Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 62 (1971)

Heft: 12

Artikel: Automatische Erkennung heissgelaufener Lager fahrender Eisenbahnwagen

Autor: Leitenberger, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915829

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: 10.07.2025

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

Automatische Erkennung heissgelaufener Lager fahrender Eisenbahnwagen

Von *W. Leitenberger*, München

625.2.012.25

1. Aufgabenstellung

Heissgelaufene Lager von Eisenbahnwagen gefährden die Sicherheit des Eisenbahnbetriebes, da sie bei nicht rechtzeitiger Erkennung zu Achsschenkelbrüchen und damit zu einem völligen Zusammenbruch des Wagens führen können. Die nachfolgenden Wagen desselben Zuges fahren dann in den zusammengebrochenen Wagen hinein und entgleisen ebenfalls. Auf zweigleisigen Strecken ragen dann die Trümmer dieser entgleisten Wagen oft in das Profil des Gegengleises, wodurch entgegenkommende Züge in höchstem Masse gefährdet werden. In Reisezügen werden Heissläufer durch das mitfahrende Personal rechtzeitig erkannt, bevor es zu so schweren Schäden kommt. Bei Güterzügen fehlt jedoch mitfahrendes Personal fast völlig. Hier ist ein Erkennen heissgelaufener Lager daher besonders wichtig. Früher wurden fahrende Züge auch durch Personal auf der Strecke (Schranken- und Stellwerkwärter) laufend beobachtet und Heissläufer auf diese Weise erkannt. Im Zuge der Rationalisierung werden die Strecken mehr und mehr von Personal entblösst, so dass die fahrenden Züge nur noch an wenigen Stellen von Personal beobachtet werden. Seit über 10 Jahren beschäftigt man sich daher in Europa und den USA im Benehmen mit den Eisenbahnverwaltungen mit der Entwicklung von Geräten, die die Temperaturen der Achslager auf Grund deren Infrarotstrahlung messen und bei einem erkannten Heissläufer ein Alarmsignal auslösen.

2. Messmethoden

Infrarotstrahlungen kann man entweder mit einem Bolometer oder mit einem P.E.M.-Infrarotdetektor, d.h. mit einer photoelektromagnetischen Zelle messen. Aus der gemessenen Infrarotstrahlung kann man die Lagertemperatur errechnen.

Die Oberflächen der Achslager, deren Infrarotstrahlungen man messen will, sind nie ganz schwarz. Der Strahlungskoeffizient der Oberflächen liegt zwischen 0,8 und 1,0. Infrarotpyrometer sind aber nach schwarzen Körpern geeicht. Die von ihnen gemessenen Temperaturen entsprechen daher nicht ganz genau den Temperaturen der Achslageroberflächen. Es seien daher die Fehler der beiden Messmethoden (Bolometer und P.E.M.) genauer verglichen.

2.1 Messung mit Bolometer

Das Bolometer nimmt eine Energie in einem breiten Wellenlängenspektrum auf. Diese Energie kann annähernd nach dem Stephanschen Satz berechnet werden. Er lautet:

«Wenn das Gerät nach einem schwarzen Körper mit der Temperatur T geeicht wird, empfängt das Bolometer eine Energie die T^4 proportional ist.»

Das Gerät tastet eine Oberfläche, die die Temperatur T_1 hat, ab. Da die Oberfläche nicht ganz schwarz ist, muss man mit dem Ausstrahlungskoeffizienten ε multiplizieren, d.h. das Bolometer erhält eine Energie, die $\varepsilon\, T_1^4$ proportional ist. Setzt man

$$T^4 = \varepsilon\, T_1^4$$

so erhält man

$$T_1 = \frac{T}{\sqrt[4]{\varepsilon}}$$

Für $\varepsilon = 0{,}8$ ist $\sqrt[4]{\varepsilon} = \sqrt[4]{0{,}8} = 0{,}95$, was einem Fehler von 5 % entspricht. Für $T = 300$ °K ist $\Delta T = 15$ °C.

