



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298320

# Der Elektrohydraulische Regler



Ingenieur - Büro  
für Wärmewirtschaft  
E. Unruh, Essen.

---

APPARATEBAU WITTEN-RUHR  
JUSTUS SENNLAUB  
WILHELMSTRASSE 36

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

II 31425

Akc. Nr. 138 50

## **Allgemeines.**

In allen technischen und chemischen Betrieben wird die selbsttätige Regelung bestimmter Zustände von Gas, Dampf und Wasser, die Regelung der Gasfeuerungen oder die Regelung der durch Gas oder Dampf beheizten Kocher oder Bäder sich mehr und mehr einführen. Denn es hängt sehr oft die Güte und Beschaffenheit des erzeugten oder verarbeiteten Produktes von einem gleichmäßigen oder gesezmäßig wechselnden Betrieb ab.

So erfordert z. B. die Gasabsaugung von den Koksöfen oder anderen Gaserzeugern stets einen bestimmten gleichmäßigen Druck in den Oefen, soll die Gasqualität nicht leiden oder der Betrieb für die Umgebung durch starkes Qualmen der Oefen nicht unerträglich werden. Oder für die Durchführung bestimmter technischer oder chemischer Prozesse ist die Innehaltung einer bestimmten Temperatur in engsten Grenzen zu beachten, soll die Güte des Einsatzes nicht leiden und die Dauer des Prozesses auf ein Minimum herabgedrückt werden.

Erfahrungstatsache ist, daß menschliche Bedienung, mit der Regelung betraut, sehr schnell erlahmt und versagt. Dieser Umstand führte mehr und mehr zum Einbau der selbsttätigen Regler. Ein großes Anwendungsgebiet hat sich diesen Reglern in der Gas- und Wärmewirtschaft erschlossen.

Die Anforderungen, die an Gasregler gestellt werden, steigern sich mit dem Bemühen, die anfallenden Gase restlos nutzbringend zu verwerten. Genügten beispielsweise noch vor einem Jahrzehnt die direkten Glocken- oder Membranregler, so sind diese jetzt zum großen Teil durch indirekte Regler, die mit geringen Steuerkräften auf elektrischem oder hydraulischem Wege große Arbeitskräfte auslösen, verdrängt worden.

Aus dem Bedürfnis heraus, Gase und Dämpfe schnell und genau auf einen bestimmten Zustand zu regeln, entwickelten sich mit den Jahren elektrische und hydraulische Regler verschiedenster Konstruktionen. Die elektrischen Regler bevorzugten als Arbeitsmotor den Elektromotor, der über ein Getriebe durch Umschalten der Motoren oder über eine Magnetkupplung ein Drosselorgan bewegte. Bei der Eigenart der Arbeitsweise eines selbsttätigen Reglers mit seiner immerfort tätigen Umkehrung der Arbeitsrichtung haben sich diese Regler nicht gut bewährt. Denn durch die stoßweise Umkehr wird das Getriebe stark beansprucht und verschleißt schnell, sodaß bald toter Gang in den Getriebeelementen auftritt. Dieser tote Gang verursacht ebenso ein Pendeln des Reglers, wie das in dem Motoranker und Getriebe aufgespeicherte Schwungmoment, welches bei der Bewegungsumkehr wegen Bruchgefahr nicht plötzlich abgebremst werden darf. Die Regler sind denn auch zum großen Teil aufgegeben und wo sie sich behaupteten, geschah es, weil die anderen Regler ebenfalls die Betriebsanforderungen nicht erfüllten.

Diese Forderungen sind:

- 1. In dem Augenblick, in dem der Sollzustand erreicht ist, muß der Regler stillstehen. Er darf also über diesen Punkt nicht hinausgehen.**
- 2. Die Stellgeschwindigkeit muß der Abweichung vom Sollzustand proportional sein, also bei kleiner Abweichung langsam, bei größer werdender Abweichung entsprechend schneller.**
- 3. Größte Regelempfindlichkeit, also Ansprechen des Reglers bei der kleinsten Abweichung vom Sollzustand.**

Diese drei Forderungen zusammen werden von den bekannten Reglern nicht erfüllt. Die elektrischen Regler erfüllen in der Regel Forderung 3, versagen aber bei Forderung 1 und 2, da sie praktisch nur eine oder einige größere Abstufungen in der Regelgeschwindigkeit haben und infolge Massenträgheit im Motorgetriebe leicht ins Pendeln geraten.

Die hydraulischen Regler versagen bei Forderung 1 und 3 durch Reibung in den Steuerorganen und durch Rückwirkung des Flüssigkeitsdrucks an den Steuerkanten. Dagegen erfüllen sie oft Forderung 2.

Es lag nun der Versuch nahe, die Vorteile der elektrischen und hydraulischen Regler zu vereinigen und die Nachteile dieser Regler auszuschalten.

Aus diesen Bemühungen heraus entwickelte sich in jahrelangen Versuchen der

### **Elektrohydraulische Regler.**

Die weiteren Ausführungen geben eine Darstellung der Arbeitsweise des Elektrohydraulischen Reglers und zeigen, wie weit dieser die oben aufgestellten Forderungen 1 bis 3 erfüllt.

## Der Elektrohydraulische Regler

besteht aus dem Impulsgeber, dem Krafteinschalter, dem Verstellmotor, dem Drosselorgan und bei Betrieb mit Drucköl noch aus dem Pumpenaggregat.

**Der Impulsgeber** ist eine in ein kräftiges Gehäuse eingeschlossene feinfühlige Membran.

**Der Krafteinschalter** ist ein kleiner Doppelkolbenschieber und mit der Kontaktvorrichtung in ein Steuergehäuse eingebaut.

