

Neuntes Capitel.

Die Regulatoren.

Von der Regulirung im Allgemeinen. Bei dem Betriebe der §. 174.
Maschinen hat man fast ausnahmslos möglichste Regelmäßigkeit und Gleichförmigkeit ihres Ganges als ein Haupterforderniß ihrer guten Wirkung anzusehen, und man wendet daher zur Erzielung einer solchen Regelmäßigkeit gewisse Maschinenteile und Mechanismen an, welche man unter dem allgemeinen Namen der Regulatoren zusammenzufassen pflegt. Diese Mittel können dem besagten Zwecke in sehr verschiedener Art dienen, indem sie z. B. die Geschwindigkeit der Maschine zu reguliren, oder die ausgeübte Kraft bezw. den zu überwindenden Widerstand gleichmäßig zu machen, oder indem sie das Product aus jenen beiden Elementen, d. h. die auszuübende Arbeitsleistung, constant zu machen streben. Geboten erscheint eine solche Regulirung aus mehrfachen Gründen, ebensowohl aus Rücksicht auf die Güte des zu erzielenden Products und auf ökonomischen Betrieb, wie in Hinsicht auf große Dauerhaftigkeit der Maschinen und Einfachheit der Anlage. Bei dem Betriebe einer Spinnerei z. B. erfordert die Herstellung gleichmäßigen Garns möglichst constante Geschwindigkeit der antreibenden Maschine, und ebenso wird eine solche in Mahlmühlen nothwendig sein, um mit gegebener Betriebskraft das größtmögliche Quantum Getreide zu vermahlen. Bei mechanischen Webstühlen wird die Gleichmäßigkeit des Gewebes wesentlich von der gleichmäßigen Spannung der Kettenfäden und Energie des Ladenschlages abhängen. Zum Betriebe intermittirend wirkender Maschinen, welche wie Eisenwalzwerke und Aufzugsvorrichtungen ihrem Wesen nach mit Perioden des Leerganges verknüpft sind, gestattet die Anwendung des Schwungrades bezw. des Accumulators eine gleichmäßig auszuübende

Arbeit der Betriebsmaschine und damit geringere Größe und einfachere Anordnung derselben.

Es ergibt sich schon aus diesen wenigen Beispielen, daß die Wirkungsweise und Einrichtung der regulirenden Organe eine sehr verschiedenartige ist, je nach der Verschiedenheit des beabsichtigten Zweckes.

Fragt man nach der Ursache, welche überhaupt Unregelmäßigkeiten in dem Gange irgend einer Maschine zu erzeugen vermag, so ergibt sich ohne Weiteres immer als solche die Ungleichheit zwischen den Momenten der treibenden Kraft und des zu überwindenden Widerstandes, indem eine jede solche Ungleichheit nothwendig eine Beschleunigung resp. Verzögerung der Maschine, also eine Veränderung von deren Geschwindigkeit zur Folge haben muß. Zur Vermeidung solcher Ungleichförmigkeiten ergibt sich daher auch von selbst als das einzige Mittel die Wiederherstellung des Gleichgewichts zwischen Kraft und Widerstand der Maschine. Da diese Bedingung nun ebensovohl durch eine entsprechende Veränderung des Widerstandes wie auch der Triebkraft geschehen kann, so lassen sich alle Regulatoren ungezwungen in zwei große Gruppen bringen, je nachdem sie die besagte Gleichheit durch Abänderung der Kraft oder des Widerstandes bewirken. Bis zu gewissem Grade übt die Natur schon von selbst eine derartige regulirende Wirkung aus, insofern alle uns bekannten Triebkräfte mit steigender Geschwindigkeit ihres Angriffspunktes an Intensität verlieren, während die Widerstände sich mit der Geschwindigkeit vergrößern. Ein Wasserrad z. B., welches eine Mahlmühle betreibt, muß, wenn es plötzlich voll beaufschlagt wird, während gleichzeitig die Mahlgänge ganz oder theilweise ausgerückt werden, seine Geschwindigkeit zwar vergrößern, aber nicht ohne Grenzen, sondern nur so lange, bis die verminderte Arbeitsleistung des Wassers mit derjenigen der vermehrten Reibungs- und Nutzwiderstände im Gleichwichte ist. Unter allen Umständen wird das Wasserrad doch nur eine Umdrehungszahl annehmen können, vermöge deren die Schaufeln mit derselben Geschwindigkeit ausweichen, mit welcher das Wasser sich gegen sie bewegt. Diese Art der Selbstregulirung genügt aber in der Praxis niemals, da die hierdurch bedingten Grenzen der Geschwindigkeiten für die zu erreichenden Zwecke der Maschinenarbeit viel zu weit aus einander liegen, ja in den meisten Fällen Beschleunigungen sich einstellen würden, welche die Festigkeit der Maschinentheile gefährden.

