

Denne fil er downloadet fra
Danmarks Tekniske Kulturarv
www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på
www.tekniskkulturarv.dk/about

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

FRA FORFATTEREN

77C

UNIVERSITETSBIBLIOTHEK

POULSEN-BUENS VIRKEMAAD

AF

P. O. PEDERSEN

SÆRTRYK AF FYSISK TIDSSKRIFT XVII. 1918—19

KØBENHAVN

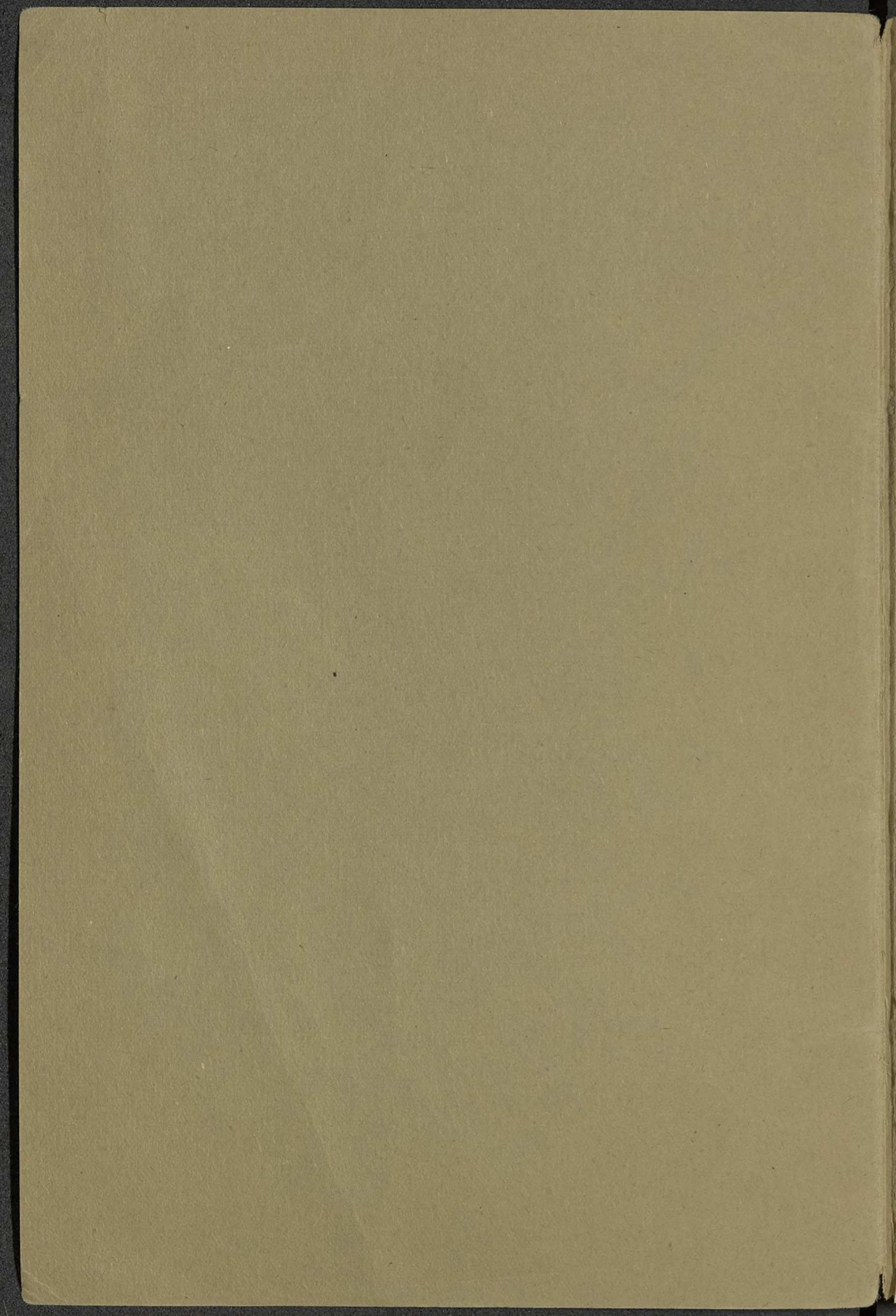
TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. (IVAR JANTZEN)

1919

654,25.

537,5
Saml. Hylsten

HNDB. AFD. II.



POULSEN-BUENS VIRKEMAADE

AF

P. O. PEDERSEN

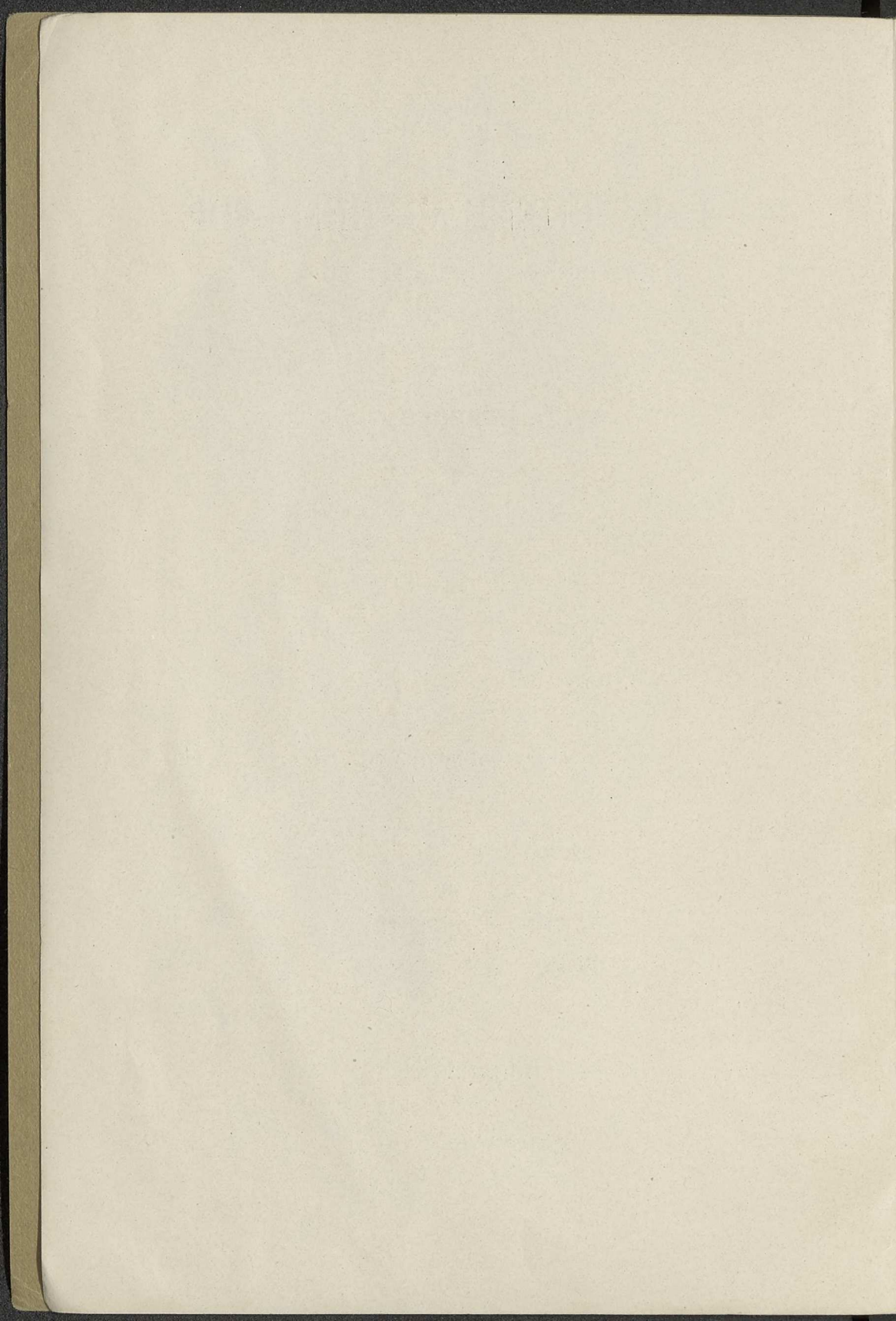
SÆRTRYK AF FYSISK TIDSSKRIFT XVII. 1918—19

TEKNISK BIBLIOTEK
Danmarks tekniske Højskole

KØBENHAVN

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. (IVAR JANTZEN)

1919



Poulsen-Buens Virkemaade.

Indholdsfortegnelse.

Poulsen-Buens Virkemaade.

Om Poulsen-Buens Teori. I.

Indledning	S. 3
A. Forholdet mellem Højfrekvensstrøm og Fødestrøm	» 5
B. Nogle Konsekvenser af den Simon-Barkhausenske Teori	» 8
C. Forklaring af Afvigelserne fra S.-B.-Teorien. Slukkespændingens Indflydelse	» 12
D. Eksperimentel Prøve af den opstillede Teori	» 21

Magnetfeltet i Poulsen-Buen.

Om Poulsen-Buens Teori. II.

A. Magnetfeltets Indflydelse paa Poulsen-Buens Virkemaade	» 25
B. Yderligere Konsekvenser af den her fremsatte Teori	» 38
C. Afsluttende Bemærkninger	» 42

Om Poulsen-Buens Teori. I.

Indledning.

Poulsen-Buen har i de forløbne Aar været Genstand for megen Diskussion og for mange indgaaende Undersøgelser¹⁾. Resultatet er dog langt fra tilfredsstillende og det hovedsagelig af 3 Grunde: 1) En

¹⁾ Med Hensyn til Bibliografi henvises til P. O. Pedersen: Poulsen-Buen og dens Teori. Vid. Selskabs Skrifter, 8. Række II. 4. København 1917 (citeres som P. I.).

oscillografisk Analyse af de højfrekvente Svingninger er meget vanskelig. 2) De fleste Laboratorieundersøgelser er foretagne med ganske smaa Apparater og under Benyttelse af en ganske ringe Effekt, under hvilke Forhold Fænomenene er langt mere komplicerede og instabile end ved de egentlige, store Poulsen-Buer. 3) Den af H. Th. Simon og hans Elever — særlig Barkhausen — udviklede Teori, der har været Udgangspunktet for de fleste herhenhørende Arbejder, hæfter i alt for høj Grad Opmærksomheden ved Tændspændingen og slet ikke, eller i hvert Fald kun i ringe Grad, ved Slukkespændingen. Som det vil fremgaa af det følgende, spiller denne sidste imidlertid en meget stor, ja i flere Henseender afgørende Rolle.

Vi giver nedenfor under A. nogle Iagttagelser over Forholdet mellem Højfrekvensstrøm og Fødestrøm, et Forhold, der har megen Betydning baade for Buens praktiske Anvendelse og for dens Teori. I Afsnit B. drages nogle Konsekvenser af den Simon-Barkhausen'ske Teori, og det vises, at disse Konsekvenser for Poulsen-Buens Vedkommende ikke stemmer med Erfaringen. I det følgende Afsnit C. undersøges Muligheden af at forklare Afvigelserne ved Hjælp af Slukkespændingen og under D. paavises eksperimentelt Rigtigheden af denne Forklaring.

Det forudsættes i det følgende, at Poulsen-Buens almindelige Indretning er kendt. Nærmere Oplysninger desangaaende findes i de fleste nyere Lærebøger i Traadløs Telegrafi¹⁾ og i et Par Artikler i nærværende Tidsskrift²⁾.

Med Hensyn til Buegeneratorens Strømdiagram og den benyttede Forsøgsopstilling henvises til Fig. 1, hvor man tillige finder Oplysning om en Del af de benyttede Betegnelser. Fig. 2 viser en Skitse af Elektroderne i den Generator, der er anvendt ved de fleste af de i det følgende omtalte Forsøg.

¹⁾ H. Rein: *Lerbuch der drahtlosen Telegraphie*. Berlin 1917. p. 165—186. T. Thörnblad: *Trådlös Telegrafi*. Stockholm 1911. p. 493—593. J. Zenneck: *Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie*. 4. Aufl. 1916. p. 260—293.

²⁾ V. Poulsen: *Fysisk Tidsskrift*. 5. Aargang. p. 37—52. 1906. A. W. Marke: *Om traadløs Telegrafi*. *Fysisk Tidsskrift*. 12. Aarg. 1914.

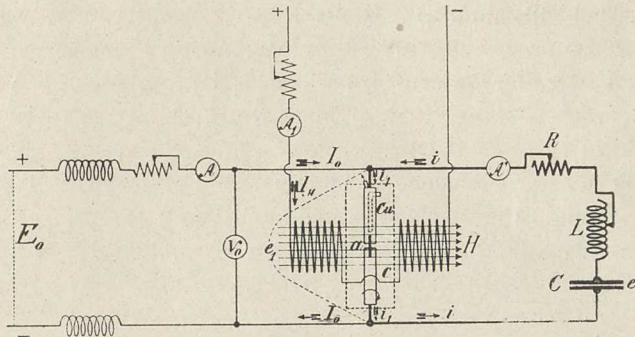


Fig. 1. Diagram for Poulsen-Bue. Elektricitetskilden E_0 føder Buen a , der brænder mellem Katoden C af Kul og den vandkølede Anode Cu af Kobber. Buen brænder i Brint, Belysningsgas eller en anden brinholdig Atmosfære og befinder sig i et magnetisk Felt (H). C , L og R er henholdsvis Kapacitet, Selvinduktion og Modstand i Buekredsen (tegnet med tykke Linier). I_0 Fødestrøm; V_0 Fødespænding maalt over Buen; I Højfrekvensstrømmens effektive Værdi; i_1 og i Øjebliksværdier af Strøm igennem Buen og i Svingningskredsen; ($i_1 = I_0 + i$). e_1 og e Øjebliksværdier af Buespænding og Kondensatorspænding. Buekredsens Karakteristik $q = \sqrt{\frac{L}{C}}$, og Perioden $\tau = 2\pi\sqrt{CL}$.

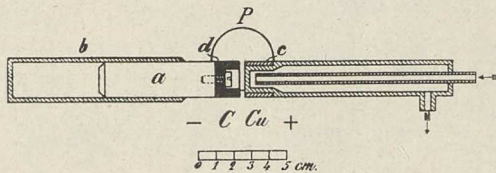


Fig. 2. Elektroder i den benyttede Forsøgsgenerator. d Katode af Kul, c vandkølet Anode af Kobber. P Magnetpol.