**Der Verstellmotor** ist ein Druckzylinder, der über Hebel und Gestänge das

**Drosselorgan** (Drosselklappe, Ventil oder Schieber) verstellt.

\*

### Beschreibung und Arbeitsweise des Elektrohydraulischen Reglers als Gasdruck- bzw. Saugungsregler.

1 ist eine Gasleitung, in der die Gasströmung in der Pfeilrichtung erfolgt. Der Gasdruck hinter der Drosselklappe 2 soll konstant gehalten (geregelt) werden. Der geregelte Druck tritt durch die Impulsleitung 3 auf die rechte Seite der Membran 4 und belastet dieselbe. Das Gewicht 5 hält diesem Druck das Gleichgewicht und ist gleichzeitig ein Maß für die Höhe des geregelten Druckes. Die Feder 6 bestimmt das Ausweichen der Membran für je 1 mm Druckänderung.

Der geregelte Gasdruck sei durch irgendwelche Umstände um ein geringes Maß gestiegen. Die Membran 4 bewege sich um 1 mm nach links. Das Gewicht 5 wird gehoben, und zwar soweit, bis durch das Anspannen der Feder 6 diese um die gleiche Kraft gespannt ist, mit der die Membran 4 belastet wurde. Jetzt ist wieder Gleichgewicht vorhanden.

Durch diesen Vorgang ist aber der am unteren Ende des Hebels 7 befestigte Kontakt 8 auf den Kontakt 9 getroffen und schließt den Stromkreis für den Elektromagneten 10. Dieser zieht im gleichen Augenblick den Anker 11 an und verstellt damit den Doppelkolbenschieber 12. Es tritt jetzt Druckflüssigkeit durch Rohr 16 in den Zylinder 17, sodaß die Drosselklappe 2 sich in schließendem Sinne bewegt. Die Zuleitung der Druckflüssigkeit erfolgt durch Rohr 22.

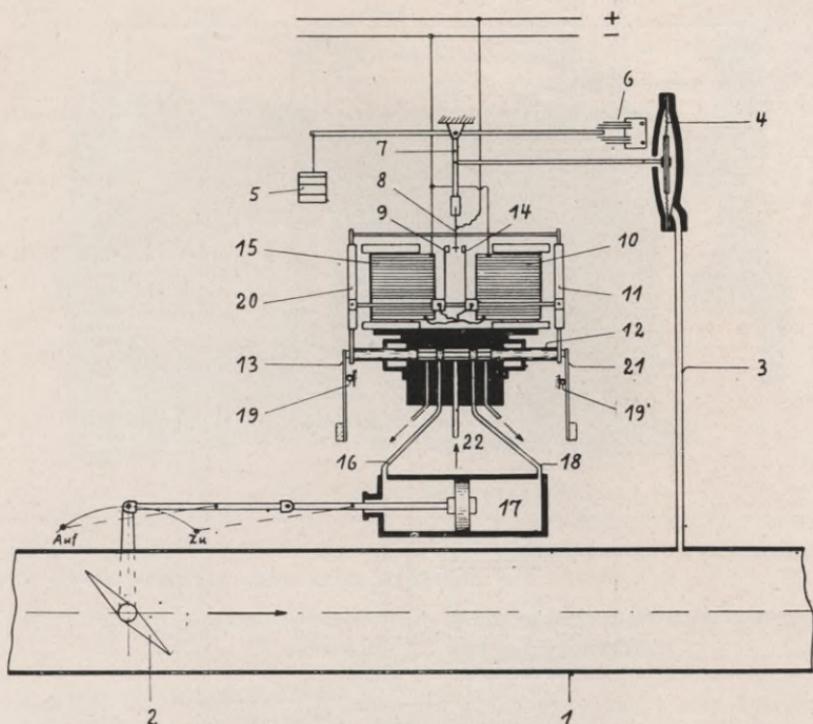


Abbildung 1. Schema eines Elektrohydraulischen Gasdruckreglers.

Hat der Elektromagnet 10 den Anker 11 aber soweit angezogen, wie der Kontakt 8 nach links bewegt ist, so wird jetzt der Strom unterbrochen, denn der Kontakt 9 ist an dem Anker 11 befestigt. In diesem Augenblick tritt die jetzt gespannte Feder 13 in Tätigkeit und drückt den Doppelkolbenschieber 12 wieder zurück in seine Deckstellung. Hierbei trifft aber Kontakt 9 auf den Kontakt 8. Der Elektromagnet 10 will jetzt den Anker 11 erneut anziehen. Die Massenkraft des zurücklaufenden Doppelkolbenschiebers, der seine Beschleunigung durch die Feder 13 erhalten hat, überwiegt aber in diesem Augenblick die elektromagnetische Kraft und der Doppelkolbenschieber gelangt erst in seine Deckstellung. Jetzt bekommt der Elektromagnet 10 das Uebergewicht und bewegt den Doppelkolbenschieber erneut aus seiner Deckstellung. Feder 13 wird durch Anschlag 19 begrenzt.