2.2 Messung mit P.E.M.-Zelle

Zum Unterschied vom Bolometer nimmt die P.E.M.-Zelle eine Energie mit einem engen Wellenlängespektrum auf. Es gilt daher statt des Stephanschen Satzes der Plancksche Satz. Bei einer Wellenlänge von etwa 1 µm wird die von der Zelle empfangene Energie proportional

$$\frac{c_1\, \lambda^{-5}}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1}$$

$\frac{c_2}{\lambda T}$ hat den Wert 5 wenn λ der Wellenlänge der maximal ausgestrahlten Energie entspricht. $\lambda_{max} \approx 10$ µm bei 300 °K. Im Wellenlängenbereich von 5 µm hat der Bruch $\frac{c_2}{\lambda T}$ den Wert $10 - e^{\frac{c_2}{\lambda T}} \gg 1$. Man kann daher 1 vernachlässigen. Für einen völlig schwarzen Körper mit der Temperatur T wird diese Energie proportional $1/e^{\frac{c_2}{\lambda T}}$. Berücksichtigt man wie unter 2.1 den Strahlungskoeffizienten ε so erhält man $\varepsilon/e^{\frac{c_2}{\lambda T}}$; es ist dann wieder

$$\frac{\varepsilon}{e^{\frac{c_2}{\lambda T_1}}} = \frac{1}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}}}$$

oder

$$\varepsilon = e^{\frac{c_2}{\lambda T}\left(1 - \frac{T}{T_1}\right)}$$

daraus ergibt sich

$$T_1 \approx \frac{T}{\sqrt[\frac{c_2}{\lambda T}]{\varepsilon}}$$

für $\varepsilon = 0{,}8$, $T = 300$ °K und $\frac{c_2}{\lambda T} = 10$ ist der Fehler $= \sqrt[10]{\varepsilon} = \sqrt[10]{0{,}8} = 0{,}98$ oder 2 %. ΔT von 300 °K ist also 6 °C, während der Fehler bei der Bolometermessung 15 °C, also das 2,5fache beträgt.

2.3 Sonstige Fehlerquellen und deren Beseitigung

Nicht nur der Strahlungskoeffizient beeinflusst die Messung. Die Strahlung ist auch von der Art und der Konstruktion des Lagers abhängig. Es werden nur etwa 8 cm² der Lagerschalen-

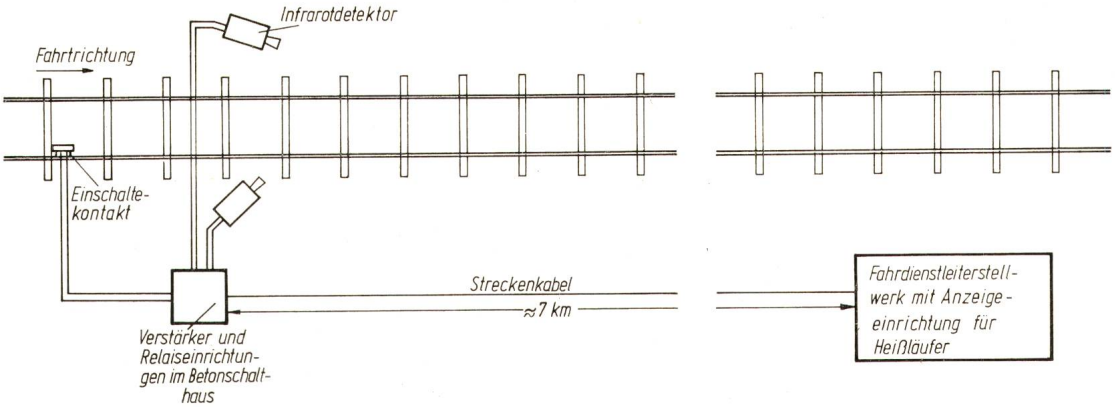


Fig. 1
Anordnung der Messeinrichtung zur Ortung heisser Lager fahrender Eisenbahnwagen

oberfläche beim Vorbeifahren von den Sensoren abgetastet, da ja die unterschiedlichen Lageroberflächen der Wagen aller Verwaltungen erfasst werden müssen. Für die Gefährlichkeit eines Heissläufers ist weniger die Temperatur an der Lageroberfläche massgebend, als vielmehr die Temperatur im Innern des Lagers. Auch hängt die kritische Temperatur von der Art des Lagers ab. Rollenlager haben eine andere Betriebstemperatur als Gleitlager. Da das Gerät die Art des Lagers nicht erkennen kann, hilft man sich mit einer Differenzmessung der Temperaturen beider Lager einer Achse. (Näheres siehe unter Abschnitt 4.)