Faßt man zuerst diejenigen Regulirungseinrichtungen ins Auge, welche die Gleichförmigkeit durch entsprechende Abänderung des Widerstandes bewirken, so muß man, da die Widerstände überhaupt als nützliche Arbeitswiderstände oder schädliche Reibungswiderstände auftreten, die hierher gehörigen Vorkehrungen danach unterscheiden. Zu den Regulatoren mit Abänderung der schädlichen Reibungswiderstände gehören vor allem die Bremsen, wie man sie bei Windmøhlen zum Niederlassen von Lasten und

bei Fuhrwerken beim Herabfahren auf geneigten Ebenen anwendet. Da hierbei die aus dem Gewichte der sinkenden Last resultirende Triebkraft die gewöhnlichen Reibungswiderstände überwiegt, so fügt man zur Verhinderung einer beschleunigten Bewegung den Widerständen die Reibung der Bremse in solchem Betrage hinzu, daß Gleichgewicht der Kräfte und damit eine gleichmäßige Bewegung die Folge ist. Ebenso hat man hierhin die Windflügel zu rechnen, welche bei den Schlagwerken der Uhren zur Erzielung einer gleichmäßigen Senkung des Triebgewichtes zur Anwendung kommen. Auch zur Regulirung der Fadenspannung der Kette in Webstühlen wird vielfach die Reibung an dem Kettenbaume gleichmäßig verringert, entsprechend dem mit allmäliger Entleerung desselben verkleinerten Hebelarme der Kettenspannung. Alle diese Einrichtungen sind natürlich mit einem entsprechenden Verluste an mechanischer Arbeit verknüpft, abgesehen davon, daß diese Arbeit auch noch auf die Abnutzung der bremsenden Theile schädlich wirkt. Man wird diese Mittel daher auch nur in solchen Fällen anwenden, wo man, wie bei den besagten Windwerken, die betreffende Arbeitsleistung doch nicht wohl nützlich verwenden könnte, oder wo, wie bei den Webstühlen, die Geringfügigkeit der verlorenen Arbeit gegen andere Rücksichten der Fabrikation verschwindet. Es würde jedoch vollkommen verwerflich sein, wollte man den Gang der Betriebsmaschine irgend einer Fabrikanlage durch Einschaltung künstlicher Widerstände reguliren.

Dagegen wendet man solche Mittel häufig an, welche die Regulirung durch Einführung nützlicher Widerstände derartig bewirken, daß die im Ueberschusse auftretende Triebkraft dazu verwendet wird, eine gewisse mechanische Arbeit in dem betreffenden Organe aufzuspeichern, welche Arbeit in der Folge zur Wirkung kommt, sobald die treibende Kraft unter den Betrag des durchschnittlichen Widerstandes herabsinkt. Hierzu gehören zunächst die Gegengewichte, welche von der im Ueberschusse vorhandenen Kraft auf bestimmte Höhe erhoben werden, um die hierdurch aufgenommene Arbeit beim nachherigen Herabsinken wieder zur Unterstützung der Bewegung zu äußern. Als eine besondere Art solcher Gegengewichte hat man auch die sogenannten Accumulatoren aufzufassen, wie dieselben bei intermittirend in Thätigkeit zu setzenden Arbeitsmaschinen zur Verwendung kommen, und ist es im Wesentlichen gleichbedeutend, ob der Widerstand des Accumulators hierbei durch ein wirkliches auf dem Kolben lastendes Gewicht oder durch den Druck von comprimirter Luft in einem Windkessel dargestellt ist. Ebenso gehören hierher die Schwungmassen, welche meist in Form von Schwungrädern zur Anwendung kommen, und bei denen nicht durch die Erhebung einer Last, sondern durch Beschleunigung von Massen die betreffende Arbeit in Form von lebendiger Kraft aufgespeichert wird. Eine solche Aufspeicherung und Wiederabgabe von Arbeit kann daher in einem Schwungrade nur dadurch

möglich gemacht werden, daß das letztere in der That abwechselnd größere und kleinere Geschwindigkeiten annimmt. Das Auftreten von Geschwindigkeitschwankungen wird daher niemals durch die Anwendung von Schwungmassen gänzlich zu beseitigen sein, d. h. man wird durch dieses Mittel auch niemals die Bewegung zu einer vollkommen gleichförmigen machen können. Einer solchen kann der Bewegungszustand nur angenähert werden, indem man durch beträchtliche Massen die aus den Kraftschwankungen hervorgehenden Aenderungen der Geschwindigkeit möglichst klein macht. Man wendet Schwungmassen vorzugsweise bei rotirenden und Gewichtswirkung insbesondere bei alternirenden Bewegungen zu dem besagten Zwecke an. Wenn man indeß auch bei rotirenden Axen, wie z. B. bei Dampfmaschinen, Gegengewichte anbringt, so geschieht dies in der Regel nur zu dem Zwecke, die Gewichte anderer einseitig angeordneter Maschinentheile, wie Lenkerstangen, Kurbeln 2c., abzubalanciren. Ihr Zweck besteht dann der Hauptsache nach darin, daß sie die aus einseitiger Anordnung der Massen erfolgenden Stoßwirkungen möglichst verhindern und einen ruhigen Gang der Maschine veranlassen sollen.