Es wird also bei kleinen Druckänderungen der Doppelkolbenschieber in einer hin- und hergehenden Bewegung gehalten, so daß auf diese Weise ein langsames Einregeln erfolgt. Ganz besonders

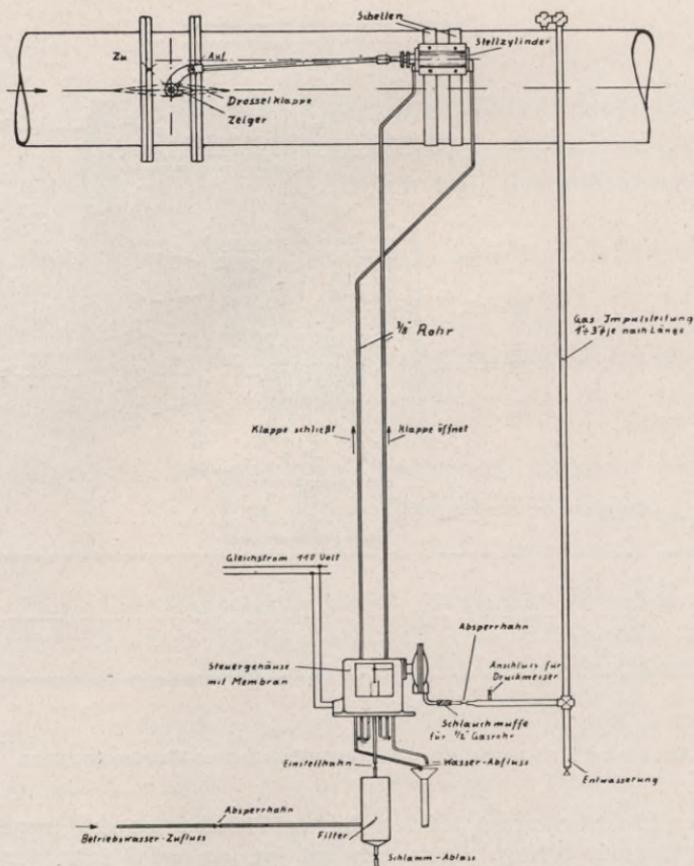


Abbildung 2.

Beispielsweise Anordnung des Elektrohydraulischen Reglers als Gasdruckregler.

noch deshalb, weil das Ausweichen des Doppelkolbenschiebers genau proportional den Druckänderungen ist. Der Doppelkolbenschieber kommt in seine Deckstellung zurück, bevor sich eine Druckänderung durch dieses eine Arbeitsspiel hinter der Membran bemerkbar macht. Wird der eingestellte Druck hierdurch noch nicht erreicht, so erfolgt jetzt erneut von der Deckstellung aus das zweite und wenn erforderlich noch weitere Arbeitsspiele (siehe Regelcharakteristik Seite 11).

Der Elektrohydraulische Regler kann also garnicht zum Pendeln kommen, da er immer wieder von der Deckstellung aus die Regelung vornimmt und nicht erst wartet bis nach dem Ausweichen des Doppelkolbenschiebers sich eine Korrektur der Regelung hinter der

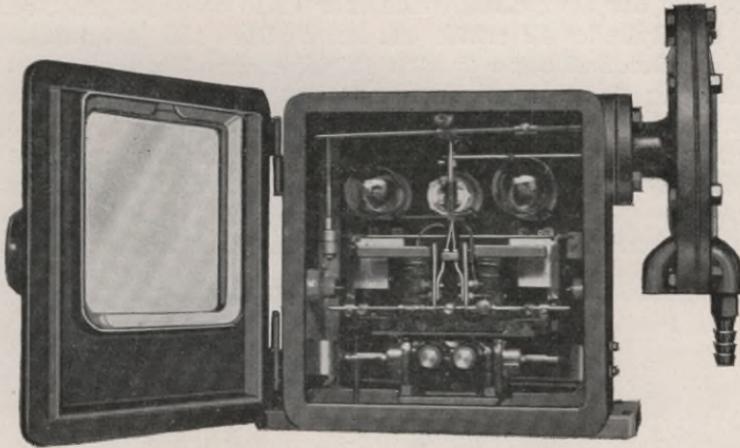


Abbildung 3. Steuergehäuse.

Membran bemerkbar macht. **Es ist damit ein vollständig neues Regelprinzip aufgestellt.**

**Beim Durchgang durch den Sollwert steht der Regler still. Forderung 1 ist also erfüllt.**

Sind die Druckschwankungen sehr groß, so weicht die Membran weiter aus und bewegt auch den Kontakt 8 um ein größeres Maß, als die Entfernung zwischen Elektromagnet 10 und Anker 11 beträgt. Jetzt wird der Doppelkolbenschieber 12 ganz aus seiner Deckstellung gezogen und verharrt hier. Die Regelung erfolgt jetzt mit der größten Geschwindigkeit, aber nur so lange, bis der geregelte Druck sich dem eingestellten Wert nähert. Die Membran geht zurück. Sobald aber die Abweichung des Kontaktes 8 kleiner wird als die Entfernung zwischen Elektromagnet 10 und Anker 11 im Ruhezustand beträgt, in dem Augenblick wird der Strom zwischen Kontakte 8 und 9 unterbrochen und der Doppelkolbenschieber 12 wieder in hin- und hergehende Bewegung versetzt. Zuerst sind die Ausschläge größer, mit Annähern des Regeldruckes an die eingestellte Höhe werden auch die Ausschläge kleiner.

**Der Elektrohydraulische Regler regelt also mit einer den Druckänderungen proportionalen Geschwindigkeit ohne Pendelgefahr.**

**Er erfüllt also auch Forderung 2.**

Bei sinkendem Druck erfolgt die Regelung über Kontakte 8 und 14. Elektromagnet 15 zieht in vorbeschriebener Weise den Anker 20 an

und bewegt den Doppelkolbenschieber 12 in entgegengesetzter Richtung. Der Zylinder 17 erhält jetzt durch Rohr 18 Druckflüssigkeit, sodaß die Drosselklappe 2 sich in öffnendem Sinne bewegt. Die Rückführung des Doppelkolbenschiebers 12 in seine Deckstellung erfolgt durch Feder 21.