A. Forholdet mellem Højfrekvensstrøm og Fødestrøm.

1. Den eksperimentelle Værdi af Forholdet. K. Vollmer¹⁾ er formentlig den eneste, der hidtil har meddelt noget nærmere herom. Han fandt, at det nævnte Forhold indenfor meget vide Grænser var $g = \frac{I}{I_0} = 0,77$. Hans Undersøgelser omfattede Bølgelængder mellem 300 og 1915 m og Fødestrømme fra 1 til 7 Ampère, medens Buekredsens Karakteristik $q = \sqrt{\frac{L}{C}}$ laa mellem 30 og 1300 Ohm.

¹⁾ K. Vollmer: Jahrb. d. drahtl. Tel. Bd. 3, p. 117—174, 213—249. 1910.

W. Duddell¹⁾ fandt $g = 0,90$ for $I_0 = 5$ Ampère, J. A. Fleming²⁾ $g = \text{ca. } 0,63$ for $I_0 = 8$ Ampère. L. W. Austin³⁾ angiver $g = 1$ for $I_0 = 4$ Ampère, for Bølgelængden $\lambda = 3600$ m og for $\varrho = 4,5$ Ohm, medens Fassbender og Hupka⁴⁾ fandt $g = 0,83$ for $I_0 = 1,1$ Ampère, $\lambda = 3180$ m og $\varrho = 567$ Ohm.

For den normale Poulsen-Bue — hvorved jeg forstaar en Poulsen-Bue, der drives med mindst 10 à 15 Ampère, arbejder med Bølgelængder paa 1000 m og derefter, samt med Værdier af ϱ , der er over 50 Ohm⁵⁾ — er Forholdet g med ret stor Nøjagtighed bestemt ved

$$g = \sqrt{\frac{1}{2}}. \quad (1)$$

Under de Forhold, som forefindes paa sædvanlige større Buestationer, eller under tilsvarende Laboratorieforhold, gælder Ligning (1) med en saa stor Nøjagtighed, at man med de bedste tekniske Ampèremetre for højfrekvent Strøm ikke er i Stand til med Sikkerhed at konstatere nogen Afvigelse. Efterhaanden som man nærmer sig de nævnte Grænser og eventuelt passerer disse, bliver Afvigelserne større, idet g anfanger højere Værdier.

2. Beregning af Fødestrøm eller Fødespænding. Kaldes den effektive Modstand i Buekredsen for R , Fødespændingen V_0 og Buens Nyttegrad η , har man følgende

$$\eta I_0 V_0 = I^2 R = \frac{1}{2} I_0^2 R,$$

eller

$$2\eta V_0 = I_0 R. \quad (2)$$

Kender man Værdien af η , giver Formlerne (1) og (2) Midlerne til en ingeniørmæssig Forudberegning af Poulsen-Buen, idet der som

¹⁾ W. Duddell: Journ. Inst. El. Eng. Vol. 30, p. 232—261. 1901. »Electrician«, Vol. 46, p. 269—273, 310—313. 1900.

²⁾ J. A. Fleming: Phil. Mag. (6). Vol. 14, p. 264—265. 1907.

³⁾ L. W. Austin: Bull. Bur. Stand. Vol. 3, p. 325—340. 1907.

⁴⁾ H. Fassbender u. E. Hupka: Phys. Zeitschr. Bd. 14, p. 222—226. 1913.

⁵⁾ For almindelige Radiostationer har ϱ som Regel en Værdi af nogle Hundrede Ohm.

Regel til et Radioanlæg med Poulsen-Bue stilles den Fordring, at der for en vis Bølgelængde opnaas en fastsat Strøm i en given Antenne. Værdien af η er ikke konstant; den afhænger af Bølgelængden — aftager med denne — og, omend i mindre Grad, af R og Q samt af forskellige andre Forhold. I Praksis vil man som oftest med tilstrækkelig Tilnærmelse kende Værdien af η under de opgivne Forhold¹⁾.

Formlerne (1) og (2) giver da en overmaade simpel Bestemmelse af den til en vis Højfrekvensstrøm I svarende Fødestrøm I_0 og Fødespænding V_0 .

3. Den fordelagtigste Indstilling af Bue-Generatoren. En anden vigtig Konsekvens af Formel (1) er følgende: Da Forholdet mellem Højfrekvensstrøm og Fødestrøm er konstant, saa er Buens Nyttegrad Maksimum under givne Forhold, naar Fødespændingen er Minimum. Drives Buen fra en Elektricitetskilde med konstant Spænding, gennem en konstant Forlagsmodstand — i Praksis meget lille, kun hidrørende fra Dæmperullernes Modstand — er følgende Buens Nyttegrad Maksimum, naar Højfrekvensstrømmen (eller Fødestrømmen) er Maksimum. For under givne Forhold at frembringe den maksimale Højfrekvensstrøm kræves der erfaringsmæssigt en bestemt Buelængde (Elektrodeafstand) og et bestemt Magnetfelt, idet de gunstigste Værdier for begge disse Størrelser i ret høj Grad afhænger af Kredsens Konstanter. Buegeneratorer indrettes derfor med variabel Elektrodeafstand og variabelt Magnetfelt. Buen bliver først aktiv, naar den trækkes ud til en vis, kritisk Længde, medens den for mindre Længder brænder som Jævnstrømsbue. Dog kan Elektrodeafstanden formindskes lidt, naar Buen er bleven aktiv, uden at Buens Aktivitet ophører. Buen giver den maksimale Højfrekvensstrøm, naar Elektrodeafstanden er den mindst mulige, altsaa den kritiske eller lidt derunder; forøges Buelængden, aftager Højfrekvensstrømmen, og, naar Elektrodeafstanden har naaet en vis Værdi, slukkes Buen helt. Den kritiske Elektrodeafstand er saaledes i og for sig den bedste; dog er det af Stabilitetsgrunde som Regel nødvendigt at gøre Buelængden lidt større end den kritiske. Med Magnetfeltet forholder det sig paa lignende Maade; Buen arbejder med størst

¹⁾ Ligger som Regel mellem 30 og 50 pCt.

Nyttegrad med det svageste Magnetfelt, for hvilket Buen brænder roligt; men dette Spørgsmaal kommer vi udførlig tilbage til senere.

4. Buens Overgang fra den inaktive til den aktive Tilstand. Det foregaaende viser, at Bue-Generatoren enten arbejder (er aktiv) med en Højfrekvensstrøm, der er lig med eller større end $\sqrt{\frac{1}{2}} \cdot I_0$, eller ogsaa slet ikke arbejder (er inaktiv).

Højfrekvensstrømmen begynder ikke med at være en ganske ringe Brøkdel af Fødestrømmen for, efterhaanden som Forholdene bliver bedre, at tiltage i Styrke; det er enten — eller. Man forstaar derfor ogsaa, at selv forholdsvis smaa Forandringer i Buens Forhold kan være afgørende for Buens Evne til at optræde som Højfrekvens-generator, idet de nævnte Forandringer lige netop kan bringe Buen fra den inaktive over i den aktive Tilstand. Dette forklarer, at det kan være af afgørende Betydning, om Buen brænder i Brint eller i atmosfærisk Luft, til Trods for at Forskellen mellem de to Luftarter med Hensyn til deres fysiske Forhold i de fleste andre Henseender kun er kvantitativ.

B. Nogle Konsekvenser af den Simon-Barkhausens'ske Teori. (S.-B.-Teorien.)

1. S.-B.-Teorien. Den nuværende Opfattelse af Bue-Generatorens Virkemaade grunder sig i Hovedsagen paa S.-B.-Teorien¹⁾ og har faaet sit klareste og simpleste Udtryk gennem Barkhausens simple Karakteristik (Fig. 3), der lægges til Grund for de herhen hørende Betragtninger²⁾. Denne Betragtningssmaade har den Fordel, at man uden Vanskelighed kan regne sig til Forløbet af Buens Strøm- og Spændingskurver, naar man forudsætter bestemte Værdier af Tænd-

¹⁾ H. Th. Simon: Phys. Zeitschr. Bd. 4, p. 364—372, 737—742. 1903; Bd. 6, p. 297—319, 1905; Bd. 7, p. 433—445. 1906; Bd. 8, p. 471—481, 1907; Bd. 9, p. 865—874, 1908. Jahrb. d. drahtl. Tel. Bd. 1, p. 16—68. 1908. H. Barkhausen: Das Problem der Schwingungserzeugung. (113 pp.) Leipzig 1907. Jahrb. d. drahtl. Tel. Bd. 1, p. 243—262. 1908. K. W. Wagner: Der Lichtbogen als Wechselstromerzeuger. (119 pp.) Leipzig 1910.

²⁾ Angaaende Buekarakteristikker henvises til »Den elektriske Bues Elektroteori«. Fysisk Tidsskrift. Bd. 15, p. 176—192. 1917. (Særlig Fig. 5 og 6).

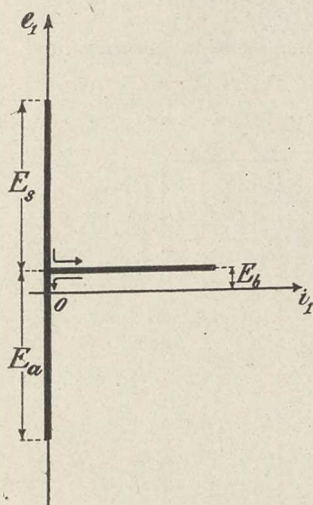


Fig. 3. Barkhausens simple ideale Karakteristik. E_b Buens Brændespænding; $E_s + E_b =$ Tændspænding; E_a Spændingsfald ved Buens Slukning.

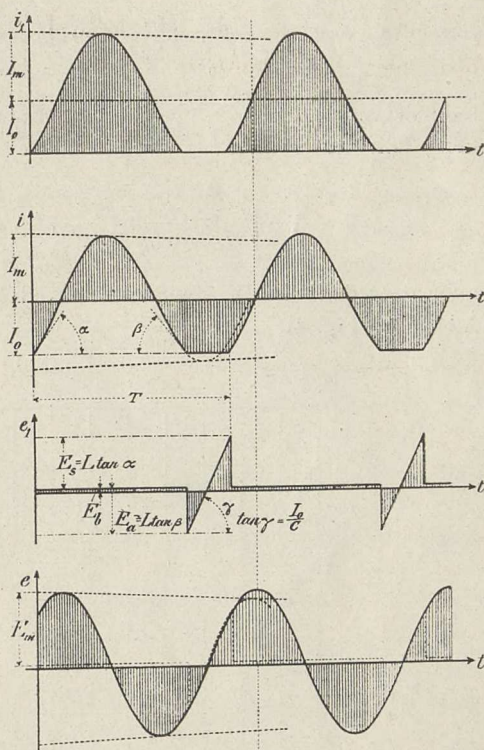


Fig. 4. Teoretisk Forløb af Buestrøm og Buespænding samt Strøm i Svingningskreds og Kondensatorspænding paa Grundlag af Barkhausens simple Karakteristik. I et Punkt a , hvor Strømkurven har et Knæk, er der et pludseligt Fald E_a i Buespændingen bestemt ved $E_a = I \cdot \left[\left(\frac{di_1}{dt} \right) \right]$ til højre

$$\text{for } a - \left(\frac{di_1}{dt} \right) \text{ til venstre for } a \text{.}$$

spændingen E_s og Brændespændingen E_b . Et Eksempel herpaa er vist i Fig. 4. Man er derfor ogsaa i Stand til rent matematisk at drage en Række Konsekvenser af S.-B.-Teorien. Af disse interesserer os i Øjeblikket dog kun det foran omtalte Forhold g mellem Højfrekvensstrøm og Fødestrøm, der i Fig. 5 er fremstillet som Funktion af en Parameter k , hvis Værdi bestemmes ved Ligningen¹⁾:

¹⁾ Med Hensyn til Detaillerne i Regningerne henvises til P. I.

$$k = \left(\frac{E_s}{I_0} - \frac{R}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} = \left(\frac{E_s}{I_0} - \frac{R}{2} \right) \cdot \frac{1}{q} \quad (1)$$

hvor det sidste Led i Parentesen dog er saa lille, at man med tilstrækkelig Tilnærmelse kan skrive

$$k = \frac{E_s}{I_0} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{E_s}{q I_0} = \frac{tg \alpha}{I_0} \cdot \sqrt{LC} = \frac{tg \alpha}{I_0} \cdot \frac{\lambda}{2\pi \cdot 3 \cdot 10^8}, \quad (2)$$

hvor α er den Vinkel, Strømkurven ved Buens Tænding danner med Aksen (se Fig. 4).

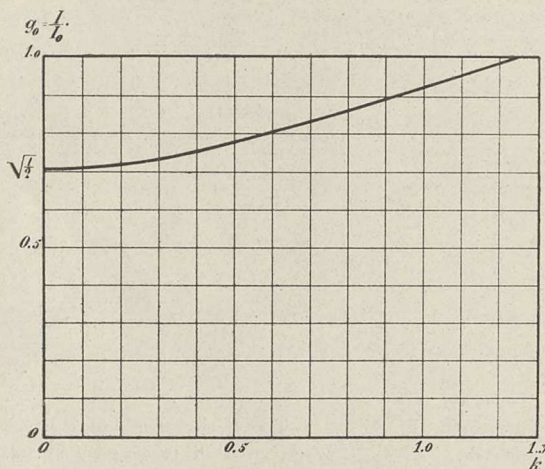


Fig. 5. Forholdet g mellem Højfrekvensstrøm og Fødestrøm som Funktion af Parameteren $k = \frac{E_s}{q I_0}$ og beregnet paa Grundlag af Barkhausens simple Karakteristik.

For $k = 0$, er g netop lig med $\sqrt{\frac{1}{2}}$, og for smaa Værdier af k er g kun lidt større end $\sqrt{\frac{1}{2}}$, men med stigende Værdier af k vokser g efterhaanden ret hurtigt, saaledes er $g = 1$ for en Værdi af k omkring 1.2.