Der Einfluss der Jahreszeit, der Tageszeit, der Sonneneinstrahlung lässt sich durch Vergleichsmessungen mit der Umgebungstemperatur oder der Aussentemperatur des Wagenbodens eliminieren.

3. Messanordnung und Auswertung

Die Infrarotdetektoren sind zu beiden Seiten des Gleises so angeordnet (Fig. 1), dass sie die Lager vorbeifahrender Züge von hinten und schräg von unten «sehen». Durch in der richtigen Entfernung vor dem Abtaster angeordnete Schienenstromschliesser werden die Abtaster eingeschaltet und die vorbeigefahrenen Achsen gezählt. Durch die beiden Abtaster wird die Infrarotstrahlung aller vorbeigefahrener Lager erfasst und auf einem Kontrollstreifen (Fig. 2) registriert. Aus der Grösse des jeweiligen Ausschlages kann man die Temperatur jedes Lagers errechnen. Die Französischen Staatsbahnen [SNCF[1])] haben an einigen Strecken in Abständen von 70 bis 100 km Heissläuferortungsgeräte angeordnet. Die Messergebnisse sämtlicher Lager jedes vorbeigefahrenen Zuges werden selbsttätig zu bestimmten Kontrollzentren gemeldet, wo ein Beamter des wagentechnischen Dienstes die Messergebnisse auf den Kontrollstreifen verfolgt. Er kann dabei Heissläufer bereits im Entstehen erkennen. Die Achsen muss er in zeitraubender Arbeit auszählen.

Fig. 2
Meßstreifen der Infrarotstrahlung der Lager eines Zuges
Die obere Linie zeigt die Strahlung der rechten Lager, die untere die der linken Lager an. Hier ist das 24. Lager auf der linken Seite heiss

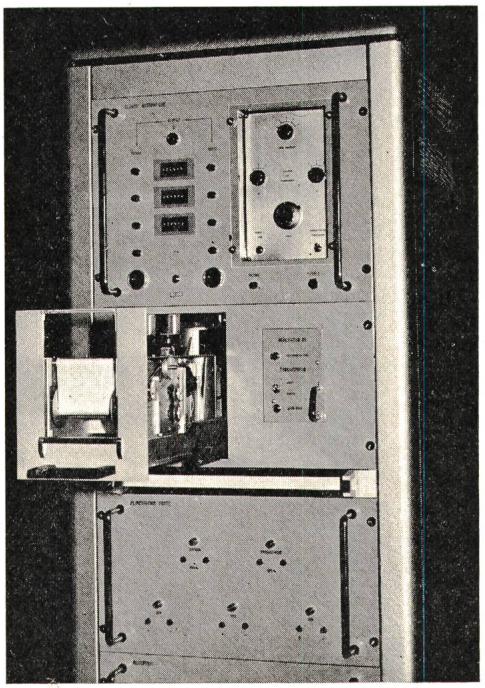


Fig. 3
Anzeigeeinrichtung mit digitaler Angabe der Achse und herausgezogenem Kontrollschreiber

4. Automatische Auswertung mit digitaler Anzeige

Die Deutsche Bundesbahn (DB) hat das personalaufwendige System der manuellen Auswertung nicht eingeführt; auf ihre Anregung hat man automatische Auswerteinrichtungen entwickelt, die inzwischen auch von anderen Verwaltungen, darunter auch von der SNCF, angewendet werden. Es werden die Temperaturen der rechten und linken Lager jeder Achse

[1]) SNCF = Société Nationale de Chemins de fer Français.