**Da die Membran keinerlei Arbeit zu leisten hat und nur die Berührung der Kontakte zur Einleitung der Regelung genügt, erreicht der Elektrohydraulische Regler eine Empfindlichkeit, die nicht zu überbieten ist.**

**Forderung 3 wird also auch erfüllt.**

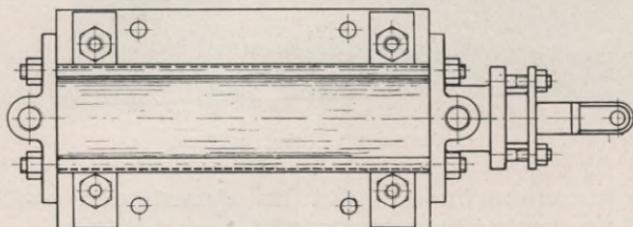


Abbildung 4. Stellzylinder.

Gleichzeitig sind aber die Steuerkräfte sehr groß. Sie betragen schon bei der geringsten Kraft hinter der Membran ca. 500 bis 1000 Gramm. Bei den bekannten hydraulischen Reglern entspricht dieser Kraft eine Druckänderung hinter der Membran oder unter der Tauchglocke von etwa 20 mm W. S.

Ergebnis:

**Der Elektrohydraulische Regler erfüllt die drei aufgestellten Forderungen in vollkommenster Weise.**

Da der Regler keinerlei Feinmechanik hat, ist er für rauhe Betriebe sehr geeignet. Er braucht keinerlei Wartung bei Betrieb mit Drucköl. Bei Betrieb mit Druckwasser ist nur dafür zu sorgen, daß dieses keine Unreinigkeiten mitführt. Die Betriebskosten sind so niedrig, daß sie praktisch keine Bedeutung haben im Gegensatz zu den elektrischen Reglern, bei denen die Motoren ständig laufen.

Der Elektrohydraulische Regler eignet sich in ausgezeichnete Weise zur Regelung eines Zustandes von Gas, Dampf und Wasser. Er ist ein Hilfsmittel bei der Feuerungsführung. Stets wird er den Betrieb automatisieren und von menschlicher Unzuverlässigkeit frei machen.

Wie der Elektrohydraulische Regler in der Praxis die ihm gestellten Aufgaben erfüllt, wird weiter unten gezeigt.

## Die Charakteristik des Elektrohydraulischen Reglers.

Die bisher bekannten Regler zeigen alle infolge Trägheit, Reibung oder Dämpfung ein mehr oder weniger starkes Pendeln um die Sollstellung. Sind die Regler mit Rückführung des Steuerorgans vom Servomotor aus versehen, so wird die Pendelerscheinung nach einigen immer kleiner werdenden Schwingungen um die Sollstellung aufhören. Diese Regler finden Anwendung an Gas- und Dampfmaschinen. Hier liegen meistens die Verhältnisse günstiger als bei der Gasregelung, da die Maschinen nie derart schwankend belastet sind, wie sich beispielsweise der Gasdruck in den Leitungen der Zechen und Hüttenwerke ändert. Bei der Gasregelung würden die Vorteile der Rückführung gar nicht in Erscheinung treten können, da, bevor der Regler den Sollzustand eingestellt hat, der Gaszustand (Druck oder Menge) sich geändert hat. Außerdem erfordert die Anordnung einer Rückführung den Zusammenbau von Steuerung und Servomotor mit dem Drosselorgan. Dieses läßt sich bei der Gasregelung in den meisten Fällen nicht durchführen, da die Regelstelle in der Gasleitung oft weit von der Steuerung entfernt ist.

Es ist nun mit mehr oder weniger Erfolg vieles versucht worden, um an Gasreglern die Pendelerscheinungen fortzubringen. Von einem Gasregler muß verlangt werden, daß in dem Augenblick, wo der Sollzustand erreicht ist, der Regler stillsteht und nicht über diese Grenze hinausgeht.

Wie der Elektrohydraulische Regler diese Forderung einwandfrei erfüllt, geht aus der Beschreibung hervor.

Nachstehende Ausführungen und Abbildung 5 zeigen nun die auf das neue Regelprinzip aufgestellte Charakteristik des Elektrohydraulischen Reglers. Diese ist von denen der bekannten Regler grundsätzlich verschieden.

In Abbildung 5 zeigt Schaulinie A die Änderung des Gasdrucks, Schaulinie B die Bewegung des Steuerkolbens und Schaulinie C die Bewegung des Servomotors. Auf den Abcissenachsen ist die Zeit stark vergrößert aufgetragen. Die Ordinaten zeigen in A die Änderungen des Gasdrucks, in B den Ausschlag des Steuerkolbens und in C die Bewegung des Servomotors.

Der Gasdruck erhöhe sich beispielsweise von a bis b. Die Meßvorrichtung schließt über die betreffenden Kontakte den Strom für den einen Magneten, der nun den Steuerkolben anzieht. Hat der Gasdruck den Punkt c erreicht, so hat die Meßvorrichtung ihren größten Ausschlag gemacht und damit der Steuerkolben seine größte Ausweichung erreicht, eben die von a' bis c', und verharrt in dieser, bis der Gasdruck sich dem Punkte d nähert. Nach Unterschreiten dieses Punktes fängt auch die Meßvorrichtung wieder an umzukehren. In diesem Augenblick lösen sich die Kontakte und der Steuerkolben gelangt in seine Deckstellung e', wenn der Gasdruck die Höhe e erreicht hat. Dieser Gasdruck entspricht aber noch nicht der Sollhöhe. Es erfolgt also in der Deckstellung e' des Steuerkolbens erneut Kontakt. Der Steuerkolben wird jetzt von dem Magneten