2. Teoretisk mulige Værdier af Parameteren k . Efter saaledes at have bestemt Forholdet g 's Afhængighed af k , skal vi gaa over til at undersøge, hvilke Værdier k kan ventes at antage. Selve S.-B.-Teorien sætter her i hvert enkelt Tilfælde en bestemt

lavere Grænse for Værdien af k . Dette ses saaledes: En nødvendig Forudsætning for Anvendelsen af denne Teori er, at Buestrømmen ved Slutningen af hver Periode aftager til Nul. I modsat Fald vil en Strømslutning gennem Buen, under Forudsætning af at Barkhausens Karakteristik finder Anvendelse, kun giver Anledning til en afældende, harmonisk Svingning, efter hvis Hendøen Buen passerer af den konstante Fødestrøm I_0 . Den nævnte Betingelse for Anvendelsen af S.-B.-Teorien er nu, at det laveste Punkt af Strømkurven falder under eller i det højeste i Abscisseaksen. Det kan let vises¹⁾, at dette kun vil være Tilfældet, naar

$$k > \sqrt{6 \frac{R}{\varrho}}, \quad (3)$$

en Relation, der ganske vist ikke er helt eksakt, men dog giver en for det foreliggende Øjemed tilstrækkelig god Tilnærmelse.

Hertil svarer en Tændspænding, der med Tilnærmelse er bestemt ved

$$E_s = \varrho I_0 k > I_0 \sqrt{6 \varrho R}. \quad (4)$$

3. Sammenligning mellem de teoretisk mulige og de maalte Værdier af k og E_s . Vi fandt ovenfor, at Parametren k ifølge (3) skal være større end $\sqrt{6 \frac{R}{\varrho}}$. Sættes her f. Eks. $R=5$ Ohm og $\varrho=60$ Ohm, faas $k > 0.71$, hvortil ifølge Fig. 5 svarer $g > 0.83$, medens g i Virkeligheden under de angivne Forhold meget nær har Værdien $\sqrt{\frac{1}{2}}$. Da saaledes selve Anvendeligheden af S.-B.-Teorien sætter en Minimumsgrænse for g , der er langt højere end den iagttagne Værdi, er denne Teori ikke i Overensstemmelse med Forsøgene. Uoverensstemmelsen kan ikke forklares ved Iagttagelsesfejl, idet der til den eksperimentalt fundne Værdi af g ifølge S.-B.-Teorien svarer ganske smaa Værdier af k , i hvert Fald ikke over 0.15; for større Værdier af k fjærner g sig efter Teorien ret stærkt fra Værdien $\sqrt{\frac{1}{2}}$.

S.-B.-Teorien kræver tillige, at Tændspændingen mindst antager den ved Formel (4) angivne Værdi; men maales den maksimale

¹⁾ Se P. I.

Spænding ved en parallelt med Buen anbragt Gnismikrometer, viser det sig, at man finder langt lavere Værdier. Eks.: For $I_0 = 20$ Amp., $R = 3$ Ohm og $\varrho = 400$ Ohm, hvortil ifølge (4) svarer $E_s = 1700$ Volt, begyndte Gnister at slaa regelmæssig over ved en Gnistlængde paa 0,01 mm. (Gnistbanen var udsat for Bestraaling af ultraviolet Lys fra en Bue). Den maksimale Spænding ligger derfor i Nærheden af den kritiske, 380 Volt. Den normale Tændspænding af Buen ligger saaledes langt lavere end de nævnte 1700 Volt; dette bekræftes ogsaa ved de senere omtalte Optagelser med Katodelysrør.

Dette gælder for den normale Poulsen-Bue med normal Elektrodeafstand, der ifølge A. 4 meget nær er lig med den minimale. Forøges Elektrodeafstanden saa meget som muligt, stiger Gnistlængden under de nævnte Forhold indtil 0,14 mm, svarende til en Tændspænding paa omkring 1100 Volt, altsaa betydelig nærmere ved den af S.-B.-Teorien krævede. Vi skal senere se, at Forholdene for unormal stor Elektrodeafstand i det hele taget er i ret god Overensstemmelse med S.-B.-Teorien.

C. Forklaring af Afvigelserne fra S.-B.-Teorien. Slukkespændingens Indflydelse:

1. Diskussion af Grundene til, at S.-B.-Teorien ikke finder Anvendelse paa Poulsen-Buen. Det foregaaende viser, at S.-B.-Teorien ikke giver nogen god Fremstilling af Forholdene i den normale Poulsen-Bue. Paa den anden Side kan det ikke ret vel betvivles, at to af den i Fig. 3 viste Karakteristikks mest udprægede Ejendommeligheder, nemlig den forholdsvis høje Tændspænding og den ret lave Brændespænding, saa nogenlunde svarer til de virkelige Forhold. Derimod er der en tredje Ejendommelighed ved Buefænomenet, som slet ikke kommer til sin Ret i Barkhausens Karakteristik, nemlig »Slukkespændingen«, altsaa den højere Spænding paa Buen, der forefindes, naar Strømstyrken er ringe, altsaa kort Tid før Buen slukkes. I den nævnte Karakteristik indgaar ikke nogen særlig Slukkespænding, men den lave Brændespænding forudsættes at vedvare, lige indtil Buen slukkes. Det er velkendt, at dette ikke er Tilfældet; Slukkespændingen er hyppig betydelig højere end Brændespændingen. Dette fremgaar saaledes meget klart af A. Blon-

dels Undersøgelser¹⁾. (Se f. Eks. ogsaa den foran omtalte Artikel om Buens Elektronteori, »Fysisk Tidsskrift« XV, p. 183, 1917, Fig. 5, hvor Punkterne *b* og *c* viser Spændingsforhøjelsen lige før Buen slukkes). Naar Barkhausen alligevel har undladt at tage Hensyn til Slukkespændingen ved Opstillingen af den simple, ideale Karakteristik, skyldes dette utvivlsomt Ønsket om at gøre denne saa simpel som muligt. Paa den anden Side har en saadan idealiseret Karakteristik kun Betydning, forsaavidt de Konsekvenser, man drager af den, i Hovedsagen er i Overensstemmelse med de virkelige Forhold. Vi har for Poulsen-Buens Vedkommende vist, at dette ikke er Tilfældet, og det vil fremgaa af det efterfølgende, at Grunden hertil netop er, at Slukkespændingen før Poulsen-Buens Vedkommende spiller en afgørende Rolle. Vi vil ligeledes faa Lejlighed til at se, at Barkhausens Karakteristik under visse uheldige Omstændigheder gengiver de virkelige Forhold med god Tilnærmelse, og disse Omstændigheder forefindes hyppig ved de i Laboratoriet anstillede Forsøg, men derimod ikke hos den i Praxis anvendte normale Poulsen-Bue.

2. Forholdene ved Buens Slukning. Vi skal nu gaa over til en nærmere Omtale af Forholdene ved Buens Slukning. Da *g* er meget nær lig med $\sqrt{\frac{1}{2}}$, saa maa Parametren *k* være meget lille. Følgelig maa Vinklen *α*, hvorunder Strømmen vokser op straks efter Buens Tænding, ogsaa være meget lille (se Fig. 4). Men saa vil, som vi har set, Buestrømmen ikke af sig selv falde til Nul ved Periodens Slutning. Buen vil med andre Ord ikke uden videre slukkes een Gang for hver Periode. Skal Slukningen ske, maa Buen udvikle en vis »Slukkespænding«. Nogen Forhøjelse af Spændingen over Buen indtræder som omtalt i det foregaaende af sig selv, naar Buestrømmen falder ned til meget smaa Værdier. Men skal Buen slukkes, maa denne Spændingsforhøjelse allerede begynde at gøre sig gældende i et Punkt *c* (se Fig. 6), der ligger en Del til venstre for det laveste Punkt *d* af Strømkurven. Denne Forøgelse af Buespændingen vil bevirke et hurtigere Fald af Strømkurven og efterhaanden som Strømmen antager mindre Værdier, vil Buespændingen

¹⁾ A. Blondel: L'Éclairage Électrique. T. 44, p. 41—58, 81—104, 1905.

stige, og denne Stigning vil yderligere modvirke Strømmens Gennemgang. Resultatet heraf bliver i Almindelighed, at Buestrømmen falder til Nul, saaledes som antydnet ved Linien cf . Den tilsvarende Spændingskurve er i Fig. 6 skematisk angivet ved Kurven $c'c''$. I

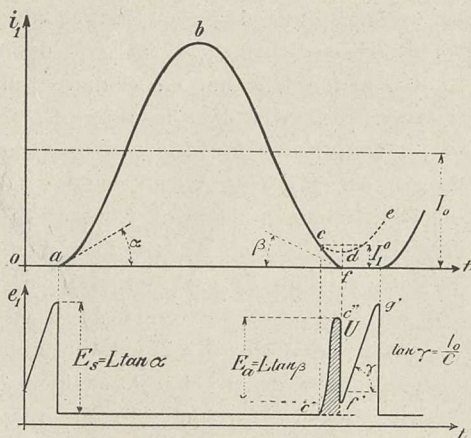


Fig. 6. Skematisk Fremstilling af Buestrøm og Buespænding. (Svingninger af 2. Art, men med saa kortvarig Strømafbrydning, at de nærmer sig til 1. Art; se Fig. 7).

Punktet f slukkes Buen, og danner Strømkurven i dette Punkt en Vinkel β med Aksen, vil der ske et Fald E_a i Buespændingen i det Øjeblik, Buen slukker, bestemt ved

$$E_a = L \cdot \tan \beta. \quad (1)$$

Saa snart Buen er slukket, vil Spændingen over Buen vokse lineært paa samme Maade som Spændingen paa Kondensatoren C , da Buekredsen nu passeres af Jævnstrømmen I_0 . Denne Spændingsstigning fortsættes fra Punktet f' til Punktet g' , hvor Buens Tændspænding er naaet, og hvor en ny Tænding finder Sted.

Om selve Forløbet af Strøm- og Spændingskurver under Slukningen vides meget lidt. Derimod kan man uden Vanskelighed vise¹⁾, at hvis Buen skal slukkes, maa Integralet U af Slukkespændingen tilfredsstille Relationen

$$U \geq \frac{\lambda}{6 \cdot 10^{10}} \cdot I_0 R, \quad (2)$$

¹⁾ P. I.

hvor λ er Bølgelængden i cm, og hvor $U = \int (e_1 - E_b) dt$, idet Integralet udstrækkes over hele den Tid, Slukningen varer.

En Undersøgelse af de Spændingsoscillogrammer, hvis Optagelse omtales i D. 1., viser, at den Brøkdelen af Perioden, indenfor hvilken Slukkespændingen optræder med en kendelig Værdi, omtrent er den samme i alle Tilfælde, nemlig omkring 0,1.

Den gennemsnitlige Spændingsforhøjelse E' under Slukningen skal derfor opfylde Betingelsen

$$E' = \frac{U}{10\lambda/3 \cdot 10^{10}} \geq 5 I_0 R. \quad (3)$$

Det er ved disse Betragtninger forudsat, at Parametren k er meget lille, hvad der vil sige det samme som, at Vinklen α er lille. Men denne Forudsætning maa jo nødvendigvis være opfyldt, da Forholdet g erfaringsmæssigt altid meget nær er lig med $\sqrt{\frac{1}{2}}$.

Vi har ovenfor skildret Forholdene, som de ligger ved den normale Poulsen-Bue, hvor Bue-Strømmen brydes for hver Periode. En saadan Afbrydning er dog ikke ubetinget nødvendig. Naar blot Strømmen i hver Periode falder ned til en saa lav Værdi, at Buespændingen stiger tilstrækkeligt op over den normale Brændespænding, saa kan Buen frembringe Svingninger, selv om den, som vi skal se i en følgende Afhandling, ikke arbejder saa regelmæssigt som under normale Forhold. For Opklaringen af Bue-Generatorens Virkemaade spiller Kendskabet til den omtalte Svingningstilstand, hvor Buestrømmen ikke helt afbrydes, en betydelig Rolle. Vi skal derfor ganske kort paa Grundlag af Fig. 7 omtale disse Svingningers Opstaaen og Opretholdelse.

Den øverste fuldt optrukne Kurve fremstiller Buestrømmen, den nederste Buespændingen. Paa Stykket abc , hvor Buespændingen har den normale Brændeværdi E_b , forløber Strømmen som en dæmpet Sinuskurve

$$I_0 - i_1 = i_{10} = I_m^s \cdot e^{-\alpha t} \cdot \cos(2\pi n t - \varphi), \quad (4)$$

hvor $\alpha = R/2L$, og $2\pi n \sqrt{LC} = 1$.

I Punktet c begynder Buespændingen at stige. Spændingens Forløb tænkes repræsenteret ved Kurven fgh . Vi finder da let det

tilsvarende Forløb cd_0a' af Strømkurven. Vi har nemlig for Buespændingen e_1 følgende Ligning:

$$-e_1 = L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{1}{C} \int idt. \quad (5)$$

Sætter heri $i = -i_{10} - i_1'$, saa er i_1' Forskellen mellem den ved (4) givne Strøm og den virkelige Buestrøm — altsaa i Fig. 7 For-

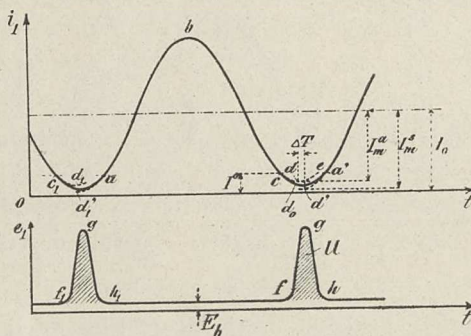


Fig. 7. Skematisk Fremstilling af Buestrøm og Buespænding i de Tilfælde, hvor Buen ikke slukkes, men dog virker som Højfrekvensgenerator. (Svingninger af 1. Art.)

skellen mellem Ordinaterne til Kurven cde og cd_0a' — og Ligning (5) reduceres til

$$e_1' = e_1 - E_b = L \frac{di_1'}{dt} + Ri_1' + \frac{1}{C} \int i_1' dt, \quad (6)$$

her er imidlertid i_1' saa lille, at vi uden større Fejl kan bortkaste de to sidste Led i (6) og altsaa skrive

$$e_1' = e_1 - E_b = L \frac{di_1'}{dt}, \quad (7)$$

eller

$$i_1' = \frac{1}{L} \int_f^t (e_1 - E_b) dt. \quad (8)$$

Paa Grundlag heraf kan man let ud fra Spændingskurven fgh bestemme Strømkurven cd_0a' . I Punktet a' bliver Buespændingen atter konstant, og Strømmen forløber siden efter den ved (4) givne

Regel. Man ser heraf, at Resultatet af Spændingstoppen fgh er, at Buestrømmens Amplitude, der i Løbet af Perioden var sunken til den ved I_m^a angivne Værdi, atter bringes op paa Værdien I_m^s . Der er paa denne Maade en Mulighed for at opretholde den højfrekvente Strøms Amplitude, men det kræves, at Spændingstoppen fgh er netop tilstrækkelig stor. Er den for lille, vil Strøamplituden for hver Periode blive mindre, og Buen sluttelig blive inaktiv. Er Spændingstoppen for stor, vil Amplituden vokse og Svingningerne eventuelt gaa over til at blive af 2. Art (med Strømafbrydning).

