Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 27/28 (1896)

Heft: 11

Artikel: Kraftgasanlagen und Versuche an der Dowsongas-Motorenanlage der Centralen Zürichbergbahn

Autor: Meyer, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-82330

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: 02.01.2026

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

INHALT: Kraftgasanlagen und Versuche an der Dowsongas-Motorenanlage der Centralen Zürichbergbahn. III. (Schluss.) — Miscellanea: Eidg. Polytechnikum. Fahrgeschwindigkeit der Schweiz. Drahtseilbahnen. Bau der Schwurplatzbrücke in Budapest. Die Fertigstellung der 1000. Lokomotive in der Floridsdorfer Lokomotivfabrik. — Konkurrenzen: Bebauung des Platzes um den Wasserturm in Mannheim. Ehrenmitglieds-Urkunde. Primarschulhaus in Luzern. — Nekrologie: † M. Alexandre Fraisse. — Korrespondenz. — Vereinsnachrichten: Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Polytechniker: Generalversammlung. XXVII. Adressverzeichnis. Stellenvermittelung.

Kraftgasanlagen und Versuche an der Dowsongas-Motorenanlage der Centralen Zürichbergbahn.

Von *E. Meyer*, Privatdozent am eidg. Polytechnikum.

III. (Schluss.)

3. *Die Versuchsergebnisse.* An den zwei ersten Versuchstagen nahm ich die Heizwerte nur jede halbe Stunde ab; da ich aber bemerkte, dass sie starken Schwankungen unterworfen sind, liess ich sie am dritten Versuchstage alle fünf Minuten bestimmen.

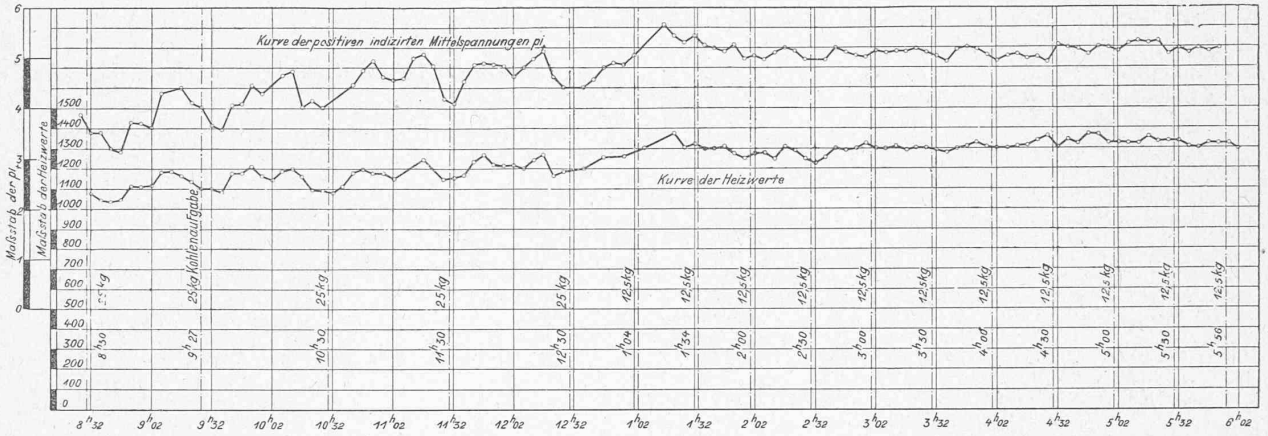
Das Ergebnis am letzteren Tage ist als Funktion der Zeit von 5 zu 5 Minuten in der unteren Kurve der Fig. 5 aufgetragen. Da alle fünf Minuten zu gleicher Zeit Indikatordiagramme aufgenommen wurden, so sind die aus ihnen berechneten positiven Mittelspannungen p_{i+} in einer zweiten über der ersten liegenden Kurve aufgezeichnet. Der Wert von p_{i+} ist porportional derjenigen indicierten Arbeit, welche der Motor (abgesehen von den Saug- und Auspuffwiderständen) leisten würde, wenn er voll belastet wäre, d. h. wenn er Aussetzer nicht machen würde — also der grössten Leistung.

Der Lufthahn des untersuchten Motors stand am 29. Juli stets ganz offen. Der Gashahn hatte eine Teilung, bei welcher 0 ganz geschlossen, 10 ganz offen bedeutete. Er stand von Beginn des Versuches (8 Uhr 42 Min.) bis 10 Uhr auf 7,0, von 10 Uhr bis 10 Uhr 30 Min. auf 8,0 und von da ab bis zum Abend auf 9,0. Aus diesem Grunde müssen die Werte von p_{i+} für die erste Zeit etwas niedriger sein als später (unter sonst gleichen Verhältnissen). Da aber, wie nachher gemessen werden konnte, bei der Hahnstellung 7,0 nur etwa 4 % weniger Gas in den Cylinder angesogen wurden als bei der Stellung 9,0, so ergiebt die Korrektion auf gleiche Hahnstellung eine kleine Grösse. Zur Aufzeichnung der Kurve ist sie nicht ausgeführt.