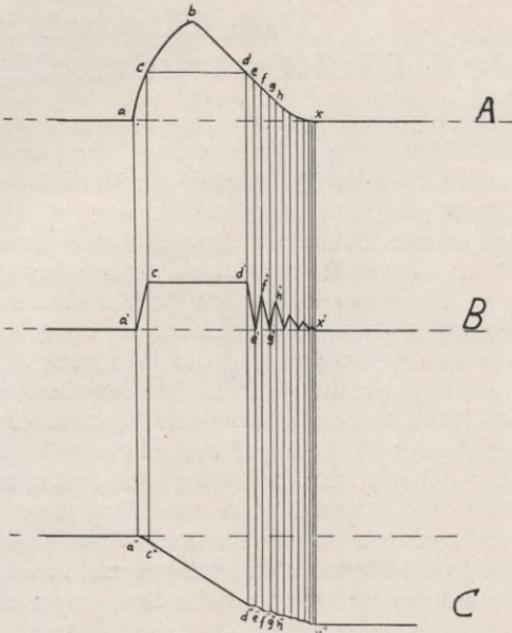


Abbildung 5  
Charakteristik des Elektrohydraulischen Reglers.

nur bis f' aus seiner Deckstellung gezogen, da die Meßvorrichtung auch nur einen Ausschlag dem Gasdruck f entsprechend macht. Die Kontakte lösen sich wieder, da der Gasdruck weiter unter f sinkt, und der Steuerkolben erreicht bei g' erneut seine Deckstellung, um hier wiederum Kontakt zu geben, da der Gasdruck noch nicht die Sollhöhe erreicht hat. So wiederholt sich das Spiel solange, bis daß der Gasdruck den eingestellten Wert erreicht.

Die Ausschläge des Steuerkolbens werden also immer kleiner, je mehr sich der Gasdruck dem Sollwert nähert. Damit wird auch die Regelgeschwindigkeit des Servomotors immer mehr verlangsamt, sodaß ein Überregeln nicht eintreten kann.

Die Bewegung und Geschwindigkeit des Servomotors zeigt Schaulinie C. Beim Ausschlag des Steuerkolbens von a' bis c' wird der Servomotor von a'' gleich Null bis c'' gleich max. Geschwindigkeit

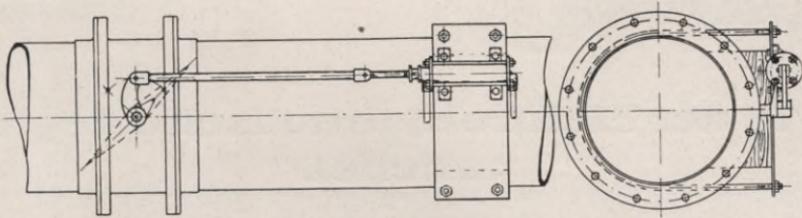


Abbildung 6. Befestigung des Stellzylinders an der Rohrleitung.

beschleunigt. Solange der Steuerkolben seine größte Ausweichung behält, also von  $c'$  bis  $d'$ , verstellt der Servomotor das Drosselorgan mit der in  $c''$  erreichten max. Geschwindigkeit bis  $d''$ . Von  $d''$  bis  $e''$  verzögert sich die Geschwindigkeit des Servomotors bis auf Null, da in  $e'$  der Steuerkolben seine Deckstellung erreicht. Von  $e''$  bis  $f''$  wird der Servomotor wiederum beschleunigt, erreicht aber nicht die vorige Geschwindigkeit, da der Steuerkolben nur bis  $f'$  ausweicht. Beim Zurückgehen des Steuerkolbens verzögert sich die Geschwindigkeit des Servomotors wiederum, bis er in  $g''$  zum Stillstand kommt. So gelangt allmählich der Servomotor in seine neue Lage bei  $x''$  und stellt den Sollwert des Gasdrucks wieder ein, ohne über diesen hinauszugehen.

**Die charakteristischen Schaulinien zeigen also, daß der Elektrohydraulische Regler immer wieder von der Mittelstellung aus die Regelung neu einleitet und eine den Druckänderungen entsprechende Regelschwindigkeit einstellt.**

## Wie der Elektrohydraulische Regler arbeitet.

Die Diagramme sind mit dem Elektrohydraulischen Regler auf dem Versuchsstand aufgenommen. Der Vordruck schwankte ständig in Perioden von  $\frac{1}{2}$  Minute zwischen 20 und 90 mm W. S.

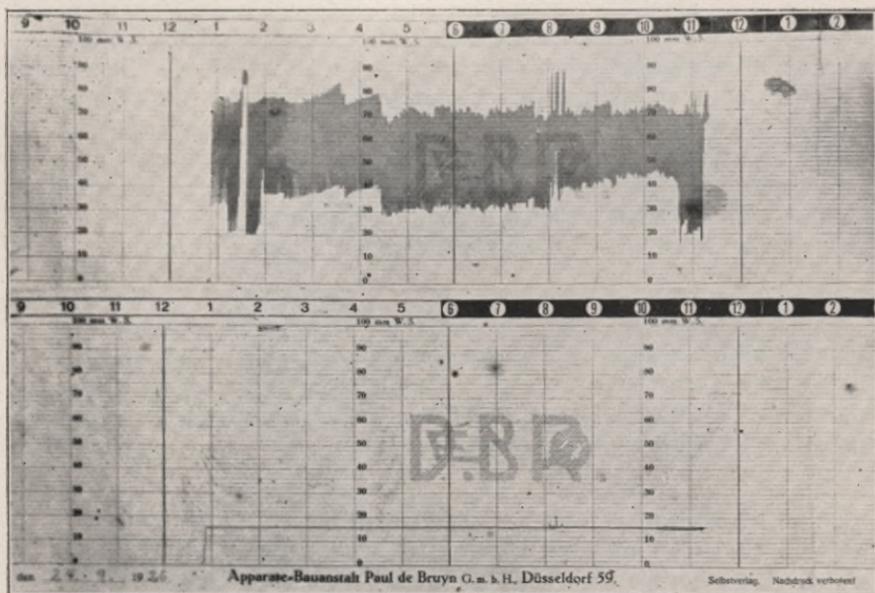


Abbildung 7

In welcher einwandfreier Weise der Regler den Druck auf 15,8 mm abdrosselte, zeigt die Regelkurve Abbildung 7.