Vi kan uden Vanskelighed bestemme en Tilnærmelsesformel for den lige netop nødvendige Størrelse af Spændingstoppen, det vil sige af Integralet

$$U = \int_f^h (e_1 - E_b) \cdot dt. \quad (9)$$

Ifølge (8) er

$$U = L \cdot i'_{1h}, \quad (10)$$

hvor i'_{1h} er den største Værdi af i_1' , nemlig den, der svarer til Punktet h af Spændingskurven.

Endvidere er med tilstrækkelig Tilnærmelse

$$i'_{1h} = I_m^s - I_m^a = \delta I_m^s, \quad (11)$$

hvor $\delta = \pi R \sqrt{\frac{C}{L}}$ er Kredsens logaritmiske Dekrement.

Af (10) og (11) faas:

$$U = L \delta I_m^s = \pi R \sqrt{LC} \cdot I_m^s = \frac{\lambda}{6.10^{10}} \cdot R I_m^s. \quad (12)$$

Altsaa en Værdi, der ganske svarer til den ved Formel C (2) bestemte.

Dette Resultat findes ogsaa let paa følgende Maade. I Løbet af en Periode tilføres der Svingningskredsen og Buen fra Fødestrømmen en Energimængde A , hvor

$$A = \int_t^{t+\tau} I_0 e_1 dt = I_0 E_b \tau + \int_f^h I_0 (e_1 - E_b) dt = I_0 E_b \tau + I_0 U. \quad (13)$$

Det første Led, $I_0 E_b \tau$, er meget nær lig med den i Buen forbrugte Energi, saaledes at $I_0 U$ er den Resten af Svingningskredsen tilførte

Energimængde. Denne sidste maa være lig med Kredsens Energi-forbrug; følgelig har man

$$I_0 U = I^2 R t = \frac{1}{2} I_m^2 R 2\pi \sqrt{LC} = \pi R \sqrt{LC} I_m^2. \quad (14)$$

Men ifølge Forudsætning er I_m^s meget nær lig med I_0 , og (14) giver følgelig

$$U = \pi R \sqrt{LC} \cdot I_m^s. \quad (12')$$

3. Skitse-mæssig Fremstilling af Poulsen-Buens Virkemaade. Som Indledning til Fremstillingen af vor Opfattelse af Bue-Generatorens Virkemaade maa vi ganske kort omtale Magnetfeltets Indflydelse paa Buen¹⁾.

Det magnetiske Felt bevirker, at Buen, medens den brænder, drives udad (bort fra Elektroderandene) og desto hurtigere, jo kraftigere Feltet er. Det er ikke alene Buen selv, men ogsaa dens Fodpunkter (Kratere), der paa den Maade vandrer ud ad Elektrodernes krumme Overflade bort fra Elektroderandene, og samtidig med denne Vandring bliver Buelængden i tilsvarende Grad større. Denne Vandring af Buen bidrager i høj Grad til dens Afkøling og derigennem til en hurtig Afionisering af denne. Paa Forholdene ved Tændingen har Magnetfeltet ingen eller kun en ringe Indflydelse, idet dets Virkning jo først begynder at gøre sig gældende, naar Buen er bleven strømførende. I Løbet af den Tid, Buen brænder, faar denne imidlertid en voksende Hastighed, og naar Strømmen henimod Periodens Slutning begynder at aftage stærkt, saa vil Buespændingen stige stærkt, dels paa Grund af at Strømmen bliver mindre, men dog navnlig fordi Buen nu bevæger sig med stor Hastighed og derved kommer hen paa Steder, hvor Temperaturen er forholdsvis lav, og hvor Ionisationen i Forvejen kun er ringe. Denne Spændingsforhøjelse vil derfor ogsaa være desto større, jo stærkere Magnetfeltet er.

Er Magnetfeltet ganske svagt, vil den udviklede Slukkespænding ikke være tilstrækkelig til at opretholde Svingningerne, vi faar da kun intermitterende hændende Svingninger svarende til de af Magnetfeltet forårsagede Afbrydelser i Buestrømmen. Med noget stærkere Felt kan Slukkespændingen være tilstrækkelig til at opretholde Svingningerne uden dog at være stærk nok til at forårsage en fuldstændig Af-

¹⁾ En udførlig Redegørelse for Magnetfeltets Betydning for Bue-Generatorens Virkemaade findes i sidste Del af denne Afhandling.

brydelse af Buestrømmen. Vi faar da det i Fig. 7 behandlede Tilfælde, der tillige er antydnet skematisk i Fig. 8 a. Ved noget stærkere Felt slukkes Buen en Gang hver Periode, saaledes som fremstillet i Fig. 6 og som skitseret i Fig. 8 b. I det Øjeblik, Strømmen brydes, falder, som omtalt, Buespændingen, for derefter at vokse lineært — paa samme Maade som Kondensatorspændingen — indtil Tændspændingen er naaet, hvorefter Buen igen tændes og Buespændingen falder. Er Afstanden mellem Elektroderne kun ringe, vil Tændspændingen kun være lidt højere end Slukkespændingen. Ganske vist foregaar der en ret stærk Afionisering i den Tid, Buen er slukket, et Forhold, der i og for sig bi-

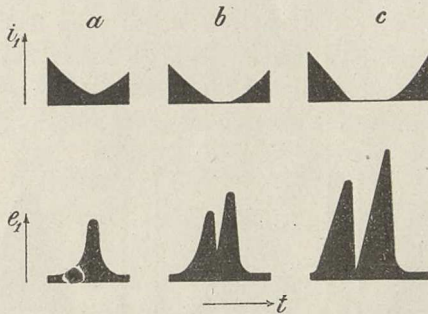


Fig. 8. Skematisk Fremstilling af Buestrøm og Buespænding ved Buens Slukning.

- Magnetfeltet er for svagt til at give Strømafbrydning, men dog stærkt nok til at opretholde Svingningerne;
- Magnetfeltet er lige netop saa kraftigt, at Buen slukkes;
- Magnetfeltet er endnu kraftigere, saa Slukningstiden er længere end i b.

drager til at forøge Tændspændingen; men Virkningen heraf opvejes for en Del deraf, at Buen, der tænder sig mellem Elektroderandene, ved Tændingen har en betydelig mindre Længde end ved Slukningen. Ved endnu kraftigere Magnetfelt sker Slukningen hurtigere, og det samtidige Spændingsfald bliver tilsvarende større, saaledes som antydnet i Fig. 8 c. Der hængaar nu noget længere Tid, inden den til Gentænding nødvendige Spænding naas, og paa Grund af den i Mellemtiden stedfindende Afionisering bliver den nødvendige Tændspænding tillige højere. Jo stærkere Feltet bliver, desto mere udpræget bliver dette Forhold, altsaa desto større bliver Forskellen mellem Tænd- og Slukkespænding. Vi skal i en senere Afhandling vise, at Buen arbejder bedst med et Felt, der lige akkurat er tilstræk-

keligt til at fremkalde Buens Slukning, altsaa under Forhold, hvor Slukke- og Tændspænding næsten har samme Størrelse.

Vi er her gaaet ud fra, at Elektrodeafstanden er kort, i Nærheden af den kritiske. Trækkes Elektroderne længere fra hinanden, bliver Forholdene noget anderledes. Forskellen i Buelængde ved Slukning og ved Tænding faar da mindre Betydning. Tændspændingen bliver følgelig relativt højere. Denne højere Tændspænding bevirker en hurtigere Stigning af Buestrømmen umiddelbart efter Tændingen (k bliver større), hvad atter bevirker, at Buestrømmen af sig selv falder ned til Nul ved Periodens Slutning, og falder forholdsvis brat. Buen udvikler derfor ogsaa kun en forholdsvis ringe Slukkespænding, og Buespændingen falder ved Slukningen ned paa negative Værdier. Der hængaar derfor ret lang Tid, inden Tændspændingen naas, og selve denne Spænding bliver højere paa Grund af den forholdsvis lange Tid, i hvilken Afionisationen foregaar. Jo større Afstanden mellem Elektroderne gøres, desto mere udpræget

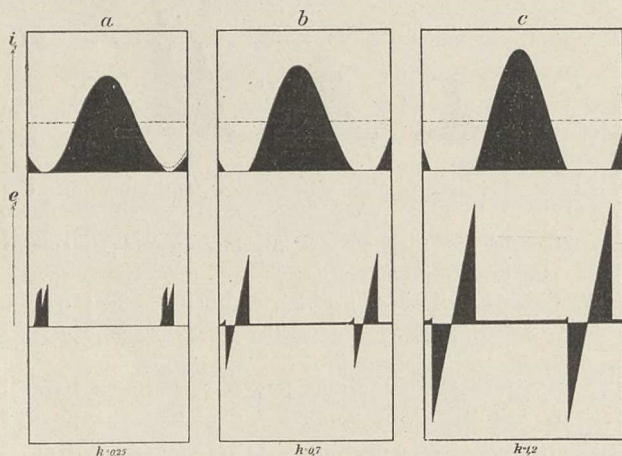


Fig. 9. Skematisk Fremstilling af Buestrøm og Buespænding.

- a. med normal (lille) Elektrodeafstand;
- b. med noget for stor Elektrodeafstand;
- c. med meget for stor Elektrodeafstand.

bliver dette Forhold. I Fig. 9 er givet en skitsemæssig Fremstilling af Buestrøm og Spænding for tre forskellige Elektrodeafstande. *a* svarer til normal Elektrodeafstand. Slukke- og Tændspænding er omtrent lige store. I *b* er Elektrodeafstanden for stor; der opstaar her under Slukningen en betydelig negativ Spænding, og Tændspæn-

dingen er højere end i a , Slukkespændingen mindre. I c er Elektrodeafstanden endnu større, hvad der resulterer i en større, negativ Spænding ved Slukningen og en meget høj Tændspænding.

Vi skal senere se, at Buen arbejder bedst og fordelagtigst under de til a svarende Forhold.

D. Eksperimentel Prøve af den opstillede Teori.

1. Undersøgelse af Buespændingens Forløb. De foregaaende Overvejelser er af mer eller mindre hypotetisk Art, og deres Rigtighed maa først paavises. En saadan Paavisning foregaar bedst paa den Maade, at man konstaterer, at Buespændingen ved Variation af Magnetfelt og Elektrodeafstand netop opfører sig paa den i Fig. 8 og 9 skitserede Maade. En saadan Paavisning frembyder imidlertid betydelige Vanskeligheder. Undersøgelsen bør foretages, medens Buen arbejder som Højfrekvens-Generator, og den bør helst give Forløbet af Spændingen indenfor enkelte Perioder og ikke Middelværdier for en Række paa hinanden følgende. Naar disse Fordringer skal opfyldes, kan der vistnok kun være Tale om at benytte Gehrckes Kathodelys Oscillograf¹⁾. Denne Metode opfylder de stillede Fordringer, men den har den Mangel, at Lysintensiteten er saa ringe, at det med de store Registreringshastigheder, der her nødvendigvis maa anvendes, er meget vanskeligt at opnaa tilstrækkelig kraftige Fotografier. Det er derfor nødvendigt at anvende meget følsomme Plader, og selv med disse bliver de optagne Spændingsoscillogrammer kun svage. En anden Vanskelighed ved Anvendelsen af Gehrckes Katodelysrør er den, at selv de maksimale Spændinger paa Buen, der normalt fremkommer ved de her benyt-

¹⁾ E. Gehrcke: Verh. D. Phys. Ges. Bd. 6, p. 176—178. 1904; Zeitschr. f. Instrumentkunde. Bd. 25, p. 33—37, 278—280. 1905. En nærmere Beskrivelse findes ogsaa i Zenneck: Lehrbuch d. drahtlosen Telegraphie, p. 5—6. (Stuttgart 1916). Gehrckes Rør er fyldt med Kvælstof ved lavt Tryk. Elektroderne dannes af to Metalbaand, der er anbragte i hinandens Forlængelse. Sendes en Strøm gennem Røret, vil Længden af den Del af Katoden, der dækkes af Katodelyset, være proportional med Strømmens Styrke. Indskydes derfor en stor Modstand mellem Spændingskilden og Røret, saa vil Længden af den Lyslinie, der ses, naar man betragter Elektroderne fra Kanten, være proportional med Spændingen. Røret har ingen (hidtil) paaviselig Træghed.

tede Opstillinger, er for lave til at faa Røret til at lyse. Denne Vanskelighed kan man dog komme over ved at »polarisere« Røret med en tilstrækkelig høj konstant Spænding. Opstillingen er vist i Fig. 10, hvor G betegner Gehrkes Rør, FP den fotografiske Plade, HS det hurtig roterende Spejl. I Serie med Røret og Buen er indskudt et Batteri paa 500 Volt, og for at hindre, at der kommer nogen videre Jævnstrøm gennem Røret — hvorved dette bliver »trægt« — er der i Serie dermed indskudt en meget stor Glødelampemodstand LB_1 og en mindre Modstand LB_2 . Rørets Tændspænding ligger om-

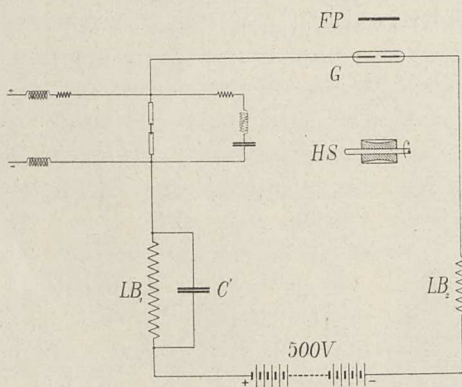


Fig. 10. Diagram af Gehrkes Katodelysoscillograf. G Gehrkes Rør; HS hurtig roterende Spejl; FP fotografisk Plade.

kring 6 à 700 Volt, og da Buens Brændespænding i Almindelighed ligger i Nærheden af 50 Volt eller endog betydelig lavere, vil Røret kun lyse i de Tidsrum, hvor Buespændingen er en Del højere end Brændespændingen. For paa den anden Side at faa de »Lysglimt«, der kommer, saa udprægede som muligt, var den store Modstand LB_1 shuntet med en Kondensator C' , hvis Kapacitet var 25000 cm. En Overslagsregning viser, at Kondensatoren C' overfor de hurtige Spændingsstød, det her drejer sig om, praktisk talt virker som en Kortslutning af Modstanden LB_1 .