Die Heizwerte sind, der Einfachheit der Rechnung halber, so aufgetragen, wie sie unmittelbar aus den Ablesungen am Kalorimeter sich ergeben, d. h. einschliesslich der Kondensationswärme des verflüssigten Wasserdampfes und ohne Temperatur- und Barometerstandkorrektion. Das Barometer stieg am 29. Juli langsam von 716,2 auf 716,9 *mm* und stand im Mittel auf 716,5 *mm*. Die Temperatur des Dowsongases in der kleinen Gasuhr war von 8 Uhr 37 Min. bis etwa 1 Uhr 42 Min. fast konstant = 25,2° C und fiel von da ab allmählich auf 20,7° C. Sie betrug im Mittel 23,71°. Der mittlere Heizwert während des Versuchstages beträgt ohne Reduktion 1238 W.-E., mit Reduktion auf 0 und 760 *mm* einschliesslich der Kondensationswärme 1427 W.-E., ausschliesslich derselben 1327 W.-E., da 1 *l* Gas durchschnittlich 0,16 *g* Wasser erzeugte.

Die Kurve der Heizwerte zeigt, dass der Heizwert des Gases pro m^3 für denselben Generator keine sich gleichbleibende, sondern eine stark wechselnde Grösse ist. Dabei lassen sich zweierlei Arten von Schwankungen unterscheiden:

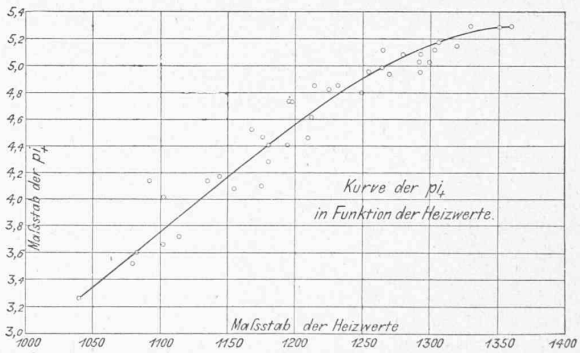
Fig. 5.



1. Die Kurve (s. ihre erste Hälfte) geht in Perioden von etwa einer Stunde durch ein Maximum und ein Minimum. Der grösste Heizwert ist in einer solchen Periode um 10 bis 15 % grösser als der kleinste.

2. Die Mittelwerte dieser Perioden sind im Verlaufe des Tages selbst wieder ganz verschieden. Bei dem vorliegenden Versuch z. B. steigt der Heizwert von Morgen bis zum Mittag unausgesetzt und bleibt erst am Nachmittag annähernd konstant. Er beträgt im Minimum nur 1040 W.-E.

Fig. 6.



(ohne Reduktion), während sein grösster Wert 1358 W.-E. ist, d. h. 32,3 % mehr als der kleinste.

Falls die Güte des Gases im Laufe des Tages so starken Schwankungen unterworfen ist, so muss sich auch naturgemäss die aus der gleichen Gasmenge erzeugte Arbeit entsprechend ändern, oder es muss die Grösse von p_{i+} mit dem Heizwert zu- und abnehmen. In der That zeigt sich in dieser Beziehung eine sehr schöne Uebereinstimmung zwischen der oberen und der unteren Kurve. In Fig. 6 ist eine grössere Anzahl von (auf die Hahnstellung 90,

reducierten) p_{i+}-Werten in Funktion der gleichzeitig gemessenen Heizwerte aufgetragen. Durch die so erhaltenen Punkte lässt sich eine Linie von parabolischer Gestalt legen, welche in ihrem unteren Teile rasch, im oberen nur langsam ansteigt. In der Tabelle I sind einige zusammengehörige Werte herausgegriffen und die prozentuale Zunahme der einen bei entsprechender Zunahme der anderen angegeben.

Tabelle I.

Heizwert W.-E.	Zugehöriges p_{i+} kg/cm^2	Zunahme des Heizwertes %	Zunahme von p_{i+} %
1040	3,26		
		5,8	15,1
1100	3,75		
		9,1	21,3
1200	4,55		
		8,3	13,2
1300	5,15		
		4,6	2,5
1360	5,28		

Bei einer Gesamtzunahme des Heizwertes um 30,8 % nimmt p_{i+} und damit die indicierte Leistung um 61,5 % zu.

Man erkennt also, dass die Aenderungen in der geleisteten Arbeit noch bedeutender sind als diejenigen des Heizwertes, sodass der Einfluss der Güte des Gases auf den Betrieb sehr gross ist. Der Grund, warum (wenigstens bei den niederen Heizwerten) p_{i+} schneller abnimmt als der Heizwert, liegt darin, dass die Zündungen um so später beginnen und die Verbrennung um so langsamer vor sich geht, je schwächer das Gas ist, denn bei späten Zündungen wird dann nicht bloss weniger Wärme im Cylinder entwickelt, sondern die erzeugte Menge wird infolge unvollständiger Expansion viel schlechter ausgenutzt. Erst bei sehr hohen Zahlen nehmen die Heizwerte rascher zu als p_{i+}. Hier findet dann die Zündung schon so früh statt, dass der Kühlwasserverlust bedeutend ist, ohne dass an Länge der Expansion gegenüber derjenigen bei etwas schwächerem Gas gewonnen wird.