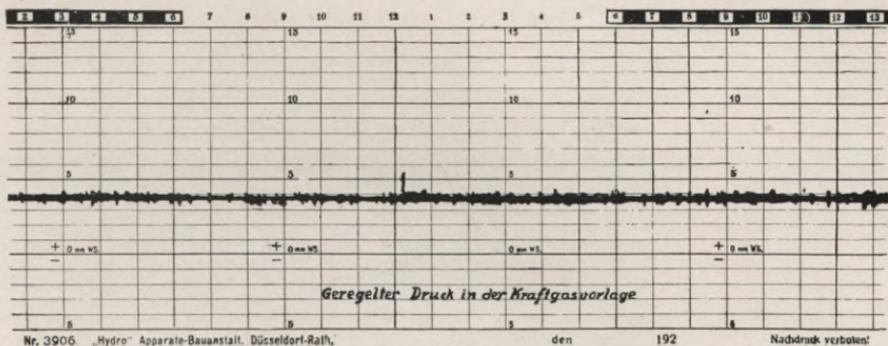


Abbildung 8

zeigt, mit welcher Genauigkeit der Elektrohydraulische Regler den Druck in der Kraftgasvorlage der Batterie 2 (Abb. 9) konstant hält

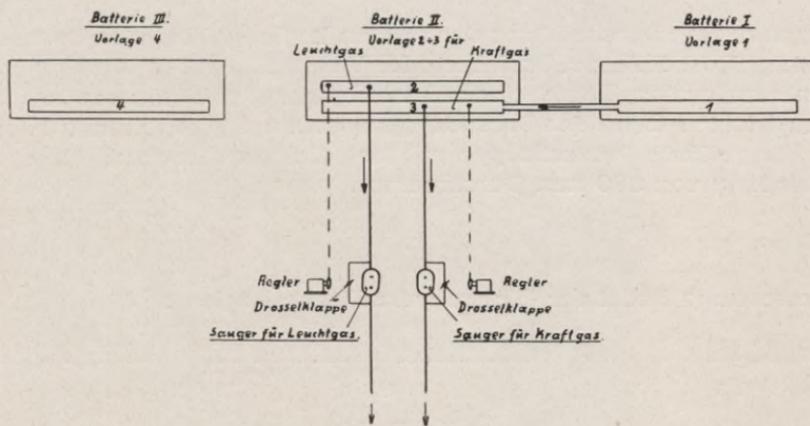


Abbildung 9

Die Anlage ist insofern bemerkenswert, daß Batterie 2 zwei Vorlagen hat, eine für Kraftgas, die andere für Leuchtgas. Beide Vorlagen werden durch je einen Elektrohydraulischen Regler geregelt. Die Drosselklappen sind in die Umgangsleitungen der Gassauger eingebaut. Der Sauger der Kraftgasvorlage hat aber noch das Gas von Vorlage 1 (Batterie 1) mit abzusaugen, da der Sauger für Batterie 1 außer Betrieb ist. Die Verhältnisse sind also für eine Saugungsregelung nicht besonders günstig. Trotzdem ist das Ergebnis die Kurve Abbildung 8.

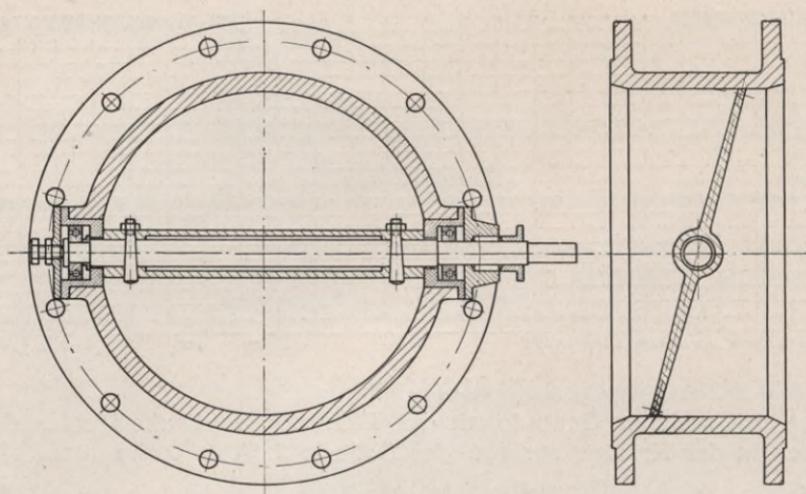


Abbildung 10.

Auch auf die Durchbildung der zu dem Regler gehörenden Drosselorgane (Drosselklappe, Schieber oder Ventil) ist großer Wert gelegt, denn zum großen Teil ist eine präzise Regelung von einem reibungsfreien leichten Gang des Drosselorgans abhängig. Abbildung 10 ist eine ausgeführte Drosselklappe mit fast dichtem Abschluß für eine Rohrleitung von 500 mm Durchmesser.