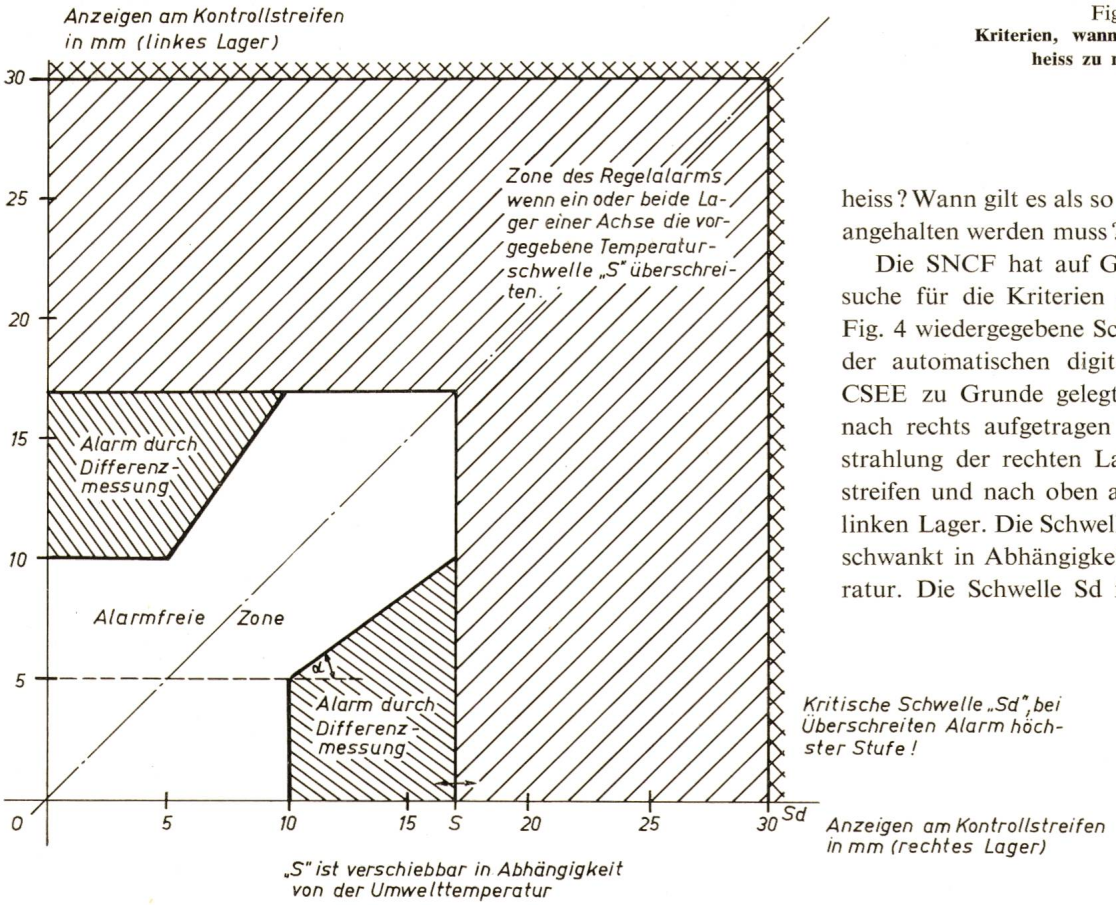


Fig. 4
Kriterien, wann ein Lager als heiss zu melden ist

miteinander verglichen. Ist die Differenz dieser beiden Temperaturen grösser als ein einstellbarer Wert (z.B. 20 °C) oder übersteigt die gemessene Temperatur eines Lagers einen kritischen Wert (z.B. 80 °C), so wird im zuständigen Stellwerk, das etwa 7 km hinter dem Abtastorgan liegt, ein akustischer und optischer Alarm ausgelöst. Gleichzeitig wird an einem Zählwerk digital angezeigt, die wievielte Achse heiss ist; durch eine Lampe wird auch das linke oder rechte Lager gekennzeichnet.

Fig. 3 zeigt die Auswerteeinrichtung der Firma CSEE auf einem Bahnhof der SNCF. In der Mitte des Bildes sind der herausgezogene Kontrollschreiber und oben das automatische Anzeigegerät zu sehen. Das Gerät hat drei Zählwerke, so dass drei Heissläufer eines Zuges angezeigt werden können. Je nach Schaltungsart können die Zähler die Achszahl von der Spitze oder vom Ende des Zuges gezählt, anzeigen. Links und rechts neben den Zählern sind kleine Lämpchen zu erkennen, durch deren Aufleuchten angezeigt wird, ob das linke oder rechte Lager der betreffenden Achse heiss ist. Über dem obersten Zähler befindet sich eine weitere Lampe, die einen Alarm höchster Stufe angibt (siehe auch Abschnitt 5). Leuchtet diese Lampe und ertönt gleichzeitig ein besonderes akustisches Signal, so muss der Fahrdienstleiter den Zug sofort zum Stehen bringen, da ein Lager so heiss ist, dass eine akute Gefahr eines Achsschenkelbruches besteht. Auf elektrifizierten Strecken ist das einfachste Mittel einen Zug zum Stehen zu bringen, die Abschaltung der Fahrleitung.