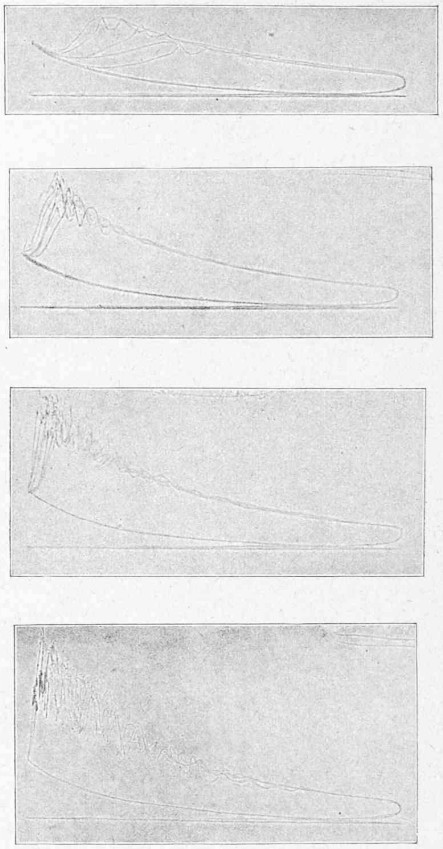
Macht man die Annahme, dass die auf 1 *kg* Kohle erzeugte Gasmenge dem Heizwert proportional ist, dass also auch bei schlechtem Heizwert der Generatorverlust nicht grösser ist als bei gutem, so ist es trotzdem, wie die angeführten Thatsachen erweisen, von Nachteil, die Anlage mit schlechtem Gase zu betreiben, da hierbei die Wärme in der Maschine schlecht ausgenutzt wird. Allein es nützt auch nichts, den Heizwert möglichst hoch hinaufzutreiben; es ist vielmehr ein bestimmter Betrag desselben vorhanden, bei welchem (unter der gemachten Annahme) der Nutzeffekt am günstigsten ist, und zwar bei etwa 1280 bis 1300 W.-E. Diese Bemerkung gilt für die vorliegende Maschine und für den in der Praxis stets zutreffenden Fall, dass sich der Heizwert ändert, ohne dass an der Einstellung der Maschine etwas geändert wird. Werden Maschinen unmittelbar für Gase von geringem Heizwert konstruiert, so ist es wohl denkbar, dass sie bei sorgfältiger Anordnung der Zündung und richtiger Wahl des Gemisches eine gute Ausnutzung der Wärme ergeben.

In Fig. 7 sind der Reihe nach vier Diagrammbündel von je zehn Diagrammen abgebildet, die um 8 Uhr 47 Min., 11 Uhr 2 Min., 11 Uhr 47 Min. und 4 Uhr 50 Min. bei den Heizwerten von bezw. 1048, 1143, 1265 und 1364 W.-E. abgenommen wurden. Der Masstab der Indikator-Feder ist (in der Verkleinerung) $^4/_3$ *mm* = 1 kg/cm^2. Die Diagramme geben einen Beleg für die gemachten Bemerkungen.

Um auch bei wechselnder Güte des Gases immer sichere Zündungen zu haben, wurde an der untersuchten Maschine die Kompression ziemlich hoch gewählt. Sie beträgt im Mittel 7,08 kg/cm^2 absol. Der Explosionsdruck liegt je nach dem Heizwert des Gases zwischen 8 $^1/_2$ und 19 kg/cm^2. Dementsprechend liegen die Auspuffspannungen zwischen 3,63 und 3,23 kg/cm^2 absol.

Wie bedeutend der Einfluss der Heizwertschwankungen auf die grösste Leistung des Motors ist, wurde am zweiten Versuchstage (19. Juni) unmittelbar ermittelt. Der Motor

Fig. 7.



lieferte, wie sonst, die Kraft für den normalen Betrieb, er war aber neben der hierzu erforderlichen Dynamo mit einer zweiten Dynamomaschine belastet, deren Strom mittels Eisenelektroden in ein Wasserbad geleitet und daselbst zur Verrichtung thermochemischer Arbeit verwendet wurde. Durch mehr oder minder tiefes Eintauchen dieser Eisenelektroden war es leicht möglich, die vom Bade absorbierte Energie so zu regeln, dass die beiden Dynamos stets die grösste Arbeit des Motors aufnahmen. Die Kurve der p_{i+} für diesen Tag zeigt Fig. 8. Der grösste Wert betrug 5,13 kg/cm^2, der kleinste 3,35 kg/cm^2. Die der Umlaufzahl $n = 166,4$ entsprechenden grösstmöglichen Arbeiten des Motors sind 80,8 PS_i bei gutem, 54,6 PS_i bei schlechtem Gas. In der That musste der Motor sehr häufig mehr belastet oder entlastet werden. Die grösste Nutzarbeit war 67,8 PS_e, bei welcher der Motor noch einige Aussetzer machte, die geringste nur 43,0 PS_e, bei welcher er, ohne Aussetzer zu machen, arbeitete. Der Unterschied in der grössten Leistung betrug also je nach der Güte des Gases bis zu 57,8 % des kleinsten Wertes!

Von grosser praktischer Bedeutung ist daher die Frage, womit diese Schwankungen zusammenhängen und wie sie sich vermeiden lassen.

Die Ursache für die periodischen Schwankungen ist leicht zu erkennen. Dem Heizer war die Anweisung gegeben worden, alle Stunden einen Eimer voll Kohle (etwa 25 *kg*) in den Generator zu füllen. In den Fig. 5, 8, und 9 ist die Zeit wann dies geschah, durch die strichpunktierten Senkrechten unter Angabe der eingeworfenen Kohlenmengen bezeichnet. Wie man sieht, treten die periodischen Schwankungen genau nach Massgabe des Einfüllens frischer Kohle ein. Unmittelbar nach dem Einfüllen fällt der Heizwert noch ein wenig, um plötzlich sehr stark zu steigen; dann nimmt er nur noch langsam zu, fällt langsam etwas und dann ungefähr $^3/_4$ Stunden nach der Füllung ziemlich rasch. Da die Kurve den p_{i+} in dieser Beziehung ganz entsprechendes Verhalten wie die Kurve der Heizwerte zeigen muss, so

dienen die für die erstere am 18. Juni, Fig. 9, und am 19. Juni, Fig. 8, gefundenen Linien zur Bestätigung des Gesagten.