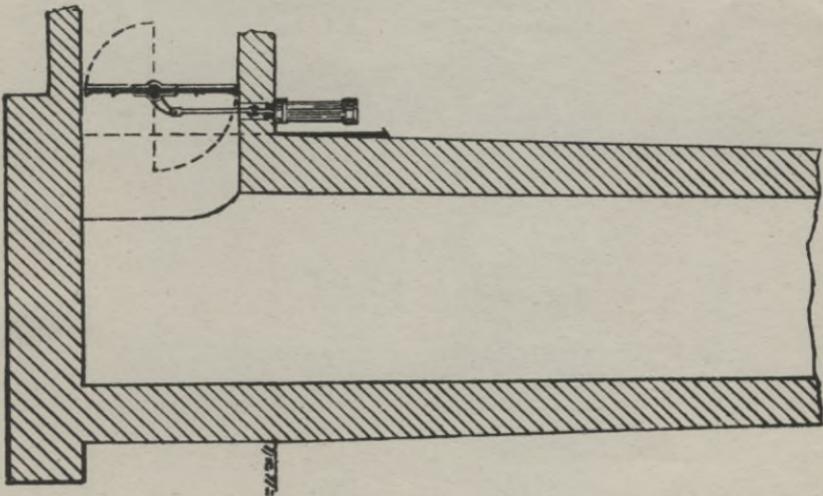
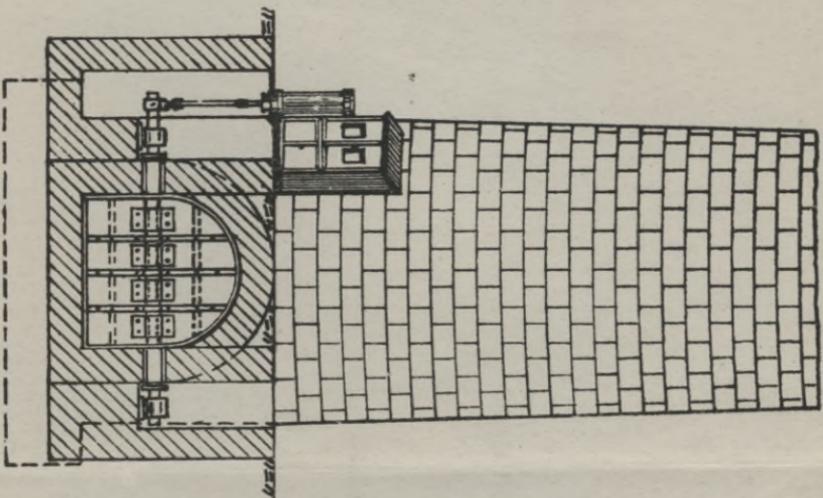
\*

Anwendung findet der Elektrohydraulische Regler in

| Gaswerken und Kokereien | Hüttenwerken und Gasbetrieben | Dampfbetrieben  |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------|
| als                     | als                           | als             |
| Saugungsregler          | Druckregler                   | Druckregler     |
| Umlaufregler            | Zugregler                     | Zugregler       |
| Zugregler               | Überschußregler               | Überströmregler |
| Druckregler             | Sicherheitsregler             |                 |
|                         | Verteilungsregler             |                 |
|                         | usw.                          |                 |

Wollen Sie dazu übergehen, irgendwelche Zustände oder Vorgänge in Ihren Betrieben selbsttätig zu regeln, so bitte ich Sie, kostenlos und unverbindlich Drucksachen, Vorschläge und Angebot zu verlangen

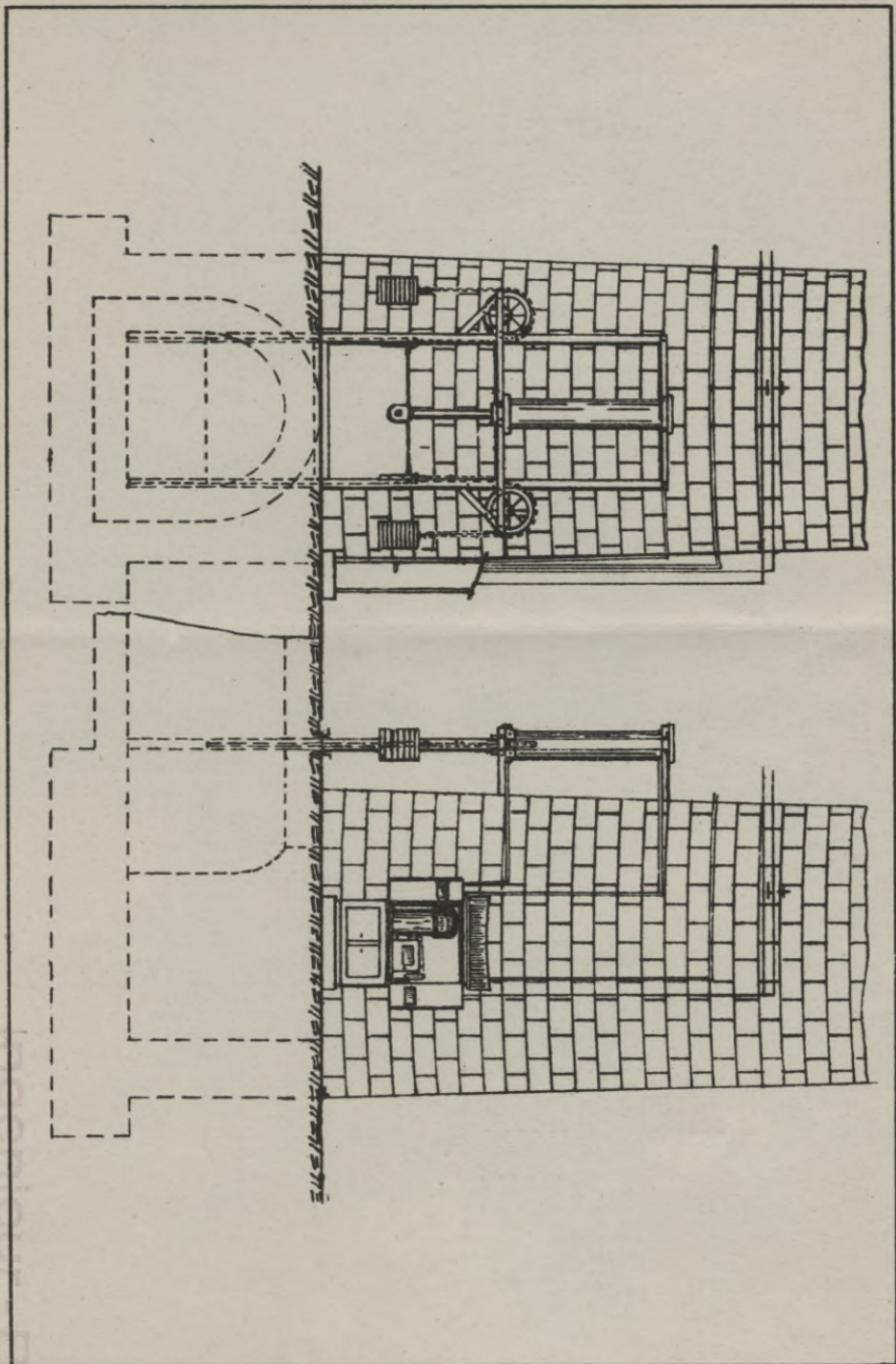
BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW  
16  
Ingenieur-Leser  
für Wärmewirtschaft  
E. Unruh, Essen