5. Anzeigekriterien

Das schwierigste Problem für die automatische Erkennung von Heissläufern ist nicht die Temperaturmessung, sondern die Auswertung der Messergebnisse. Wann gilt ein Lager als heiss? Wann gilt es als so heiss, dass der Zug sofort angehalten werden muss?

Die SNCF hat auf Grund umfangreicher Versuche für die Kriterien der Alarmanzeige das in Fig. 4 wiedergegebene Schema entwickelt, welches der automatischen digitalen Anzeige der Firma CSEE zu Grunde gelegt wurde. Die Figur zeigt nach rechts aufgetragen die Werte der Infrarotstrahlung der rechten Lager in mm am Kontrollstreifen und nach oben aufgetragen die Werte der linken Lager. Die Schwelle S für den Normalalarm schwankt in Abhängigkeit von der Umwelttemperatur. Die Schwelle Sd für den Sonderalarm bei akuter Gefahr lässt sich unveränderlich festlegen, sie könnte aber auch in Abhängigkeit von der Umwelttemperatur verschiebbar sein.

Am interessantesten an dieser Darstellung ist die Zone der Differenzanzeige. Da der Winkel α mit etwa 42° kleiner als 45° ist, wird bei zunehmenden Lagertemperaturen nur dann Alarm ausgelöst, wenn auch die Differenztemperatur zwischen den Lagern einer Achse zunimmt.

Die Schwelle S in Fig. 4 kann abhängig von der Umwelttemperatur verschoben werden. Ebenso kann der Winkel α etwas verändert werden. Hierzu dienen Potentiometer, die in Fig. 3 rechts neben den Zählern zu erkennen sind. Um unbefugtes Verstellen zu vermeiden, sind diese Potentiometer durch eine Glasplatte abgedeckt, die nur nach Lösen von Plomben entfernt werden kann.

6. Erfahrungen im praktischen Einsatz von Heissläuferortungsgeräten im Netz der DB

Bei mehreren europäischen und amerikanischen Eisenbahnen befinden sich insgesamt einige Hundert Heissläuferortungsgeräte im Einsatz. Im Netz der DB sind bisher 58 Geräte eingebaut, weitere 50 sind vorgesehen.

Nach gewissen Anlaufschwierigkeiten bedingt durch Transportschäden und Beeinflussungsprobleme durch die elektrische Traktion arbeiten die Heissläuferortungsgeräte zur Zufriedenheit. Ihre Wirtschaftlichkeit ist allein durch das Verhüten schwerer Unfälle bestimmt gegeben. Zusätzlich zur Unfallverhütung ermöglichen die Geräte auch gewisse Einsparungen an Untersuchungen im wagentechnischen Dienst. Voll zur Geltung kommen Heissläuferortungsgeräte aber nur, wenn ganze Eisenbahnnetze systematisch mit Heissläuferortungsgeräten

ausgerüstet sind. Die DB hat zunächst an den kritischen Punkten ihres Netzes, wo nach der Statistik die meisten Heissläufer auftreten, solche Geräte eingebaut. In einer späteren Ausbaustufe werden weitere Geräte systematisch über das ganze Netz der DB verteilt werden. Wie wichtig die regelmässige Überwachung der Wagen durch Ortungsgeräte ist, sieht man aus den beiden folgenden Erfahrungen: Es ist im Netz der DB im Abstand von 60 km hinter den eingesetzten Geräten kein Heissläufer aufgetreten. Die Geräte entdecken auch Frühschäden an Lagern, die bisher kaum erkannt werden konnten, aber sich mit Sicherheit zu Heissläufern entwickelt hätten.