Das Mittel zur Beseitigung der periodischen Schwankungen liegt auf der Hand. Man darf den Generator nur in kurzen Zwischenräumen und mit entsprechend wenig Kohle füllen, statt selten und dann viel Kohle einzuschütten. Bei dem Versuche am 29. Juli wurden von 12 Uhr ab jede halbe Stunde 12,5 *kg* Kohlen eingegeben, während vorher jede Stunde 25 *kg* eingefüllt worden waren. Sofort hörten die bedeutenden Schwankungen auf, und nur noch geringe Aenderungen des Heizwertes von p_{i+} blieben bemerkbar. Es wird sich jedenfalls empfehlen, die Füllung noch öfter, etwa alle Viertelstunden, vor sich gehen zu lassen. Ob sich kontinuierliche Aufgabe der Kohle bewähren würde, müssten Versuche erweisen. (Siehe den Gaserzeuger von Buire-Lencauchez, Nr. 9 S. 59.)

Sind aber durch häufiges Einfüllen die kontinuierlichen Schwankungen beseitigt, so wird trotzdem der Heizwert während einer längerdauernden Zeit bedeutend grösser oder kleiner sein können als zu anderer Zeit, entsprechend den Aenderungen im Mittelwert der einzelnen Perioden. Auch dann noch wird sich daher die grösste Leistung des Motors innerhalb weiter Grenzen ändern können.

Die Erklärung für diese Schwankungen liegt nicht in der verschiedenen Höhe der Kohlenschicht im Generator, derart, dass etwa bei hohem Kohlenstand ein gutes, bei niedrigem ein schlechtes Gas erzeugt würde, denn einen solchen Einfluss des Kohlenstandes konnte ich bei meinen Versuchen nicht finden. Auch hängt die Güte des Gases nicht merklich von einem hohen oder niedrigen Druck im Dampfkessel ab. Dieser schwankte bei meinen Versuchen häufig zwischen 3 und 5 Atm., ohne dass irgend welcher Einfluss auf den Heizwert ersichtbar gewesen wäre. Nur die Menge des erzeugten Gases wird dadurch beeinflusst, indem das Dampfstrahlgebläse entsprechend dem Dampfdrucke mehr oder weniger Dampf und Luft fördert. Gas mit durchschnittlich geringem Heizwert wird vielmehr dann erzeugt, wenn (auch bei häufiger Aufgabe von Kohle) der Gasverbrauch des Motors etwas grösser ist, als der Menge der durchschnittlich aufgegebenen Kohlen entspricht. Der Heizwert besitzt dagegen hohe Werte, wenn mehr Kohlen in den Generator eingefüllt werden, als der Motor zur Arbeitsleistung verbraucht.

Erhält man schlechtes Gas, so kann somit fast augenblicklich dadurch geholfen werden, dass ausserhalb der für die Füllung festgesetzten Zeit der Heizer eine bestimmte Menge Kohlen in den Generator einschüttet. Damit hat man immer ein sicheres Mittel, das Gas sofort zu verbessern. Allein bei einem Motor mit wechselnder Belastung bemerkt auch der sorgfältige Heizer erst dann, dass schlechtes Gas vorhanden ist, wenn der Motor nachlässt. Der Uebelstand des Schwankens der grössten Leistung bleibt also bestehen, falls nicht besondere Vorrichtungen getroffen werden.

Dann muss man verlangen, dass der Motor für eine nominelle Leistung verkauft wird, welche auch bei nachlassender Güte des Gases vom Motor noch leicht geliefert wird.

Ist eine Gasuhr zum Zählen des von der Maschine verbrauchten Gases vorhanden, so lässt sich bei wechselnder Belastung wohl ein ziemlich gleichmässiges Gas erzielen, wenn die Kohlen stets nach Verbrauch einer bestimmten Gasmenge aufgegeben werden. Bei Maschinen, welche sich durch Aussetzer regeln, könnte leicht ein kleiner Zählapparat angebracht werden, der immer nach einer bestimmten Ansaugerzahl dem Heizer ein Signal giebt, dass es Zeit ist, Kohlen einzufüllen.

Fig. 8.

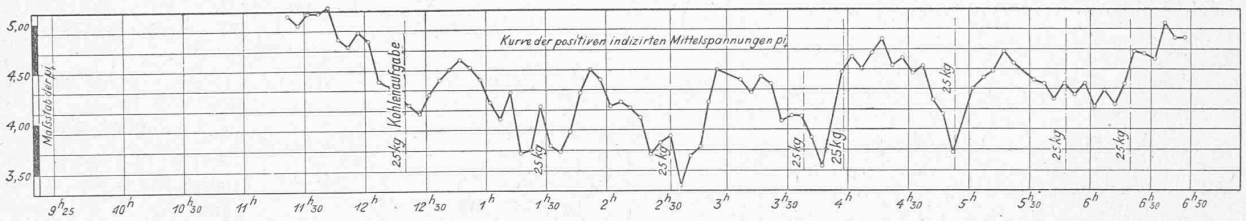
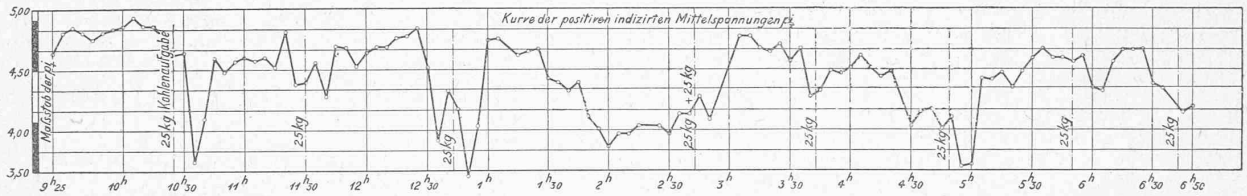