Ingenieur Büro  
für Warmwirtschaft  
E. Unruh, Essen.

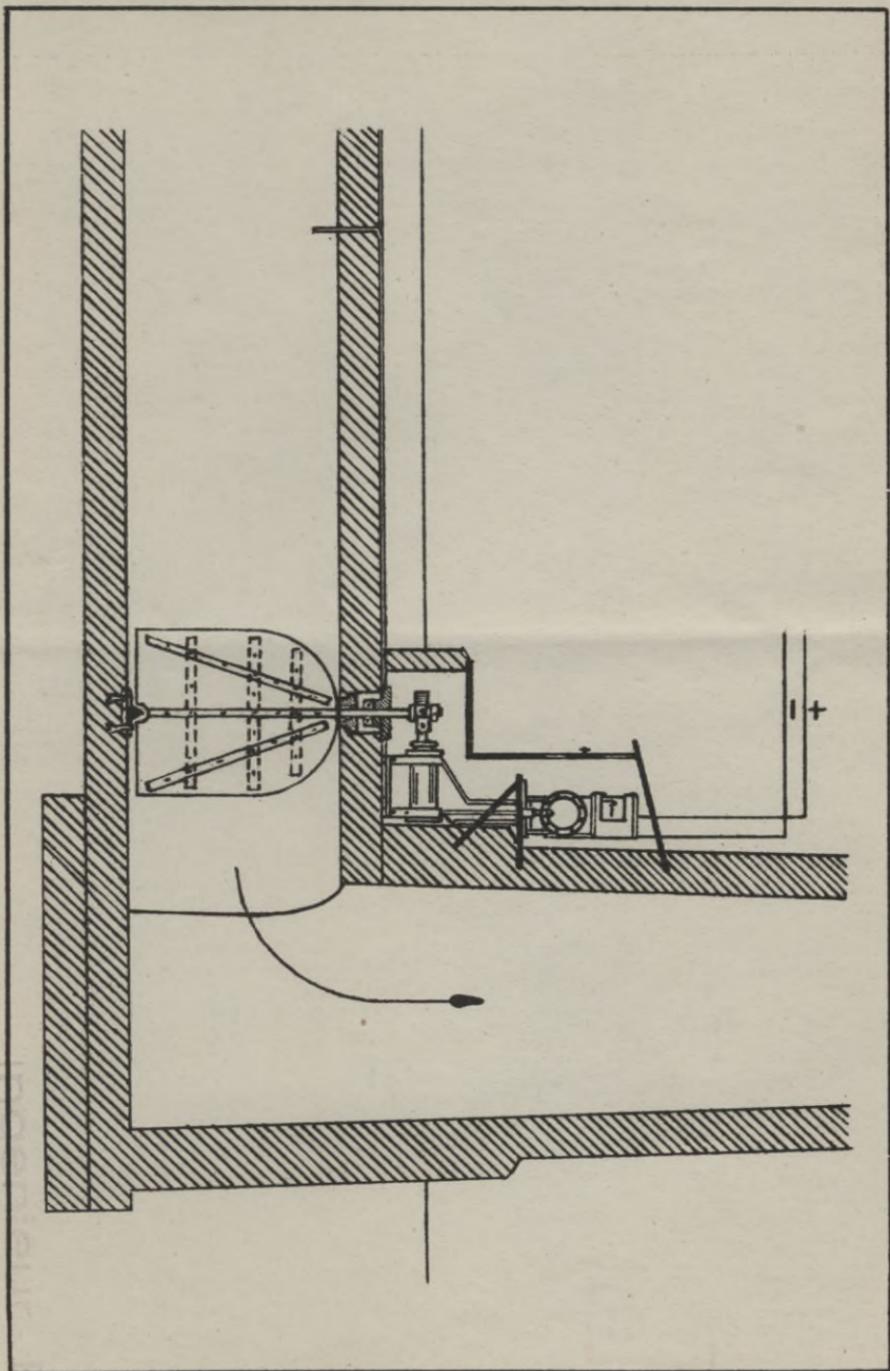


BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



for Wirtschaft  
Duro

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

§. 61



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II 31425  
L. inw. ....

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298320