Fig. 11 og 12 viser Reproduktioner af nogle af de optagne Oscillogrammer af Buespændingen. Fig. 11 a og 12 a svarer til normale Forhold, er altsaa optagne med et Magnetfelt, der er tilstrækkelig stærkt til at slukke Buen for hver Periode, men heller ikke meget stærkere, og med en kort Elektrodeafstand i Nærheden af den kritiske.

Paa Oscillogrammerne ses kun Slukke- og Tændspænding. Brændespændingen har ikke været tilstrækkelig stærk til at faa Røret til at lyse. Baade i Fig. 11 a og 12 a er Tændspændingen kun ganske lidt højere end Slukkespændingen, og man har et udpræget Spændingsfald mellem begge; Buen har været slukket en ganske kort Tid.

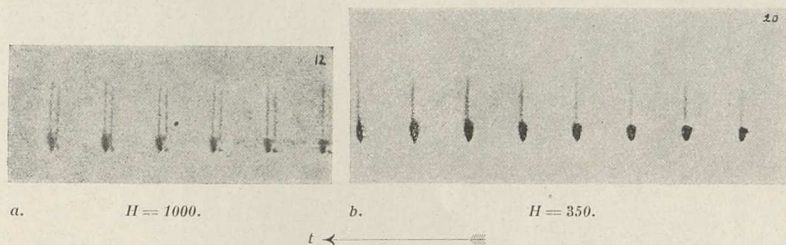


Fig. 11. Oscillogrammer af Buespændingen. ($\lambda = 8700$ m.; $I_0 = 20$ Amp.; $R = 4$ Ohm; $q = 285$ Ohm.)
 a. Normalt Magnetfelt;
 b. for svagt Magnetfelt.

Formindskes Magnetfeltet passende, kan man faa det i Fig. 11 b viste Resultat. Her er der kun en enkelt Spændingstop; Buen slukkes ikke fuldstændig. Vi gaar derefter over til at betragte Virkningen af en Forøgelse af Elektrodeafstanden d , der i Fig. 12 a har den normale Værdi 1 mm. I Fig. 12 b er d forøget til 1,5 mm. Resultatet er, at Tændspændingen her er en Del højere end Slukkespændingen, medens større negative Spændinger dog endnu ikke viser sig. Forøges d til 4 mm, faas det i Fig. 12 c viste Spændingsforløb. Her er Slukkespændingen bleven lavere og samtidig optræder kraftige negative Spændinger i Slukningsøjeblikket. Endelig er Tændspændingen blevet meget højere. En Sammenligning af de paa Grund af den her fremsatte Opfattelse af Buens Virkemaade skitserede Figurer 8 og 9 med Oscillogrammerne i Fig. 11 og 12 viser den mest fuldkomne Overensstemmelse og danner saaledes et Bevis for den her fremsatte Anskuelses Rigtighed.

Det fremgaar tillige af denne Undersøgelse, at S.-B.-Teorien i Hovedsagen stemmer overens med Forholdene, naar Elektrodeafstanden er stor. Grunden til, at man i Praksis ikke bruger denne store Elektrodeafstand, men derimod den mindst mulige, er følgende: 1) Jo større Buelængden er, desto større er Brændespændingen, og desto

mindre er Generatorens Nyttegrad. 2) De høje Tændspændinger er ubehagelige at arbejde med. 3) Paa Grund af den forholdsvis lange Tid, Buen er slukket, bliver Afionisationen meget kraftig, og smaa Tilfældigheder kan derfor faa stor Indflydelse paa Tændspændingens

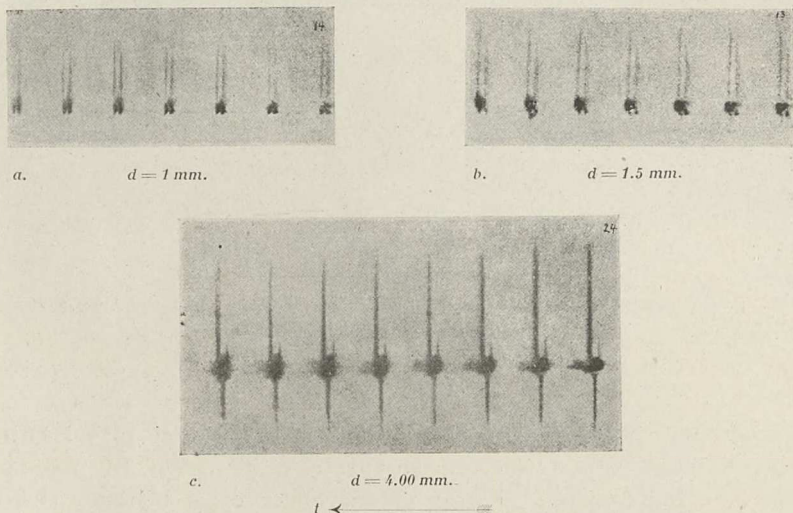


Fig. 12. Oscillogrammer af Buespændingen. ($\lambda = 8700$ m.; $I_0 = 20$ Amp.; $R = 2$ Ohm; $q = 285$ Ohm; $H = 1000$ Gauss).

- a. Normal Elektrodeafstand ($d = 1$ mm);
- b. for stor Elektrodeafstand ($d = 1.5$ mm);
- c. meget for stor Elektrodeafstand ($d = 4.0$ mm).

Størrelse. En Variation i Tændspændingen bevirker imidlertid ogsaa en Forandring af Perioden. De frembragte Svingningers Frekvens er derfor ved stor Elektrodeafstand tilbøjelig til at variere. 4) En tilfældig Forandring i Forholdene faar let Buen til at gaa ud.

Den her fremsatte Anskuelse — nemlig, at Slukke- og Tændspænding er omtrent lige store i den normale Poulsen-Bue, og at det er den første, der især er afgørende for Buens Virkemaade — er yderligere blevet bekræftet gennem en Række Undersøgelser over det magnetiske Felts Indflydelse. Resultatet af disse Undersøgelser meddeles i en følgende Afhandling.

København, Oktober 1918.

Magnetfeltet i Poulsen-Buens.

Om Poulsen-Buens Teori. II.

A. Magnetfeltets Indflydelse paa Poulsen-Buens Virkemaade.

1. Buefotografier. For at komme til Klarhed angaaende Magnetfeltets Indflydelse er der anstillet en Række Forsøg og navnlig ogsaa optaget en Mængde Fotografier af Buer og disses Kratere

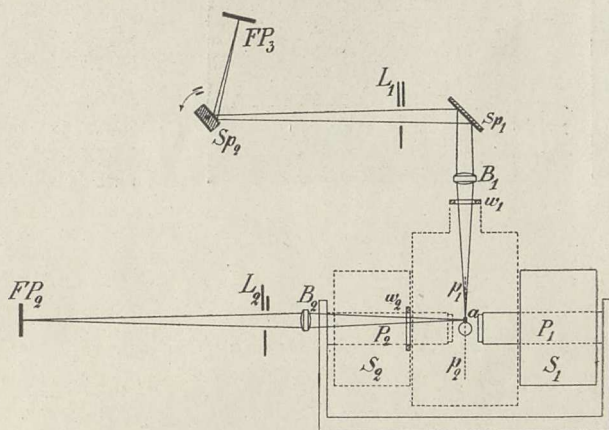


Fig. 1. Skematisk Fremstilling af Arrangement for Optagelse af Profilbilleder (FP_2) og Krateroskillogrammer (FP_3).

ved Hjælp af den i Fig. 1 skitserede Opstilling¹). Det ene Polstykke P_2 og den tilsvarende Traadrulle S_2 er her borttaget, og det frem-

¹) Med Hensyn til de øvrige Forsøgsbetingelser og Opstillinger samt Betegnelser henvises til første Del af denne Artikel. Citeres i det følgende som PB I.

komme Hul i Kammerets Side lukket med Glimmervinduet w_2 . Gennem dette kan man ved Hjælp af Linsen B_2 og den fotografiske Plade FP_2 optage et »Profilbillede« af Buen. Kammerets Laag er lukket med Glimmervinduet w_1 . Gennem dette kan man ved Hjælp af Linsen B_1 , Metalspejlet Sp_1 , det hurtig roterende Metalspejl Sp_2 og den fotografiske Plade FP_3 optage Billeder af den variable Bue-Kratertilstand med Tiden som Abscisse. Vi vil i det følgende kalde saadanne Billeder »Kraterscillogrammer«. Lukkerne L_1 og L_2 giver en Expositionstid paa ca. 0.01 Sekund.

2. N o r m a l e B u e r. Ved normale Buer forstaar vi saadanne,

1) hvor Magnetfeltet netop er tilstrækkelig stærkt til at slukke Buen,

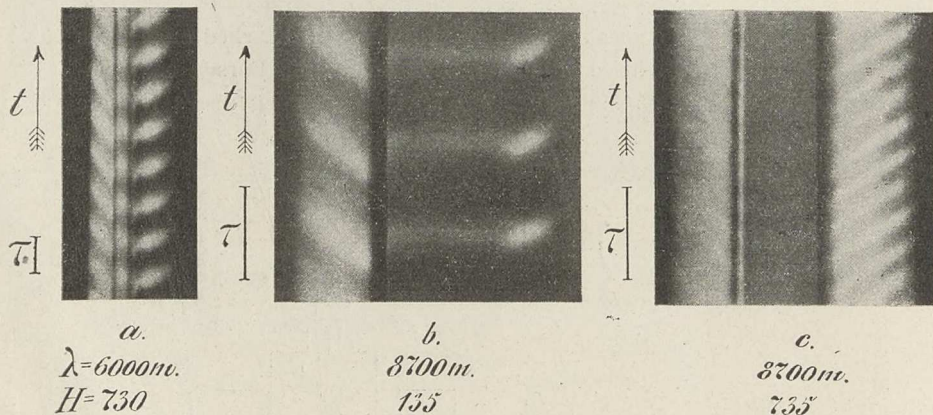


Fig. 2. Kraterscillogrammer. (Katoden til venstre). $\varrho = 200$ Ohm.

- | | |
|--|--|
| <p>a. Gas. ($R = 1$ Ohm; $I_0 = 17$ Amp.; $V_0 = 72$ Volt.)</p> <p>b. Brint. ($R = 1$ Ohm; $I_0 = 20$ Amp.; $V_0 = 135$ Volt.)</p> <p>c. Gas. ($R = 2$ Ohm; $I_0 = 20$ Amp.; $V_0 = 112$ Volt.)</p> | <p>} Normale Krater-</p> <p>} oscillogrammer.</p> <p>(Fig. 4 I).</p> <p>For stærkt Magnet-</p> <p>felt. (Fig. 4 II).</p> |
|--|--|

eller i hvert Fald ikke meget stærkere, end hvad dertil kræves;
 2) hvor Elektrodeafstanden har en Værdi, der ikke er meget større end den mindste Værdi, ved hvilken Buen arbejder regelmæssigt. Under saadanne Forhold faas Kraterscillogrammer af det i Fig. 2 a og b samt Fig. 3 b', viste Udseende, medens Profilbilledet viser een

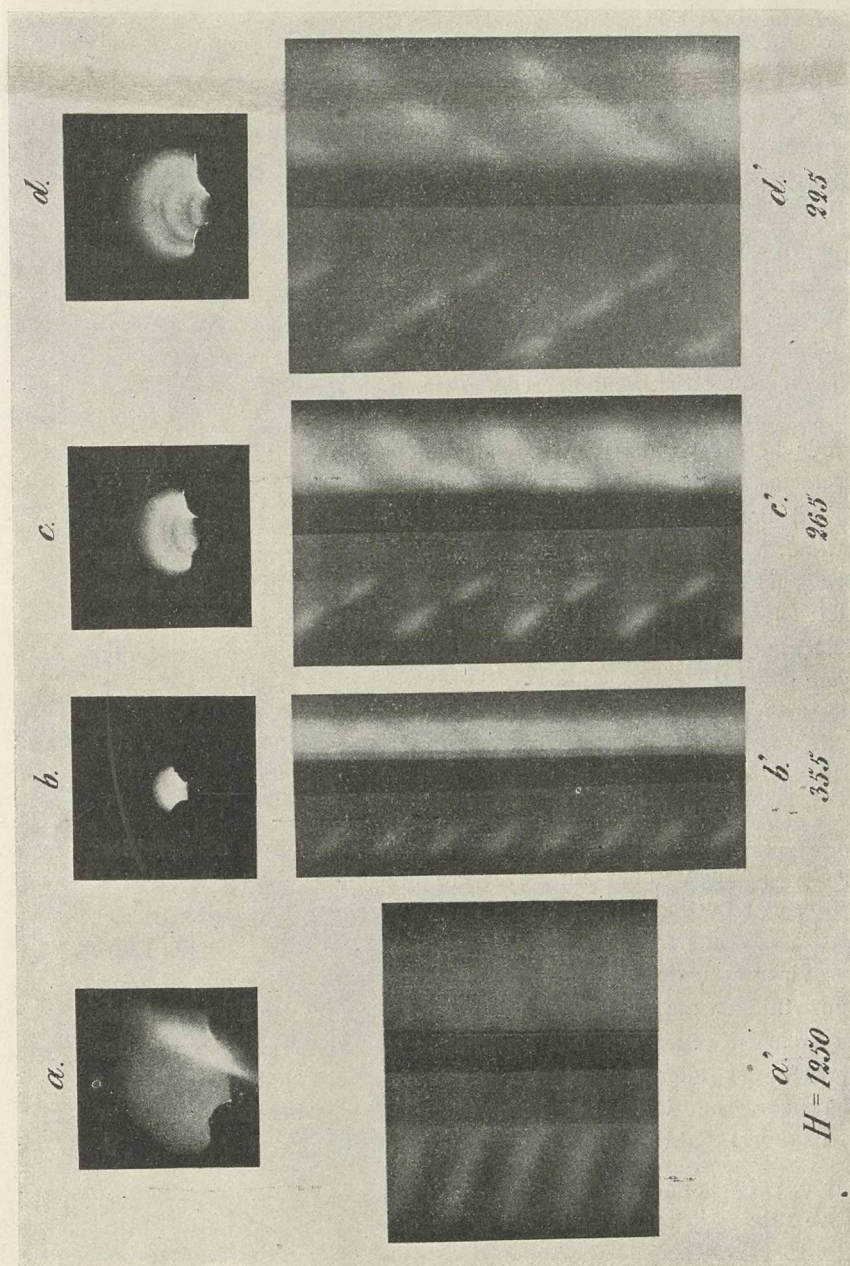


Fig. 3. Sammenhørende Profilbuer og Krateroscillogrammer. (Katode til højre). ($\lambda = 9000 \text{ m.}$; $R = 0$; $\rho = 200 \text{ Ohm}$;
 $I_0 = 20 \text{ Amp.}$).

