

Nicht gerade ein Name, der einfach von der Zunge geht. Der Spannungsmesser an der Vorderseite reicht von 0 bis 10 Volt, ein geeigneter Spannungsbereich für das Laden von Akkumulatoren, die 6,3 Volt-Ventilheizkörper versorgen. Der schwarze Knopf unterhalb des Spannungsmessers regelt offensichtlich irgendetwas – vermutlich die Gasversorgung. Es scheint, dass dieses Gerät eher darauf ausgerichtet war, Blei-Säure-Akkumulatoren zu laden, als das Radio direkt zu versorgen. Dies könnte so sein, weil die Ausgangsspannungsschwankungen wenig Einfluss auf Akkumulatoren haben, sich aber schlecht auf die Drähte der Ventilheizkörper auswirken würden.

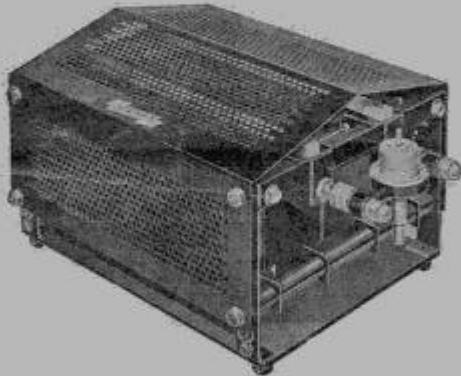
Dieses Exemplar befindet sich im Wissenschaftsmuseum in London.

Die Zeitschrift „Amateur Wireless“ führte im April 1929 eine Werbung für die Thermattaix, offensichtlich mit der Behauptung, dass sie drahtlose Geräte mit Gas, Benzin, Elektrizität oder Dampf betreiben könnte. Elektrizität? Sie behaupteten weiter, dass zu ihren Kunden Gaskonzerne, die italienische Luftwaffe, bekannte Architekten und Großwildexpeditionen in Afrika und Indien gehören würden.

Auf die gasbeheizte Maschine (unten), die scheinbar keinen Namen hat, wurde ich durch John Howell aufmerksam gemacht, der mir erzählte, dass sein Vater während seiner Tätigkeit in South Wales in den 1930er Jahren eine Anzahl davon verkauft hat. Sie gab den Anstoß zu dieser Internet-Seite. Ich muss gestehen, dass ich in Großbritannien bis dahin von so einem Gerät noch nichts gehört hatte. Sie müssen wirklich selten gewesen sein. Ich hätte gedacht, dass um 1930 das öffentliche Stromversorgungsnetz recht entwickelt war. Offensichtlich war das jedoch nicht so.

# GAS Operated RADIO!

THE INVENTION OF  
A GENERATION



THIS IS  
THE THERMO-ELECTRIC GENERATOR  
which makes your Battery Set Independent  
of Batteries of any kind. Dispense with  
Accumulator charging and uncertainty of  
Reception. Gas, unfailing in supply will  
definitely improve your listening

Gasbeheizter thermoelektrischer Generator:  
1930er Jahre

Es war sicherlich die Erfindung einer Generation, wohl aber nicht der Generation, die dieses Gerät anpries, wie man an den vorgenannten Thermosäulen gesehen haben wird. Es enthält Thermosäulen (d.h. reihenförmig angeordnete Thermoelemente), die 2 V bei 0,5 A für Ventil-Heizdrähte und 120 V bei 10 mA für HT erzeugen.

Thermoelemente erzeugen keine hohen Spannungen, jedoch weil sie einfache Verbindungen zwischen zwei unterschiedlichen Drähten sind, ist es möglich, viele in Reihe zu schalten. Eine der geeignetsten Verbindungen ist Nickel/Nickel/Chrom (Ni/Ni/Cr). Sie hat eine Thermospannung von ca. 4 mV/100 K und einen nutzbaren Temperaturbereich bis zu 1000 K. Dies ist sehr wahrscheinlich der Typ Thermoelement, der in diesem Generator genutzt wird. Das bedeutet, dass jedes Thermoelement höchstens 40 mV liefert, so dass 50 Stück in Reihe benötigt werden würden, um einen 2 V – Draht zu versorgen und 3000 Stück in Reihe für das 120 V – HT. Dies scheint möglich, obwohl die Montage wahrscheinlich ziemlich langwierig und die Arbeitskosten sicher recht hoch wären. Es wäre interessant zu wissen, wie hoch der Einzelpreis wäre.

Die Abbildung wurde freundlicherweise von John Howell zur Verfügung gestellt.

## THE HOME GENERATING STATION

PROVIDES THE FOLLOWING ADVANTAGES

- Improved Reception—No background Interference—No failure through rundown Batteries—Gas supply always available
- Automatic Control—A governor regulates gas supply and amount of current generated according to volume required
- Dispenses with cost of Battery replacements and re-charging

Gas will never let you down. You may have been disappointed and inconvenienced in the past through lack of battery power when your favourite programme was broadcast. This cannot happen if you install a GAS GENERATOR

*You are invited to "listen in" to Gas Radio at our St. John Square Showrooms*

ECONOMICAL. INEXPENSIVE. DEPENDABLE.  
EASILY INSTALLED. CAN BE FITTED UP TO  
10 FEET AWAY FROM YOUR SET

### The Cardiff Gas Light & Coke Co.

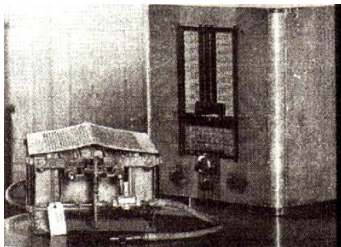
Chief Office and Showrooms	BUTE TERRACE
City Showrooms & Ladies' Rest Room	ST. JOHN SQUARE
Penarth Showroom	STANWELL ROAD
Whitchurch Showroom	CHURCH ROAD