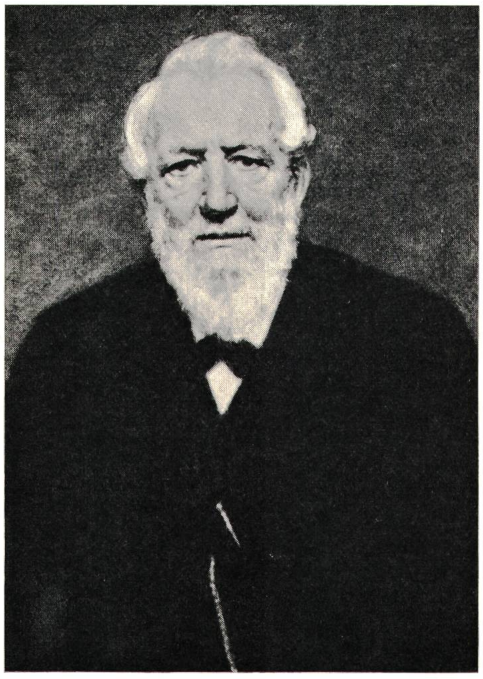
Ziel für den weiteren Einsatz der Geräte muss sein, dass jeder Wagen möglichst regelmässig an Heissläuferortungsgeräten vorbei kommt, damit Heissläufer bereits in ihrer Entstehung erkannt und Unfälle vermieden werden.

Mit den heute von der Industrie angebotenen Geräten haben die Eisenbahnverwaltungen ein Mittel in der Hand, dieses Ziel – allerdings mit einem nicht unerheblichen, aber bestimmt wirtschaftlich vertretbaren materiellen Aufwand – zu erreichen.

Adresse des Autors:
Dipl.-Ing. *Werner Leitenberger*, Fernmeldedezernent im Bundesbahn-Zentralamt München, Rosenstrasse 5, D–8031 Olching.

EMIL HEINRICH DU BOIS-REYMOND

1818 — 1896



Emil Du Bois-Reymond wurde am 7. November 1818 in Berlin geboren und starb am 26. Dezember 1896 in Charlottenburg. Sein Vater, ein Neuenburger Uhrmacher, wanderte nach Berlin aus und leistete Kriegsdienste für den Preussenkönig. In der Folge wurde er Beamter und stieg bis zum geheimen Regierungsrat auf. Als solcher behandelte er die «Neuenburger Angelegenheit», in der Schweiz bekannt unter dem «Neuenburger Handel». Seinen Sohn Emil schickte er ins französische Gymnasium in Berlin und für ein Jahr nach Neuenburg. Nach der Matura interessierte sich dieser für alle möglichen Fachgebiete. Erst 1839 entschloss er sich zum Medizinstudium. Sein Physiologie-Professor, *Joh. Müller,* hiess ihn die Froschschenkelversuche Galvanis wiederholen, und so musste er sich mit Elektrizität befassen. Seine Dissertation handelt über Untersuchungen an Froschschenkeln und elektrischen Fischen.

Später arbeitete Du Bois-Reymond unter *Faraday* an der Royal Institution in London. Wieder nach Berlin zurückgekehrt entdeckte er bei Versuchen, dass zwischen den Händen ein Strom zu fliessen beginnt, wenn man nur die Absicht hat, sie zu bewegen. Die Entdeckung und Erforschung dieser Aktionsströme, die alle Muskel-, Nerven- und Drüsentätigkeiten begleiten, ist seine wissenschaftliche Hauptleistung. Die Apparate musste er zu jener Zeit selber entwerfen und teils auch bauen. Später besorgte ihm das ein hervorragender Mechaniker namens *Halske*. Du Bois-Reymond stellte ihn anlässlich eines Vortrages in der Physikalischen Gesellschaft *Werner Siemens* vor. Nicht viel später trat *Halske* in das Siemensche Unternehmen ein und bald darauf kam es zur Gründung der bekannten Firma Siemens & Halske.

Alexander von Humboldt interessierte sich stark für die Arbeiten Du Bois-Reymonds und auf seine Empfehlung hin wurde Du Bois 1851 als Mitglied in die Berliner-Akademie aufgenommen.

1858 folgt Du Bois-Reymond seinem Lehrer auf den Lehrstuhl für Physiologie. 20 Jahre später wurde er, ein Mediziner, Vorstand des Physikalischen Institutes der Universität Berlin.

Du Bois-Reymond, trotz etwas gedrungenem Körperbau ein Turner und Schlittschuhläufer, war ein beliebter Lehrer, ein vollendeter Redner, ein glänzender Schriftsteller und ein begabter Zeichner. Der Berliner Akademie diente er als ständiger Sekretär und war lange Zeit Rektor der Universität. Berühmt waren seine teils öffentlichen Vorlesungen über fast alle Wissensgebiete an der Universität und in der Naturforschenden Gesellschaft.

H. Wüger