Fig. 9.



Würde die Füllung des Generators aus reinem Kohlenstoff bestehen, so wäre eine Veränderung des Heizwertes bei konstantem D, β und S (was für den Betrieb angenommen werden darf) nur möglich, wenn der Kohlensäuregehalt α und mit ihm in gesetzmässigem Zusammenhang U sich ändern würde. In Zürich wurde der Kohlensäuregehalt während des Versuches am 29. Juli sehr häufig bestimmt, allein die Schwankungen waren ganz unbedeutend und fielen mit denjenigen des Heizwertes gar nicht zusammen. Es wurde ermittelt:

Zeit	Uhr Min.	8 10	8 45	9 15	9 50	10 00	10 20	10 40
Gehalt an CO_2 . . .	Vol.-%	4,0	4,8	4,7	4,4	4,6	4,6	4,6

Zeit	Uhr Min.	11 00	11 20	11 55	12 15	1 20	1 35
Gehalt an CO_2 . . .	Vol.-%	5,4	5,5	5,3	5,0	5,2	5,4

Zeit	Uhr Min.	1 55	2 25	3 25	3 50	4 10	4 45	5 30	5 56
Gehalt an CO_2 . . .	Vol.-%	5,3	4,6	4,6	4,8	5,6	4,5	4,5	4,6

Auch die Annahme, dass ab und zu Luft unzersetzt durch den Generator trete, wodurch der Gehalt an indifferenten Gasen bezw. Sauerstoff im Dowsongase sehr hoch würde, stimmt nicht mit den Erfahrungen. Denn der Sauerstoffgehalt schwankte bei mehrmaliger Bestimmung zwischen 0 und 0,3 Vol.-%.

Eine Erklärung für die angeführten Thatsachen bietet die Annahme, dass an den frischen Kohlen, kurz nachdem sie eingefüllt sind, der Vorgang der trockenen Destillation beginnt, sodass die flüchtigen Bestandteile, die ja auch im Anthracit vorhanden sind, und vor allem Kohlenwasserstoffe, aus den obersten, in schwacher bis starker Rotglühhitze befindlichen Kohlenschichten entweichen.

Die Untersuchung des bei Versuch III angewandten belgischen Anthracits, welche Herr Privatdozent Dr. Constam auszuführen die Güte hatte, ergab als Elementaranalyse des lufttrockenen Anthracits:

Kohlenstoff	85,46 %
Wasserstoff	3,65 „
Sauerstoff und Stickstoff	2,67 „
Schwefel	1,13 „
Asche	6,30 „
Wasser	0,79 „
	100,00 %

Der lufttrockene Anthracit lieferte 92,52 % Coaks und enthält daher:

Fixen Kohlenstoff (Coaks weniger Asche)	86,22 %
Asche	6,30 „
Wasser	0,79 „
Flüchtige Bestandteile	6,69 „
	100,00 %

Der Heizwert in der Wahlerschen Bombe bestimmt, ergab 8069 W.-E. für 1 *kg* Anthracit einschliesslich der Kondensationswärme des erzeugten Wasserdampfes und 7872 W.-E. ausschliesslich desselben. Wie man sieht, enthält der vorliegende Anthracit eine hinreichend grosse Menge flüchtiger Bestandteile, um die Annahme gerechtfertigt erscheinen zu lassen, dass bei ihrer Destillation das erzeugte Dowsongas angereichert wird. Ein Mehrgehalt an CH_4 von nur 1 % vermehrt den Heizwert um 83 W.-E. Wenn also viel Kohle eingeworfen wird, so entspricht die entwickelte Menge des eigentlichen Dowsongases nur einem Bruchteil derselben, während die im Gase enthaltene Menge an heizwertreichen Kohlenwasserstoffen u. s. w. der gesamten eingefüllten Kohle entspricht. Damit stimmt dann auch die Erfahrung, dass man durch eine während längerer Zeit fortgesetzte überreichliche Aufgabe von Kohlen den Heizwert des Gases auf 1500 und 1600 W.-E. treiben kann.

Leider ist CH_4 derjenige Bestandteil des Dowsongases, dessen Bestimmung an der Anlage selbst am umständlichsten vor sich geht und die meiste Zeit in Anspruch nimmt, sodass die folgenden Analysen, deren Ausführung Herr Assistent Hill freundlichst übernommen hatte, teilweise ohne Rücksicht auf den CH_4-Gehalt durchgeführt sind. Man erhält für das Züricher Gas die in Tabelle II zusammengestellten Analysen.

Tabelle II.