Werbeschrift für den Thermogenerator, wahrscheinlich auf der Rückseite der oberen Abbildung gedruckt

Die automatische Kontrolleinheit ist faszinierend. Damit ausgestattet würde jedes damalige Radio eine Leistungsstufe der A-Klasse gehabt haben, deren Stromabgabe nicht vom Volumen abhängt. Scheinbar besteht keine Notwendigkeit, Ladungsänderungen auszugleichen. Was könnte geeigneter sein, die Stabilisierung der 2 V – Heizdraht – Versorgung gegen Schwankungen des Gasdrucks zu steuern (meinte vielleicht auch der Werbetexter). Eine überhöhte Heizdrahtspannung würde ernsthaft die Lebensdauer der Ventile beeinträchtigt haben.

Möglicherweise hat man schon von einem „Dampfradio“ gehört. Diese Werbung jedoch präsentiert ein „Gasradio“.

Die Abbildung wurde freundlicherweise von John Howell zur Verfügung gestellt.



Gasbeheizter Thermogenerator: 1930er Jahre

Da es kein Anzeichen für einen Rauchabzug nach außen gibt, frage ich, wie viel Kohlenmonoxid diese Geräte produzierten.

Entschuldigung für die schlechte Bildqualität

## Russland: Nach dem 2. Weltkrieg



Russischer Thermogenerator auf der Grundlage einer Kerosinlampe

Er wurde in den 1950er Jahren erneut zum Betreiben von Radios hergestellt. Die Höhe der erzeugten Spannung ist nicht bekannt. Weil jedoch eine Abbildung bekannt ist, auf der mit diesem Gerät ein Ventilradio betrieben wird, muss irgendwie HT erzeugt worden sein, möglicherweise durch ein Wechselrichter-Stromversorgungsgerät. In diesem Zusammenhang ist ein Wechselrichter eine elektromechanische Einrichtung, ähnlich einer elektrischen Klingel, die Niederspannungsgleichstrom in einfachen Wechselstrom umwandelt, der von einem Aufwärtstransformator verwendet werden kann. Diese Einrichtungen waren in Autoradios weit verbreitet, bevor man Halbleiter verwendete.

## Thermogeneratoren in der Gegenwart

Thermogeneratoren gibt es auch in der Gegenwart. Sie werden an entlegenen Standorten genutzt, an denen nur geringe Mengen an Elektrizität benötigt werden und an denen die Unannehmlichkeiten eines Verbrennungsmotors und eines Wechselstromgenerators unerwünscht sind. Moderne Versionen nutzen eher eine Thermosäule, die aus einer Serienanordnung von Blei – Zinn – Tellurid – Halbleiterelementen besteht als einfache Thermoelemente. Diese Thermoverbindungen sind viel effizienter als einfache Thermoelemente. Sie sind seit Mitte der 60er Jahre verfügbar. Sie werden gewöhnlich genutzt, um den kleinen Kühlschrank neben dem Sofa für das Bier, der im Moment recht verbreitet ist, zu kühlen (in umgekehrter Wirkungsweise natürlich).

Der externe Link [Thermoelectrics by Tellurex](#) liefert eine sehr gute Beschreibung von Halbleiter – Thermoelementen und ihrer Funktionsweise.

Ein Beispiel der modernen gasbeheizten thermoelektrischen Generation gibt [Global Thermoelectric](#) (externer Link).

Thermogeneratoren können auch durch radioaktive Quellen beheizt werden. Solche Einrichtungen werden für den Antrieb von interplanetarischen Weltraumsonden und dergleichen eingesetzt, bei denen wegen der Entfernung zur Sonne Solarenergie nicht genutzt werden kann (siehe [Free Dictionary: RTGs](#)).

Obwohl ich dachte, dass Thermogeneratoren sehr selten sein müssen, entdeckte ich einen in meinem Gartenschuppen. Sie sind überall in unserem Umfeld. Sie werden in Zentralheizungskesseln genutzt, um die Zündflamme zu steuern. Wenn die Flamme brennt, erzeugt die Thermosäule eine Spannung von etwa 750 mV. Diese Spannung reicht aus, um ein kleines elektromagnetisches Feld zu erzeugen, das das Zündungsventil offenhält. Das heißt leider nicht, dass man ein Zentralheizungssystem ohne elektrischen Strom betreiben kann, weil das Hauptgasventil, gesteuert durch den Raumthermostat, mit Netzstrom betrieben wird. Wie dem auch sei, die Pumpe würde ohne Strom nicht laufen.



Ein moderner Thermogenerator bzw. eine moderne Thermosäule von Honeywell zur Heizungssteuerung

Die Spannung beträgt 750 mV bei Temperaturen von 416 °C (780 F) an der Kaltstelle und 760 °C (1400 F) an der Warmstelle. Ich weiß, dass eine Temperatur von 416 °C nicht wirklich kalt ist, aber die Kaltstelle befindet sich im Inneren der Heizungs Brennkammer. Vorausgesetzt, dass Ni/NiCr-Thermoelemente benutzt werden, können wir daraus ableiten, dass dieses Gerät etwa 55 Thermoelemente in Reihe geschaltet enthält.

Warum wird nun für diese Funktion eine Thermosäule eingesetzt? Wahrscheinlich, weil sie sehr einfach und zuverlässig arbeitet. Es ist schwer vorstellbar, dass eine Fehlfunktion einer Thermosäule zu einer Gefahrensituation führt. Sie kann keine Elektrizität erzeugen, wenn sie nicht erhitzt ist.