a.	Magnetet for stærkt.	($V_0 = 120 \text{ Volt}$).	c.	Magnetet for svagt.	($V_0 = 100 \text{ Volt}$).
b.	Normalt.	($V_0 = 60 \text{ —}$).	d.	Magnetet for svagt.	($V_0 = 118 \text{ —}$).

enkelt, forholdsvis lille Bue, saaledes som det fremgaar af Fig. 3 b¹⁾. De nævnte 3 Krateroscillogrammer viser, at den normale Bue een Gang i hver Periode tænder ved Elektroderandene og af Magnetfeltet drives bort fra disse. Ved Periodens Slutning slukker Buen i den ydre Stilling for derefter næste Gang igen at tænde ved Elektroderandene.

Til Hjælp ved en nærmere Betragtning af Krateroscillogrammerne vil vi søge at bestemme den teoretiske Form af Kraterbilledet indenfor en Periode. Vi kan dog ikke vente nogen stor Overensstemmelse mellem det teoretiske Resultat og Virkeligheden; dels vil Katoden altid fortæres mer eller mindre, hvorved dens Overflade taber sin geometrisk veldefinerede Form, men navnlig er vort Kendskab til Bevægelsen af en Bue i et magnetisk Felt ret mangelfuldt. Tiltrods herfor vil dog den nævnte Undersøgelse ikke være ganske interesseløs.

Ved Beregning af den Hastighed, hvormed Magnetfeltet driver Buen ud, vil vi gaa ud fra følgende Forudsætninger: 1) Strømtætheden σ i den egentlige Buekerne er den samme over hele Tværnittet; 2) Buetværsnittet, hvis Areal er A , beholder sin Form uforandret under Vandringen; 3) dennes Størrelse x bestemmes ved Ligningen:

$$Ap \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{1}{10} A\sigma H, \quad (1)$$

hvor p er Buens Vægtfylde.

Det er sikkert, at disse Forudsætninger kun delvis er opfyldte; saaledes vil Buen under sin Bevægelse ikke alene, helt eller delvis, medføre den Luftmasse, der findes i selve Kernen, men ogsaa en Del af den omgivende Luft. Paa den anden Side vil den opstaaende Luftstrøm virke accelererende paa en efterfølgende Bue. Endelig er selve Forudsætningen om, at Buen i hvert Fald medfører den overvejende Del af den i Kernen værende Luftmasse, ret hypotetisk, selv om der er meget, der taler for, at den gjorte Antagelse i Hovedsagen er rigtig, naar, som i det her betragtede Tilfælde, Strømtætheden er stor. I hvert Fald danner Ligning (1) det simplest tænkelige Ud-

¹⁾ Ved Kopieringen af alle Krateroscillogrammer er Billedet af det negative Krater — hvis Lysintensitet er meget større end det positive Kraters — eksponeret noget længere end Billedet af det positive Krater.

gangspunkt for vore Betragtninger, og da det øjeblikkelige Maal kun er at faa en i Hovedtrækkene rigtig Forestilling om Buens Bevægelse, vil vi ikke uddybe dette Emne nærmere, men simpelthen lægge Ligning (1) til Grund for vore Betragtninger.

Vi vil yderligere simplificere Regningerne ved at forudsætte, at Buestrømmen er konstant over en Del af Perioden, Nul i Resten af denne. Den omtalte Del, i hvilken Strømmen forudsættes konstant, sættes skønsmæssig til $\sqrt{\frac{1}{2}}$ Perioden.

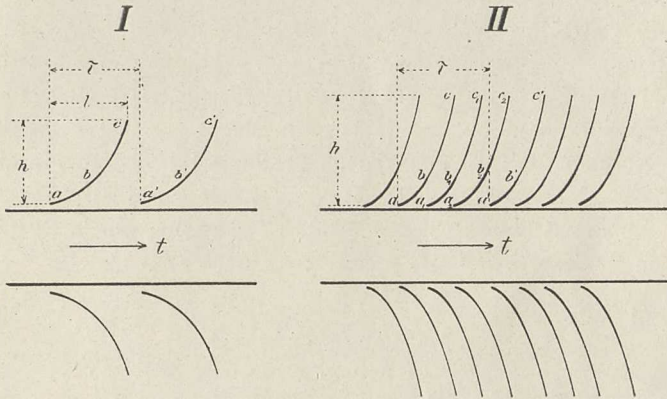


Fig. 4. Skitsemæssig Fremstilling af Krateroscillogrammernes teoretiske Form. τ betegner Perioden.

- I. Normale Krateroscillogrammer.
- II. Krateroscillogrammer i for stærkt Magnetfelt (med 3 Gentændinger pr. Periode).

Ved Integration af Ligning (1) under Forudsætning af, at Vandringen x maales ud fra Buens Tændingspunkt a (se Fig. 4 I), og at Buens Hastighed i dette Punkt er Nul, samt at Tiden regnes fra Tændingsøjeblikket, faas

$$x = \frac{I_0 H}{20 A p} \cdot t^2 \text{ og } \frac{dx}{dt} = v = \frac{I_0 H}{10 A p} \cdot t = \frac{\sigma H}{10 p} \cdot t, \quad (2)$$

hvor v er Buens Hastighed.

Kraterbilledets Form bliver herefter en Parabel med Toppunktet i Tændingspunktet og Aksen vinkelret paa Tidsaksen. Krateret ender i Afstanden h fra Tændingspunktet bestemt ved

$$h = \frac{I_0 H}{20Ap} \cdot l^2 = \frac{I_0 H}{20Ap} \cdot \frac{1}{2} l^2 = \frac{I_0 H \lambda^2}{36 \cdot 10^{17} Ap} = \frac{\sigma H \lambda^2}{36 \cdot 10^{17} p}. \quad (3)$$

Vi vil gaa over til at se, hvorledes de efter (3) beregnede Værdier af h stemmer med de virkelige forekommende. For at kunne anvende Ligning (3) maa man kende Værdierne af σ og p . σ har vi søgt at bestemme ved paa Matskiven at maale Tværsnittet af den violette Buekerne. Bestemmelsen er ret usikker, men gav tilsyneladende samme Værdier for Belysningsgas og Brint, de eneste Luftarter, der anvendtes i Buekammeret under disse Forsøg; den sandsynligste Værdi kan maaske sættes til $\sigma = 2000$ Amp. pr. cm^2 . For at bestemme p , »Buens Vægtfylde«, maa man kende Temperaturen i Buen. Denne er, baade i Brint og Gas, forholdsvis lav; men nogen Temperaturbestemmelse har vi ikke foretaget; vi har skønsmæssig sat Vægtfylden til $\frac{1}{4}$ af den ved 0° , svarende til en Temperatur paa ca. 1100° . I Tændingsøjeblikket er Temperaturen sikkert lavere, senere rimeligvis højere. Sættes Erintens Vægtfylde ved 0° til $0,00009 \text{ g/cm}^3$ og Gassens til $0,00045 \text{ g/cm}^3$, giver derfor Formel (3)

for Brint

$$h = \frac{2H\lambda^2}{81 \cdot 10^9}, \quad (4)$$

og for Gas

$$h = \frac{2H\lambda^2}{405 \cdot 10^9}. \quad (5)$$

I nedenstaaende Tabel er sammenligningsvis opført de beregnede og de maalte Værdier af h i fire Tilfælde:

h beregnet mm	h maalt mm	Bemærkninger:
0.66	0.37	Maalt paa Anoden
0.38	0.45	Maalt paa Katoden
1.3	0.9	Maalt paa Katoden
1.3	1.2	Maalt paa Anoden
2.7	2.0	Maalt paa Katoden

De maalte Værdier for h er gennemgaaende noget lavere end de beregnede; hermed stemmer det godt overens, at selve Buens

Vandring er større end Kraternes, som det vil fremgaa af en Betragtning af de viste Profilbilleder. (Se særlig Fig. 3 d og Fig. 5 a og b). Den opstillede, rent foreløbige og kalkulatoriske Teori har saaledes i Hovedsagen bekræftet sig.

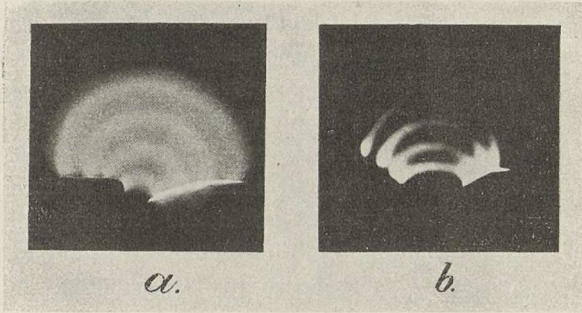


Fig. 5. Profilbuer med 4 Buer.

a. i Gas. b. i Brint.

Af det foregaaende følger, at Buens og Kraternes Hastighed er mindst straks efter Tændingen; man maa derfor ogsaa vente, at det negative Kraters Temperatur er højest i Nærheden af Tændingspunktet. At dette virkelig forholder sig saaledes, fremgaar meget tydelig af Fig. 2 b. Denne forholdsvis høje Temperatur i Nærheden af Elektroderanden letter selvfølgelig Gentændingen af Buen paa dette Sted.

Vi har hermed i Hovedsagen klarlagt Magnetfeltets Indflydelse under normale Forhold og paavist, at denne er i Overensstemmelse med den i en tidligere Artikel givne skitsemæssige Fremstilling af Poulsen-Buens Virkemaade¹⁾. Vi skal derefter gaa over til at betragte de unormale Forhold — med forholdsvis for stærkt og for svagt Felt, — der frembyder en Del Ejendommeligheder af betydelig Interesse.

3. For stærkt Magnetfelt. Et Oscillogram optaget med for stærkt Felt er vist i Fig. 2 c. Den af Krateret beskrevne Kurve bestaar her som Regel ikke af et enkelt Kurvestykke for hver Periode, men af flere indbyrdes parallelle, parabellignende Kurvestyk-

¹⁾ PB I.

ker, i Fig. 2 c af 3 for hver Periode. Da det er vanskeligt at følge Kraterkurvens Forløb paa Fotografierne — og endnu vanskeligere paa Reproduktionen — har vi i Fig. 4 II tegnet en skematisk Figur til at anskueliggøre Forholdene. Förklaringen kan i Hovedsagen tænkes givet paa een af to Maader, nemlig enten gaaende ud fra, at de forskellige Kurvestykker indenfor samme Periode gennemløbes efter hinanden, eller at de opstaar samtidig. I første Tilfælde forudsætter vi, at Buen tændes ved a , hvor Hastigheden straks er lille, for derefter paa Grund af det stærke Felt at vokse hurtig. Det negative Kraters Temperatur er, som omtalt ovenfor, forholdsvis høj ved a , men aftager ret hurtig, efterhaanden som Krateret bevæger sig udad. Resultatet af den hurtig faldende Kratertemperatur, der ledsages af en hurtig aftagende Ionisation, er en hurtig voksende Buespænding, der atter bevirker den nye Buetænding ved a_1 , hvor Temperaturen endnu er forholdsvis høj. Den nydannede Bue tiltager paa den gamles Bekostning, og denne slukkes helt ved c , for eventuelt atter senere at blive erstattet af en ny, ved a_2 tændt Bue. Mod Slutningen af Perioden, hvor Strømstyrken kun er ringe, aftager Kratertemperaturen, og Buespændingen vokser, hvorefter der foregaar en ny Tænding ved a' . Slukke- og Tændspænding har Værdier i Nærheden af de normale, saaledes som det fremgaar af de optagne Spændingsoscillogrammer, hvis Udseende er ganske normalt selv for en Feltstyrke, der er betydelig over det normale. De mellemliggende »Takker« paa Buespændingskurven, svarende til Gentændingen ved a_1 og a_2 og Slukningen ved c_1 og c_2 (Fig. 4 II), er saaledes, hvis de findes, ikke store nok til at vise sig ved den benyttede Optagelsesmetode af Spændingsoscillogrammerne. Dette Forhold kan tyde paa, at den sidste af de ovenfor anførte Forklaringsmuligheder er den rigtige. I saa Fald maa man forestille sig, at de forskellige Grene skyldes hver sin Bue, og at disse Buer starter samtidig fra Punkterne a , a_1 og a_2 og af Magnetfeltet drives udad paa samme Maade for atter ved næste Periodes Begyndelse alle igen at tændes ved Elektroderanden. Det har endnu ikke været muligt med Sikkerhed at afgøre, hvilken af de to Opfattelser, der er den rigtige. I nogle Tilfælde har man dog ogsaa kun een Bue selv ved forholdsvis meget kraftigt Felt. Fig. 3 a' viser et Eksempel herpaa. Kraterkurvens Længde er selvfølgelig ogsaa i dette Tilfælde større end ved svagere Felter. Det vides endnu ikke hvilke Forhold, der er afgørende for,

om der indenfor en Periode optræder en enkelt eller flere parallelle Kraterkurver. En fuldstændig Udredning af disse Forhold vil derfor kræve yderligere Undersøgelse, men der er næppe Tvivl om, at een af de givne Forklaringer i Hovedsagen er rigtig. Krateroscillogrammerne viser i hvert Fald med Sikkerhed, at der i for stærke Felter kan findes 2 eller flere helt eller delvis samtidige Buer. Det er indlysende, at det for stærke Felt medfører en Forhøjelse af Fødespændingen V_0 , saaledes som det senere vil blive omtalt, og derfor en Formindskelse af Nyttegraden. Det for stærke Felt er derfor uheldigt, baade hvad Økonomi og Regelmæssighed angaar.