No. des Versuches		1	2	3	4	Mittel
Gehalt in Vol.-%	CO_2	5,7	4,8	4,8	5,4	5,2
	CO	22,9	24,1	23,1	23,7	23,5
	H	19,4	18,7	20,8	16,1	18,8
	Rest (N)	51,7	51,7	51,3	54,8	52,5

Bei Versuch 2 wurde auf den Gehalt an CH_4 geprüft; es fanden sich davon 0,74 Vol.-%.

Die aus den Analysen berechneten Heizwerte habe ich stets kleiner gefunden als die mit dem Junkersschen Kalorimeter bestimmten. So würde sich z. B. aus der mittleren in Zürich gefundenen Zusammensetzung des Gases ein Heizwert von nur 1150 W.-E. (für 0,760 *mm* Barometerstand und ohne Kondensationswärme) ergeben. Und selbst, wenn man die 0,76 % CH_4 berücksichtigt, erhält man nur 1212 W.-E. statt der 1327 thatsächlich gefundenen. Wahrscheinlich ist der Gehalt an Kohlenwasserstoffen grösser, als er hier gefunden wurde. Dann aber dürfte die Zusammensetzung der 100 cm^3 Gas, welche zu den Proben entnommen zu werden pflegen, der mittleren Zusammensetzung des Dowsongases nur in den seltensten Fällen entsprechen. Denn auch im Generator wird an verschiedenen Stellen Gas von verschiedener Zusammensetzung erzeugt, und somit wird kein gleichmässig zusammengesetzter Strom den Generator verlassen.

Am 29. Juli wurde auch die Menge des in den Generator eingeblasenen Wasserdampfes gemessen. Sie betrug auf 1 *kg* Generatorkohle 1,12 *kg*, während nach der Analyse einem *kg* C 0,97 *kg* H_2O entsprechen.

Es erscheint als sehr wahrscheinlich, dass bei zu reichlicher Einführung von Wasserdampf in stark überhitztem Zustande ein Teil davon den Generator durchstreicht, ohne eine Zersetzung zu erfahren und ohne die glühende Kohlenschicht zum Erlöschen zu bringen. Man muss sich daher davor hüten, den Querschnitt der Dampfdüse zu gross zu wählen.

Die zuverlässige Bestimmung des Kohlenverbrauches einer Generatoranlage, während einer Zeit von etwa zehn Stunden ist ausserordentlich schwierig. Für gewöhnlich wird sie dadurch erstrebt, dass man während des Versuches und besonders am Anfang und Ende den Kohlenstand im Generator auf gleicher Höhe hält.

Aus den folgenden Gründen bekommt man damit sehr ungenaue Zahlen:

1. Die Ausbreitung der Kohle, welche durch den üblichen Fülltrichter eingeworfen wird, ist ausserordentlich ungleichmässig, so dass eine auf wenige *mm* genaue Bestimmung der Höhe des Kohlenstandes, wie sie bei den verhältnismässig grossen Generatorquerschnitten zu fordern wäre, unmöglich wird.

2. Am Abend befinden sich Asche und Schlacken im Generator, deren Gewichtsmenge nach dem Ausschlacken bestimmt werden kann, ohne aber den Raum, den sie am Ende des Versuches im Generator eingenommen haben, genau zu kennen.

3. Der Kohleninhalt des Generators kann zu verschiedenen Zeiten infolge von Hohlräumen etc. verschiedene Dichten annehmen.

4. Die im Generatorschacht befindliche Kohle ist nicht mehr frisch, sondern schon mehr oder weniger ausgenutzt. Bei gleichem mittlerem Volumen der ganzen Masse kann sie, je nachdem der Generator während des Versuches beansprucht wurde, noch zur Abgabe von ganz verschiedenen Gas- und Wärmemengen fähig sein. Wie gross der Unterschied der in ihr enthaltenen Wärmemengen vor und nach dem Versuche ist, kann nicht bestimmt werden; er kann aber sehr beträchtlich sein.

Zur genauen Bestimmung des Kohlenverbrauchs innerhalb eines Zeitraumes von etwa zehn Stunden scheint mir das Junkerssche Kalorimeter unentbehrlich zu sein. Man bestimmt mit ihm ungefähr alle fünf Minuten den Heizwert des Gases, trägt diesen sofort auf Millimeterpapier in Funktion der Zeit auf und schüttet nun so oft und soviel Kohle ein, dass der Heizwert im Mittel weder steigt noch sinkt, sondern auf gleicher Höhe bleibt. Absichtlich wird man einigemale für wenige Minuten mit dem Einschütten warten, bis der Heizwert etwas sinkt, um sich zu überzeugen, dass man nicht zu viel Kohle eingegeben hat. Ein rein mechanisches Verfahren zur Bestimmung des Kohlenverbrauchs führt nicht zum Ziel, die Richtigkeit der erhaltenen Ergebnisse beruht vielmehr darauf, dass der untersuchende Ingenieur die am Generator massgebenden Verhältnisse und Gesetze genau kennt und dass sein durch Erfahrung geschärftes Urteil an der Hand der während des Versuches entstehenden Heizwertkurve ihm die Gewähr dafür bietet, dass die Menge der aufgegebenen Kohlen auch thatsächlich dem Verbrauche entspricht.

Die Hauptergebnisse der an den Dowson-Gasmotoren der Centralen Zürichbergbahn gemachten Versuche sind in Tabelle III auf S. 76 zusammengestellt.