Mit der Anwendung dieser Art von Regulatoren ist ein Verlust an mechanischer Arbeit nur insofern verbunden, als durch ihre Anordnung gewisse schädliche Nebenhindernisse, wie Reibungen, hervorgerufen werden. Von diesen letzteren abgesehen, wird jedoch die zum Heben der betreffenden Gewichte oder zum Beschleunigen der Massen aufgewendete Arbeit im vollen Betrage wieder nutzbar, sobald die Gewichte wieder sinken oder die Massen verzögert werden.

Die zweite Gruppe der regulirenden Organe, welche man meist im engeren Sinne unter der Bezeichnung Regulatoren begreift, besteht aus solchen Mechanismen oder Getrieben, die durch eine den jeweiligen Widerständen entsprechende Abänderung der treibenden Kraft einen regelmäßigen Gang der Maschinen zu erhalten bestrebt sind. Hierhin gehören die bei den Dampfmaschinen und Wasserrädern angewandten Vorrichtungen, welche, an dem Gange der Maschinen directen Antheil nehmend, im erforderlichen Falle durch Veränderung der Intensität des der Maschine zufließenden Motors, Dampf oder Wasser, den gewünschten Gleichgewichtszustand zwischen Kraft und Widerstand herbeiführen.

Für alle Arten von Regulatoren gilt übrigens die allgemeine Bemerkung, daß sie einen absolut gleichmäßigen Bewegungszustand der Maschine niemals herbeiführen können, daß vielmehr nur eine mehr oder minder große Annäherung an diesen idealen Zustand durch sie erreichbar ist. Man wird daher die Güte einer derartigen Einrichtung, abgesehen von anderen hier in Betracht kommenden Rücksichten, wie z. B. der Einfachheit ihrer Anordnung,

wesentlich nach dem Grade der Ungleichförmigkeit zu beurtheilen haben, welche sie in der Maschine noch zulassen.

Bremsen. Hierunter versteht man alle diejenigen Vorrichtungen, welche §. 175. die Bewegung einer Maschine durch einen künstlich hervorgerufenen Reibungs-
widerstand mäßigen oder nach Befinden ganz aufheben. Um eine solche Reibung in hinreichendem Betrage zu erzeugen, hat man das betreffende Organ der Bremse mit einer entsprechenden Kraft R gegen einen anderen, zu ihm in relativer Bewegung befindlichen Maschinetheil zu pressen, so daß die zwischen den beiden Körpern auftretende Reibung $F = \varphi R$ der Bewegung hemmend entgegentritt. In den meisten Fällen hat der zu bremsende Maschinetheil eine rotirende Bewegung, wie z. B. die Trommel einer Aufzugsvorrichtung oder die Räder eines Wagens, doch kommen auch zuweilen Beispiele vor, in denen die Reibung auf geradliniger Bahn zu überwinden ist, wie dies u. A. bei der Anwendung des Hemmschuhes an Fuhrwerken und bei den meisten Sicherheitsvorrichtungen an Aufzügen und Fahrkisten der Fall ist. Handelt es sich bei dem Bremsen lediglich darum, bei einem vorhandenen Ueberschusse der treibenden Kraft über den Widerstand die Bewegung gleichmäßig zu erhalten, so ist der gedachte Reibungswiderstand F gleich P zu machen, wenn unter P der auf denselben Angriffspunkt mit F reducirte Kraftüberschuß verstanden wird. Dieser Umstand findet statt, wenn man bei Windwerken vermittelst der Bremse Lasten gleichmäßig niederlassen will. Häufig tritt aber auch, wie z. B. beim Eisenbahnbetriebe, der Fall ein, daß man eine in der Maschine vorhandene lebendige Kraft ganz oder theilweise vernichten will, und man hat dann durch die Bremse eine dieser lebendigen Kraft L gleichwerthige Reibungsarbeit auszuüben, so daß man $L = Fs$ zu setzen hat, wenn s den Weg bedeutet, welchen der zu bremsende Theil an dem Bremsorgane in der Zeit zurücklegt, während welcher das Bremsen geschehen soll.

Wenn die Bremse überhaupt als Regulator wirken soll, so ist es erforderlich, ihr eine solche Einrichtung zu geben, daß man den erwähnten Druck R den Umständen gemäß jederzeit bequem regeln kann. Von diesem Gesichtspunkte aus ist der seit langer Zeit gebrauchte Hemmschuh der Fuhrwerke, weil er eine solche Druckregulirung nicht gestattet, eine sehr unvollkommene Vorrichtung, ganz abgesehen von dem schädlichen Einflusse, welchen seine Anwendung auf die Beschaffenheit der Straßen ausübt. Der Hemmschuh A , Fig. 707 (a. f. S.), wirkt in der Art, daß er, nachdem man ihn fallen gelassen, das Rad B auf sich aufrollen läßt und dessen rollende Bewegung dadurch aufhebt, daß die straff gewordene Kette C ihn mit der Geschwindigkeit des Wagens und der Ase D fortzieht. Der Widerstand, welcher hierdurch erzeugt wird, ist daher immer durch diejenige Reibung gegeben, welche unter