4. For svagt Magnetfelt. Det for svage Magnetfelt giver Anledning til et helt andet Forløb af Buefænomenet. Grunden hertil maa søges i to Forhold, der følger af eller med det svage Felt, nemlig for det første den Omstændighed, at Buen ikke slukkes fuldstændig, for det andet den ringe Vandring Bue og Krater udfører i Løbet af en Periode. Det samlede Resultat heraf bliver

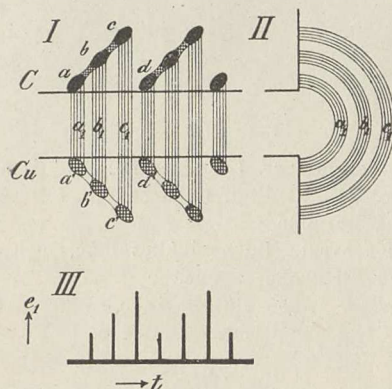


Fig. 6. Skematisk Fremstilling af Forholdene i for svagt Magnetfelt.
I. Krateroscillogram. II. Profilbillede. III. Spændingsoscillogram.

en udpræget Tendens til, at Buen »tændes« igen, eller rettere sagt fortsætter, paa de Steder, hvortil Kraterne i Periodens Løb er vandret ud. Er Feltet meget for svagt, gentages dette flere Gange, nemlig indtil Buen har naaet en saadan Længde, at Gentændingen lettere finder Sted mellem Elektroderandene, hvorefter det samme Spil gentager sig. Disse Forhold er skematisk antydnet i Fig. 6, hvor

det er forudsat, at Buen hver 3die Gang tændes ved Kratterranden. Denne Tænding kræver en betydelig Spænding, medens den paa følgende Slukke- og Tændspænding bliver forholdsvis lille, den næste atter lidt større, saaledes som antydnet i Figuren. At Buespændingen virkelig faar et saadant Forløb, fremgaar klart af Fig. 7, der fremstiller Oscillogrammer af Buespændingen optagne paa den

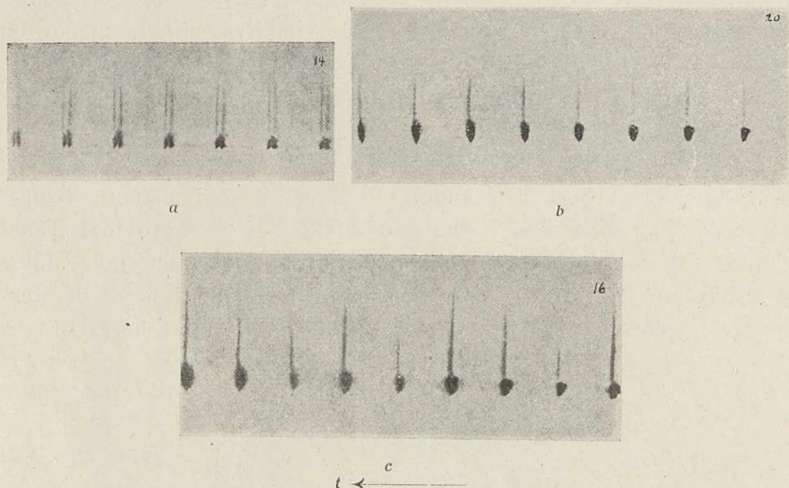


Fig. 7. Spændingsoscillogrammer. ($\lambda = 8700$ m.; $R = 4$ Ohm; $I_0 = 20$ Amp.)

- Magnetfelt tilstrækkelig kraftigt. Buen slukker i hver Periode. Slukke- og Tændspænding normale.
- Magnetfelt lidt for svagt. Buen slukkes ikke, men gentænder sig dog hver Periode ved Elektroderandene.
- Magnetfelt for svagt. Buen slukkes ikke og gentænder sig kun hver 2den eller 3die Gang ved Elektroderandene.

i PB. I. omtalte Maade. I Fig. 7a er Magnetfeltet rigelig stærkt, Buen slukker hver Gang. I Fig. 7b er Feltet saa svagt, at Buen ikke slukker fuldstændig, men Strømmen begynder dog igen i hver Periode at vokse op ved Elektroderandene. I Fig. 7c er Feltet derimod saa svagt, at den i Fig. 6 skitserede Gentænding inde paa Elektroderens krumme Overflade finder Sted. Buen har her tændt sig skiftevis hver 2den eller 3die Gang ved Randen.

Profilbillederne viser et til »Skridtenes« Antal svarende Antal Buer udenom hverandre, altsaa desto flere Buer, jo mere Feltet lig-

ger under det normale. Eksempler paa saadanne Profilbilleder med 2, 3 og 4 Buer er vist i henholdsvis Fig. 3 c, d og Fig. 5. Af disse Buer eksisterer i hvert enkelt Øjeblik kun een enkelt.

At Forløbet virkelig er det her beskrevne, fremgaar med fuldstændig Sikkerhed af Fig. 3 c' og d'. I Fig. 3 c' tændes Buen hveranden Gang ved Randen, hveranden Gang inde paa Elektroden, i d' tændes Buen kun hver tredje Gang ved Randen. De tilsvarende Profilbilleder, c og d, viser selvfølgelig 2, respektive 3 Buer.

Det er indlysende, at disse Forhold, naar Fødestrømmen holdes konstant, vil bevirke en Forøgelse af Buens Fødespænding, da Brændespændingen stiger med Buens Længde. Nyttegraden gaar folgelig ned, naar Feltet bliver for svagt. Samtidig gaar det ogsaa ud over Regelmæsigheden. Gør Buen f. Eks. regelmæssig 2 »Skridt«, faas to Perioder, der afviger lidt fra hinanden. Dette nedsætter Svingningernes Resonansevne og bevirker, at en optagen Resonanskurve bliver skæv eller i hvert Fald faar et uregelmæssigt og samtidig fladere Forløb. Endnu mere indviklede bliver Forholdene, hvis Antallet af »Skridt« varierer; man faar i saa Fald Resonanskurver med »flad Top«.

I meget svage Felter optræder et nyt Fænomen, som vi har søgt at anskueliggøre ved Fig. 8. Buen forskydes her kun et ganske

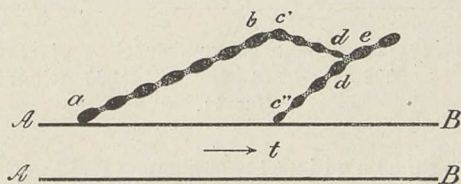


Fig. 8. Skematisk Fremstilling af Kraterbevægelsen i meget svage Magnetfelter.

lille Stykke udad for hver Periode og bliver ved dermed, indtil Buelængden er bleven saa stor og Buespændingen saa høj, at en fornyet Tænding sker ved Elektroderanden. Men da Afioniseringen i den ydre Bue er forholdsvis meget ringe, saa vedbliver denne at eksistere efter Tændingen af den nye, indre Bue, og begge fortsætter gennem en Række Perioder — den indre med voksende, den ydre med aftagende Styrke. Samtidig bevirker den elektrodynamiske Tiltrækning mellem de to samtidig eksisterende Buer, at den inderste

gaar hurtigere udad, end hvad der svarer til Magnetfeltets Intensitet, den ydre langsommere. Eventuelt har, som antydnet i Fig. 8, den gensidige Tiltrækning Overhaand, saaledes at den ydre Bue vandrer indad. Et saadant Tilfælde ses paa Fig. 9, der ganske svarer til Fig. 8. Forholdene kan blive endnu mere indviklede, idet der kan eksistere en hel Række Buer samtidig. Fænomenet skyldes de foran fremhævede Forhold i Forbindelse med, at Buespændingen i Virkeligheden ikke falder straks efter Tændingen, men i en endelig om end kort Tid bliver oppe paa den høje Tændspænding, ja maaske endog stiger yderligere. Det er en Selvfølge, at Buegeneratoren i saa svage Felter arbejder uregelmæssig.

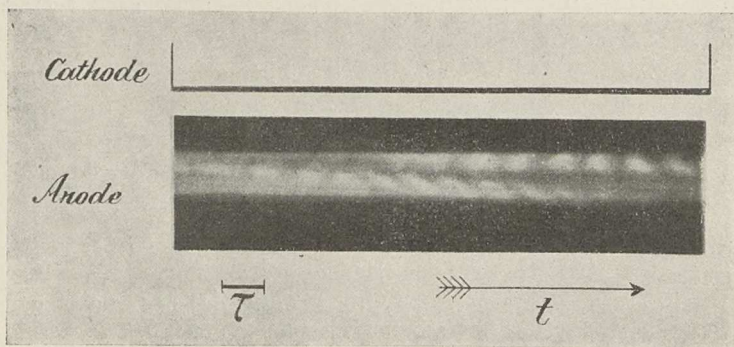
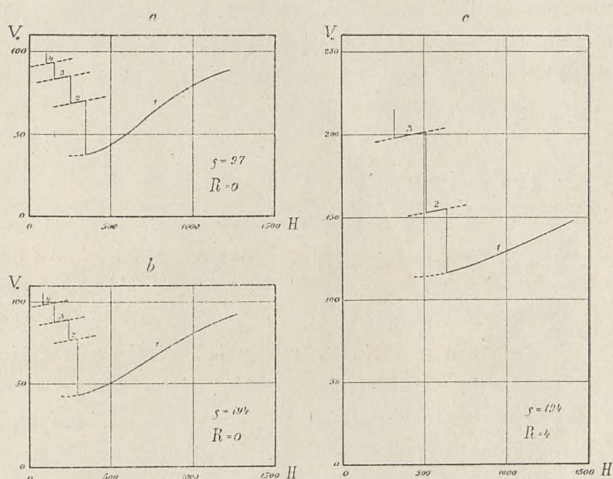


Fig. 9 Krateroscillogram af Anoden ved meget svagt Magnetfelt. (τ angiver Perioden; $\lambda = 6000$ m.; $R = 1$ Ohm.; $q = 200$ Ohm; $I_0 = 15$ Amp.; $H = 7$).

5. Det fordelagtigste Magnetfelt. Det foregaaende viser, at Buen bør brænde i det svageste Felt, H^0 , i hvilket den arbejder normalt med kun een Tænding pr. Periode og altid Tænding ved Elektroderandene, idet baade et stærkere og et svagere Felt giver højere Fødespændinger. H^0 er saaledes den fordelagtigste Feltstyrke, altsaa den, ved hvilken Buens Nyttegrad er højest. Som vi har set, arbejder Buen ogsaa kun fuldstændig regelmæssig, naar Feltintensiteten ligger i Nærheden af H^0 . For at vise Sammenhængen mellem V_0 og H har vi optaget en Række sammenhørende Værdier og afsat disse paa Fig. 10. Man ser, at V_0 aftager ret jævnt med H indtil et vist Punkt, nemlig det, hvor Buen ikke altid tændes ved Elektroderandene, hvor saa V_0 stiger ret pludselig. Den Del af Kurven, der

svarer til endnu mindre Værdier af H , er meget variabel, idet Antallet af »Skridt«, altsaa ogsaa det tilsyneladende Antal af »Profilbuer«, forandres for ganske smaa Tilfældigheder; men jo flere Profilbuer, desto højere Værdi af V_0 , og jo lavere H er, desto flere Profilbuer findes der. Nogen regelmæssig Kurve kan ikke tegnes, men de viste Kurver svarer i Hovedsagen til Maalingerne samtidig med, at de antyder det formentlige, teoretiske Forløb.



$$\gamma = 6000 \text{ m. } I_a = 20 \text{ Amp}$$

Fig. 10. Relation mellem Fødespændingen (V_0) og Magnetfeltets Intensitet (H). Tallene paa Kurverne angiver, Antallet af Buer i Profilbilledet.

Fig. 3 a—d giver et ret anskueligt I lilde af dette Forhold. Her svarer Krateroscillogrammet b' og Profilbilledet b omtrent til det fordelagtigste Felt, medens H i a, a' er for stort og i c, c' og d, d' for lille. Navnlig Profilbillederne giver et levende Indtryk af, hvor lille Buen er i den normale Bue, og hvor — i al Fald tilsyneladende — stor den er baade ved for stærkt og for svagt Felt.

Det foregaaende viser, at Buegeneratoren arbejder mest økonomisk og samtidig regelmæssigst ved den fordelagtigste Feltintensitet. Dette hindrer ikke, at man kan fjerne sig en Del fra den fordelagtigste Værdi, H^0 , baade opad til stærkere og nedad til svagere Feltstyrker, og Buen dog vedblive at arbejde tilsyneladende regelmæs-

sig; der er saaledes ikke noget i Vejen for, at Buen brænder regelmæssig og rolig med 2 å 3 Profilbuer, altsaa med et for svagt Felt. Det er dog, som foran fremhævet, klart, at man i dette Tilfælde ikke faar regelmæssige Svingninger, og ved Undersøgelser over Poulsen-Buens Frekvenskonstans maa man derfor selvfølgelig sørge for, at Forholdene er normale med den rigtige Værdi af Magnetfeltet. Naar K. Vollmer¹⁾ i sit store Arbejde over Buegeneratorens Frekvensvariationer om dette Punkt kun bemærker, at Undersøgelserne er foretagne »an einer Lampe mit Querfeld« (l. c. pag. 150), saa har hans Resultater derfor kun ringe Betydning for Praxis. Det samme gælder andre lignende Undersøgelser.