Zu der Tabelle ist das Folgende zu bemerken:

Die indicierten Mittelspannungen p_i werden erhalten, indem man von der positiven p_{i+} die negative, den Saug- und Auspuffwiderständen der Maschine entsprechende Mittelspannung p_{i-} abzieht. Die letztere hatte bei allen Versuchen den gleichen Wert $p_{i-} = 0{,}18\ kg/cm^2$.

Der mechanische Wirkungsgrad dürfte etwas zu hoch gefunden worden sein. Allein bei plötzlichen Spannungsänderungen bis zu 12 Atm. im Cylinder kann eine grosse Zuverlässigkeit des Indikators nicht erwartet werden, und auch die Berechnung der Nutzbarkeit aus der elektrischen Arbeit unterliegt gewissen Unsicherheiten, sodass in Anbetracht dieser Umstände die Uebereinstimmung zwischen indicierter und Nutzbarkeit befriedigend ist.

Der Gasverbrauch konnte dadurch bestimmt werden, dass die Gaszufuhr zur Gasometerglocke abgesperrt wurde.

Tabelle III.

No. des Versuches	I	II	III
Datum 1895	18. Juni	19. Juni	29. Juli
Art der Belastung	Normale Betriebsbelastung	Normale Betriebsbelastung + Belastung durch Wasserwiderstände = grösste Belastung	Normale Betriebsbelastung
Dauer des Versuches . . . . . Std. Min.	9 43	7 44	8 14
Mittlere Umdrehungszahl	169,0	165,4	159,1
» Gasansaugerzahl	60,4	77,5	58,1
Mittlere Gasansaugerzahl / Zahl der Saughübe . . . . . %	71,5	93,8	73,0
Indicierte Mittelspannung p_i im Mittel aus allen Diagrammen . . . . . kg/cm^2	4,29	4,18	4,52
Mittlere indicierte Arbeit . . . . . PS_i	51,1	63,7	51,6
» Nutzarbeit . . . . . PS_e	40,9	57,6	43,6
Mechanischer Wirkungsgrad	0,80	0,90	0,84
Kohlenverbrauch für 1 PS_i-St. im Generator . kg	0,48	0,50	0,47
» » 1 » » Dampfkessel »	0,05	0,06	0,07
» » 1 » insgesamt . . »	0,53	0,56	0,54
» » 1 PS_e-St. im Generator . »	0,60	0,55	0,56
» » 1 » » Dampfkessel »	0,07	0,07	0,08
» » 1 » **insgesamt** . . »	**0,67**	**0,62**	**0,64**
Gasverbrauch für 1 PS_e-Std. (red. auf 0° u. 760 mm) m^3	2,4–2,6	2,5–2,6	—
Grösste Arbeit während des Versuches . . PS_e	59,8	67,8	49,4
Kleinste » » » » . . »	28,3	43,0	28,5

Da der Motor dann nur ihr sein Gas entnahm, so fiel ihr Stand fortwährend. Aus der Höhe des Falles und dem Querschnitt der Glocke wurde die auf eine bestimmte Anzahl Ansauger verbrauchte Gasmenge berechnet. Durch öftere Anstellung des Versuches konnte die während des ganzen Tages und damit die durch 1 kg Generatorkohle erzeugte Gasmenge bestimmt werden. Die erhaltenen Zahlen haben ziemlich hohe, zwischen 5 und 6 m^3 liegende Werte für die letztere Grösse ergeben, die ich zurückhalten möchte, bis sie durch weitere Versuche bestätigt sind. Aus dem gleichen Grunde sehe ich von einer Berechnung des Gütegrades des Generators ab, der aus der Gasmenge und dem mittleren Heizwert leicht ermittelt werden könnte.

Die grösste und die kleinste Arbeitsleistung entsprechen bei Versuch I und III nur dem wechselnden Stromverbrauch für den Betrieb der Bahn, da hier die grösste Leistung des Motors nie erreicht wurde. Nur bei Versuch II sind sie durch die Güte des Gases bedingt, wie oben ausführlich erörtert wurde.

Die im Generator und im Dampfkessel verbrauchte Kohle ist belgischer Anthracit, dessen Preis sich loco Maschinenhalle auf 37 Fr. pro Tonne stellt. Zur Beurteilung des Kohlenverbrauches muss betont werden, dass es sich nicht um Paradeversuche handelt, sondern dass insbesondere bei I und III der Verbrauch im wirklichen Betriebe festgestellt wurde. Dabei wurde die Maschinenanlage vom Heizer und vom Maschinisten genau so bedient wie in anderen Tagen.

Eine Bestätigung für die erhaltenen Zahlen liefern die Aufzeichnungen des Betriebsamtes der Bahn. Darnach werden täglich bei 14½stündigem Betrieb 400 kg Anthracit und weniger verbraucht. Diese und alle obigen Zahlen gelten für die Zeit, wo die Linie Oberstrass noch nicht gebaut war. Rechnet man nach meinen Versuchen als geleistete Arbeit im Mittel 40 PS_e, so erhält man einen Kohlenverbrauch von 0,69 kg pro PS_e-Std., wobei aber die beim Stillstand in der Nacht zum Weiterbrennen des Feuers und morgens zum Warmblasen des Generators verbrauchte Kohle mit eingerechnet ist. Die Dampfmaschinen ähnlich grosser Anlagen verbrauchen mindestens 1,5 kg Kohle pro PS_e-Std; der Unterschied ist also bedeutend. Die Betriebserfahrungen über die Anlage der Centralen Zürichbergbahn beziehen sich erst auf einen Zeitraum von ¾ Jahren, ein abschliessendes Urteil über die vorteilhafte Verwendbarkeit von Dowson-Gasmotoren an Stelle von Dampfmaschinen lässt sich aus ihnen noch nicht fällen. Bis jetzt aber hat der Betrieb zu Klagen nie Veranlassung gegeben (wozu die gute Ausführung der Motoren und der Generatorapparate mit beiträgt), und die Betriebsleitung ist der Ansicht, dass die Bedienung angenehmer ist als bei einer gleich grossen Dampfmaschinenanlage.