B. Yderligere Konsekvenser af den her fremsatte Teori.

1. Det fordelagtigste Magnetfelts Afhængighed af Bølgelængden. Den foregaaende Undersøgelse har i Hovedsagen klarlagt Magnetfeltets Indflydelse paa Buen, naar denne virker som Generator for kontinuerlige, højfrekvente Svingninger. Vi skal nu gaa over til at se, hvilke Slutninger man, under Benyttelsen af det erhvervede Kendskab til Magnetfeltets Virkemaade, kan drage af den fremsatte Teori med Hensyn til den heldigste Feltintensitets Afhængighed af Buekredsens Konstanter og Fødestrømmens Styrke. Vi vil først undersøge, hvorledes den fordelagtigste Værdi af Magnetfeltet, H^0 , afhænger af Bølgelængden, naar baade Fødestrømmens Styrke og alle Buekredsens andre Parametre holdes konstante.

I en foregaaende Afhandling (PB. I) fandt man, at den nødvendige gennemsnitlige Slukkespænding E' er proportional med Produktet af Fødestrømmen og Buekredsens Modstand, men iøvrigt uafhængig af Buekredsens Konstanter, altsaa

$$E' = a \cdot I_0 R, \quad (1)$$

hvor a er en Konstant.

Det ligger nu overmaade nær at antage, at den Hastighed, hvormed Buen bevæger sig i Slukningøjeblikket, er bestemmende for Slukkespændingen, idet denne vokser med Hastigheden. Men den Hastighed, Buen faar ved Slukningen, vil, som vi saa ovenfor,

¹⁾ K. Vollmer: Jahrb. d. draht. Tel. Bd. 3. p. 117—174, 213—249. 1910.

alt iøvrigt lige, være proportional med Perioden, altsaa ogsaa proportional med Bølgelængden λ ; herefter skal det fordelagtigste Felt H^0 og Bølgelængden λ tilfredsstille følgende Relation:

$$H^0 \cdot \lambda = \text{Konstant.} \quad (2)$$

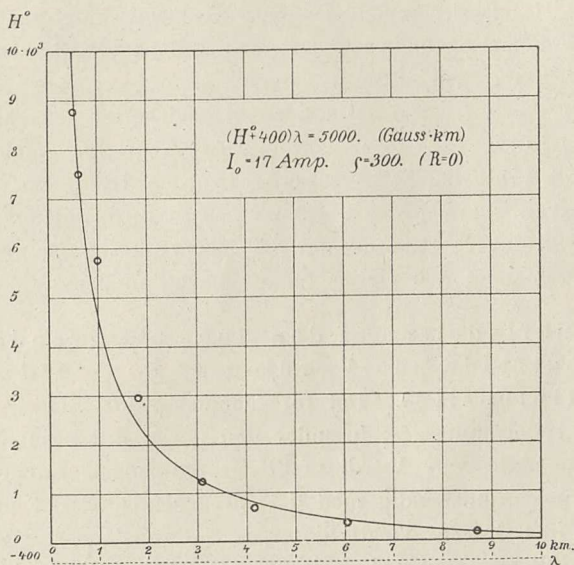


Fig. 11. Relation mellem Bølgelængden (λ) og den fordelagtigste Feltintensitet (H^0).

Fig. 11 viser Resultatet af en Del Maalinger af sammenhørende Værdier af H^0 og λ . Det ligger i Sagens Natur, at Værdien af H^0 ikke kan bestemmes særlig nøjagtig, men, som Figuren viser, ligger de maalte Punkter dog ret nær ved den viste Kurve, hvis Ligning er

$$(H^0 + 400) \cdot \lambda = 500 \text{ (Gauss. km).} \quad (3)$$

Den overfor ved (2) bestemte Lov er saaledes ikke helt rigtig: men det var iøvrigt til at forudse, at der til H^0 maatte adderes en Konstant, for Multiplikationen med λ foretoges. Foruden det af Elektromagneten frembragte Felt, der er afsat som Ordinat i Fig. 11, paavirkes Buen nemlig tillige af en Opdrift, fordi dens Temperatur er højere end Omgivelsernes. Dertil kommer, at Buen rent elektrodynamisk vil søge at blive større saaledes som paavist af

W. E. Ayrton allerede i 1879¹⁾. Størrelsen af disse Kræfter er vanskelig at bestemme nøjagtig, men de er dog formentlig saa smaa, at deres Sum er mindre, end hvad der svarer til de 400 Gauss, hvorefter det drejer sig. De omtalte Kræfter er jo heller ikke helt af samme Natur som de fra det magnetiske Felt hidrørende. Der er ogsaa den Mulighed, at elektrostatiske Kræfter spiller en Rolle.

Det fremgaar endelig af det følgende, at H^0 vokser med R . Da nu Kredsen egen, effektive Modstand aftager, naar Bølgelængden vokser, saa vil ogsaa dette Forhold bevirke, at den eksperimentale (H^0, λ) -Kurve for store Værdier af λ faar for smaa Værdier af H^0 . Alt i alt lader Afvigelserne fra den teoretiske Form for (H^0, λ) -Kurven sig saaledes forklare paa naturlig Maade, og selv om vore Slutninger ikke fuldt ud har bekræftet sig, saa har de dog i Hovedsagen givet den rigtige Sammenhæng mellem H^0 og λ .

2. Indflydelsen af den Buen omgivende Luftarts Vægtfylde paa Værdien af den fordelagtigste Feltintensitet. Det foregaaende gælder, naar Buen befinder sig i Belysningsgas; brænder den derimod i Brint, viser det sig, at den tilsvarende Værdi af H^0 er omkring 5 Gange mindre. Dette stemmer fuldstændig med det foregaaende og det under A. 2 udviklede, idet Gassens Vægtfylde er ca. 5 Gange saa stor som Brintens. De tidligere gjorde Erfaringer, at det navnlig ved de korte Bølgelængder var heldigt at benytte Brint og ikke Belysningsgas eller Spiritusdampe, forklares let herigennem, idet Feltet let bliver for svagt ved korte Bølgelængder, og man staar sig da ved at benytte den lettest mulige Luftart. Ved længere Bølger har det snart vist sig, at Karburering af den benyttede Brint var heldig, snart at ren Brint var at foretrække, uden at det hidtil har været muligt at opdage nogen Lovmæssighed i saa Henseende. Sagen forholder sig simpelthen saaledes: naar Feltet er for svagt, bør man bruge ren Brint, er Feltet derimod for stærkt, staar man sig ved at benytte tungere Kulbrinter, — eller endnu bedre ved at reducere Feltet.

3. H^0 's Afhængighed af R og I_0 . Det næste Spørgsmaal er, hvorledes det heldigste Felt afhænger af Modstanden i Buekredsen, naar Strømstyrken og alle andre Parametre holdes konstante. Ifølge den fremsatte Teori er den gennemsnitlige Slukke-

¹⁾ W. E. Ayrton: Electrician. Vol. 2. p. 76. 1879.

spænding, som allerede nævnt, proportional med R . Da vi ikke kender Loven for Slukkespændingens Afhængighed af Buens Hastighed, men kun ved, at Spændingen vokser med Hastigheden, saa kan vi ikke deraf slutte os til Relationen mellem H^0 og R . Den simpleste Forudsætning, man rent provisorisk kan gøre er, at Slukkespændingen vokser proportional med Buens Hastighed; i saa Fald skal H^0 vokse lineært med R . Det fremgaar af Fig. 12, der viser

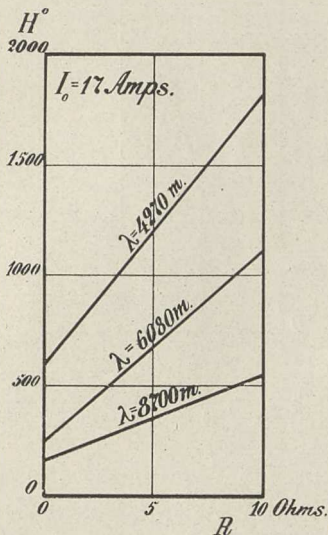


Fig. 12. Den fordelagtigste Feltintensitets (H^0) Afhængighed af Modstanden (R) for forskellige Bølgelængder. ($Q = 285 \text{ Ohm}$).

Resultatet af nogle Maalinger af sammenhørende Værdier af H^0 og R , at H^0 virkelig vokser lineært med R , men at der desuden i Udtrykket for H^0 indgaar et konstant Led. Dette er ogsaa naturligt, da H^0 jo maa have en endelig Værdi, selv om R nærmer sig til at blive Nul, idet R i Fig. 12 kun indbefatter den i Kredsen indsatte Modstand; foruden denne har Kredsen i sig selv en ikke ubetydelig Modstand, der er desto større, jo mindre Bølgelængden er.

Af de samme Forudsætninger følger endvidere, at H^0 skal være proportional med I_0 . Det fremgaar af Fig. 13, at dette med Tilnærmelse er Tilfældet. Denne sidste Relation kan dog ikke ventes at holde Stik over større Variationsomraader, idet Strømstyrken ogsaa paa anden Maade har Indflydelse paa Spændingsforløbet ud over

den ved Ligning B. 1 (1) angivne. Buens Tværsnit og Kraternes Areal vokser nemlig med Strømstyrken, og det er klart, at den Feltintensitet, der er nødvendig for at frembringe en vis Slukkespænding, alt iøvrigt lige, maa være desto højere, jo større Strømstyrken er. Heraf følger, at H^0 maa vokse noget stærkere end med 1. Potens

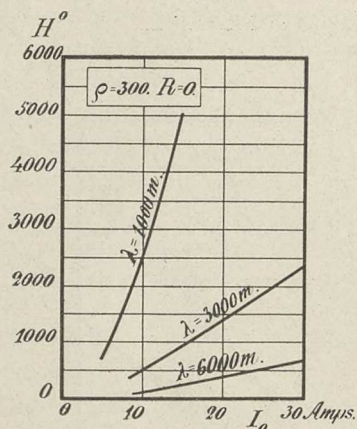


Fig. 13. Den fordelagtigste Feltintensitets (H^0) Afhængighed af Fødestrømmens Styrke (I_0) for forskellig Bølgelængde.

af I_0 , hvilket Fig. 13, der fremstiller Resultaterne af en Række Maalinger af sammenhørende Værdier af I_0 og H^0 , ogsaa viser at være Tilfældet.

C. Afsluttende Bemærkninger.

De teoretiske Udviklinger i B. har nødvendigvis været af en foreløbig Karakter og nærmest kun bestemte til Orientering med Hensyn til disse ret indviklede og samtidig for Praksis meget vigtige Spørgsmaal. Til Trods for disse Udviklingers simple og overlagsmæssige Karakter viste de paa disse baserede Slutninger sig dog i udstrakt Grad i Overensstemmelse med Erfaringen.

Alle disse Slutninger byggede paa den i den foregaaende Afhandling fremsatte Teori, og paa den i denne Afhandling hævdede Opfattelse af Magnetfeltets Virkemaade, der bl. a. førte til det ved Ligning (1) (S. 38) givne Udtryk for den gennemsnitlige Slukkespænding; Resultaternes Rigtighed støtter derfor i høj Grad den nævnte Teori, der saaledes helt igennem maa siges at være bekræftet gen-

nem de anstillede Undersøgelser. I Modsætning hertil viste den nuværende paa den Simon-Barkhausenske Teori hvilende Opfattelse sig dels i afgjort Modstrid med Forsøgene, dels ude af Stand til at give en i Hovedsagen rigtig, kvalitativ Teori for Poulsen-Buen.

At S.-B.-Teorien har været ganske ude af Stand til at klarlægge Magnetfeltets Indflydelse, ligger bl. a. deri, at denne Teori kun fæster sin Opmærksomhed paa Tændspændingen, der i og for sig er uafhængig af Magnetfeltet. Dette har kun Indflydelse paa Forholdene, medens Buen brænder, og denne Indflydelse, der i det væsentlige skyldes Buens Hastighed, er størst ved Periodens Slutning, altsaa ved Buens Slukning. Det er derfor, at hen her og i den foregaaende Afhandling fremsatte Teori, der lægger Hovedvægten paa Slukkespændingen, paa en saa simpel og naturlig Maade formaar at gøre Rede for Magnetfeltets Indflydelse.

Poulsen-Buen er en videre Udvikling af Duddell-Buen, og ligesom Poulsen-Buens Teori har været et meget omstridt Emne, saaledes har ogsaa Duddell-Buen givet Anledning til overmaade mange Arbejder med indbyrdes ret modstridende Resultater. Blandt disse Undersøgelser er der særlig Grund til at fremhæve de af A. Blondel optagne, meget karakteristiske Oscillogrammer af Strøm- og Spændingskurver for den syngende Bue. De omfangsrigeste Bidrag til Spørgsmaalets Behandling skyldes H. Th. Simon og hans Elever, ligesom det noget overflødige Begreb »Lysbuehysteresis« ogsaa er indført af Simon. Det er dog først gennem G. Granqvist's Arbejder¹⁾, at man er naaet til en virkelig Forstaaelse af Duddell-Buens Virke-maade. Interessant er det at se, at Granqvist i sin Afhandling er inde paa Overvejelser og Tanker, hvis videre Udvikling utvivlsomt vilde have ledet ham til Konstruktionen af en effektiv Højfrekvens-generator. — Det skete ikke, fordi Poulsens allerede da foreliggende Løsning netop paa dette Tidspunkt blev almindelig bekendt.

Hovedlinierne i den af Granqvist givne Teori for Duddell-Buen falder paa mange Punkter sammen med Grundlinierne i den her givne Teori for Poulsen-Buen, saaledes at Duddell-Buen ogsaa i teoretisk Henseende kan siges at være Poulsen-Buens Forgænger.

København, Februar 1919.

¹⁾ Se særlig: G. Granqvist: Untersuchungen über den selbsttönenden Wellenstromlichtbogen. Nova Acta Reg. Soc. Sc. Ups. Ser. IV. Vol. 1. Nr. 5. 1907.