Miscellanea.

Eidg. Polytechnikum. *Diplom-Arbeiten.* Am 17., 18. und 19. März finden in den Zeichensälen des Polytechnikums die üblichen Ausstellungen der Zeichnungen und Diplom-Arbeiten der Bauschule, Ingenieur- und Kulturingenieur-Abteilung und der mechanisch-technischen Schule statt. Diese Ausstellungen dürfen Anspruch darauf erheben auch in weiteren Kreisen beachtet zu werden, denn einerseits geben sie solchen Fachmännern, welche in der Lage sind junge Techniker anzustellen, einen Masstab zur Beurteilung der für die Praxis verfügbar werdenden Kräfte, anderseits gelangen z. T. in diesen Arbeiten auch jene Veränderungen zum Ausdruck, die sowohl im Lehrplan als in der Besetzung einzelner Fächer an unserer Anstalt Platz gegriffen haben. Dass diese Veränderungen sich auf fortschrittlicher Bahn bewegen, haben die letzten Ausstellungen an allen genannten Fachschulen in überzeugender Weise gezeigt.

Dieses Jahr dürfte die Ausstellung der Diplom-Arbeiten, welche die mechanisch-technische Abteilung ausgeschrieben hat, einem erhöhten Interesse begegnen, da dieselbe einen ganz anderen Charakter hat als früher, indem ein grosser Teil dem Gebiete der Elektrotechnik entnommen ist.

Die gestellte Aufgabe erfordert die Ausarbeitung von Projekten zur ganzen oder teilweisen Nutzbarmachung der zwischen dem Elektricitätswerk «Zug» und der bestehenden Wehranlage für die Spinnerei «Baar» disponibelen Wasserkraft. Die durch eine entsprechende Wasserfassung erhältliche Energie soll entweder zum Betrieb einer elektrischen Centralstation für Kraft und Licht oder eines industriellen Etablissements in Aussicht genommen werden, wobei für den letzteren Fall mit Rücksicht auf die örtlichen Verhältnisse die Anlage einer Sägemühle, einer Holzschleiferei oder einer Spinnerei in Frage kommt. Ferner war mit Rücksicht auf die zwischen 1500 und 8000 Sekundenliter wechselnde Wassermenge eine entsprechende Dampfreserve, falls notwendig, in Betracht zu ziehen. Für die örtliche Wahl der zu projektierenden Wasserkraftstation ist die Bedingung massgebend, dass das von den hydraulischen Motoren abfliesende Wasser der für die Spinnerei «Baar» bestehenden Kanalanlage nicht entzogen werden darf. Ferner ist bei Anlage des neuen Kanals auf die Erhaltung der bestehenden Kommunikationen; bei Anlage der Kraft- bezw. Produktionsstation auf günstige Verwendung der bestehenden oder zweckmässigsten Erstellung neuer Kommunikationen Rücksicht zu nehmen.

Für die Ausarbeitung dieser Pläne diente eine im Masstab 1 : 1000 angefertigte topographische Terrainaufnahme, welche im vergegangenen Sommer von den Diplomanden selbst, unter Leitung von Herrn Professor *Prásil* durchgeführt wurde.

Denjenigen Herren Kandidaten, welche an der geodätischen Exkursion nicht teilgenommen haben, ist folgende Aufgabe zur Bearbeitung übergeben worden: Für die Versorgung eines grösseren industriellen Etablissements mit dem nötigen Betriebswasser ist eine Pumpstation für Dampf- oder Wasserbetrieb zu projektieren. Die Station soll für eine Lieferung von 8000 Minutenlitern auf 30 m Höhe vom Terrain berechnet sein, wobei letzteres als eben und 1½ m über dem normalen Grundwasserspiegel liegend, angenommen ist; das Wasser soll einem in oder nächst der Pumpstation anzulegenden Hauptbrunnen entnommen werden, indem sich der Grundwasserspiegel bei voller Arbeit der Pumpen um 3½ m absenkt; das aufgepumpte Wasser wird in ein Reservoir von 80 m^3 Fassungsraum gehoben.

Denjenigen Herren Kandidaten, welche im Laboratorium eine physikalische Arbeit als Diplomaufgabe durchführen, wurde die Aufgabe gestellt: Für ein durch entsprechende Pläne gegebenes Etablissement ist das Projekt der elektrischen Beleuchtung durchzuführen.

Es ist ersichtlich, dass bei Stellung der Aufgaben das Bestreben sich geltend machte, den heutigen Anforderungen der Praxis möglichst nahe zu kommen. Aus diesem Grunde, und um auch eine den Anforderungen der eidg. polytechnischen Schule entsprechende Bearbeitung der Aufgaben zu erhalten, wurden die Arbeiten während des letzten Wintersemesters unter gemeinsamer Leitung und Aufsicht der bezüglichen Fachlehrer, der Herren Professoren *Stodola* (Dampfanlagen, Dynamomaschinen),