

so, dass der untere Theil der Coulisse auf den die Schieberstangen antreibenden Schlitten wirkt, kann eine ähnliche Wirkung entstehen, und es findet in diesem Falle die Umkehrung der Dampfadmission selbstthätig statt.

Jene Maschinen, bei welchen die Coulisse an einem fixen Punkte aufgehangen ist, und wo die Aufzugsvorrichtung eine lange, zwischen den Schlitten und die Schieberstange eingefügte Schubstange in Thätigkeit setzt, sind diesen plötzlichen Rückschlägen des Steuerungshebels nicht ausgesetzt. Dasselbe findet offenbar statt, wenn der Hebel durch eine Schraube ersetzt ist. Eine der Hauptursachen, warum die Anwendung des Gegendampfes in Frankreich guten Erfolg hatte, war die, dass man, statt des gewöhnlichen Steuerungshebels, die Umsteuerung mittelst Schraube einführte, welche man dem Herrn Marié, Ober-Ingenieur des Maschinenwesens des Bahnnetzes von Paris nach Lyon und nach dem mittelländischen Meere, verdankt; dieses werthvolle Hilfsorgan hat es dem genannten Ingenieur ermöglicht, die Anwendung des neuen Systems des Gegendampfes zu verallgemeinern und es bei allen Zweigen des Dienstes zu benützen; bis jetzt hat noch keine andere Eisenbahn so vielfache Anwendungen dieses Systems gemacht, und deren Zahl übersteigt sicherlich jene auf sämtlichen übrigen Bahnen des ganzen Continents.

Anwendung des Gegendampfes.

§. 1. Zweck und Vortheile des neuen Systems.

Die Anwendung eines einfachen Kunstgriffs, welcher geeignet war, die der Anwendung des Gegendampfes entgegenstehenden Schwierigkeiten zu beseitigen, entsprach einem mit jedem Tage fühlbarer hervortretenden Bedürfnisse. Die Bahnen mit stärkern Steigungsverhältnissen vervielfältigen sich, die Züge werden schwerer und ihre Geschwindigkeiten nehmen zu; dadurch dass man aus dem Kessel einen kleinen Wasserstrahl entnimmt, welcher den Raum des Ausströmungsrohrs mit einem Gemenge von Dampf und Wasser erfüllt, ist es möglich geworden, alle Schwierigkeiten gründlich zu beseitigen.

Auf sämtlichen Bahnstrecken des ganzen französischen Bahnnetzes, deren Gefälle 12 bis 15 Millimeter pro laufenden Meter übersteigt, fahren heutigen Tages die Züge in der Richtung nach abwärts mit Anwendung des Gegendampfes und ohne Beihülfe der Bremsen, mit

einer so regelmässigen Geschwindigkeit, wie die Sicherheit sie nur bedingen kann, ohne dass die Maschinen in aussergewöhnlicher Weise angestrengt würden, und mit einer ganz unerheblichen Vermehrung der Kosten für das Brennmaterial.

Die Radbandagen der Tender und der mit Bremsen versehenen Waggon sind den Ursachen der Abnutzung und Deformation, welche ihr Gleiten auf den Schienen oder ihre Reibung an den Bremsklötzen hervorbringt, nicht mehr unterworfen; die Schienen sind vor der vorzeitigen Abnutzung, welche die Reibung der Räder früher herbeiführte, geschützt; die Schienenbrüche, welche in Folge der an der Oberfläche der Radbandagen durch andauernde Reibung entstandene Flachstellen stattfanden, sind vermieden; endlich werden namhafte Ersparnisse an den Schmierungskosten dadurch erzielt, dass die Räder sich nun nicht mehr in Folge der Reibungen erhitzen, und die aufgenommene Wärme durch die Radspeichen der Nabe und den Achsschenkeln mittheilen.

Für das Gefälle von Lannemezan des französischen Südbahnnetzes, dessen Neigung 32 Millimeter pro Meter beträgt und sich ohne Unterbrechung auf eine Länge von 11 Kilometer erstreckt, hatte die Eisenbahngesellschaft für das niedergehende Geleise Schienen aus Bessemerstahl bestellt; nach einer längeren Erfahrung hat sie jedoch die Wahrnehmung gemacht, dass die Schienen dieses Geleises sich nicht mehr abnutzten als die des andern Geleises, und sie hat daher über dieses kostbare Oberbaumaterial anderweitig verfügen können, um es auf den zumeist befahrenen Bahnstrecken zu verwenden.

Die auf einer geneigten Ebene nach abwärts verkehrenden Züge befinden sich bezüglich des Anhaltens in derselben Bedingung, als wenn sie eine horizontale Strecke befahren; die Arbeit der Maschine befindet sich in jedem Augenblicke im Gleichgewichte mit der Wirkung der Schwere, und wenn angehalten werden soll, so reichen die Tender- und Waggon-Bremsen dazu hin; man verfügt zwar dann nicht mehr in seiner Ganzheit über das Hilfsmittel des Gegendampfes zum Anhalten, allein da die Admission des Gegendampfes in der Regel nur bei einer Zwischenstellung des Steuerungshebels stattfindet, so kann man in den meisten Fällen die verzögernde Wirkung für den Augenblick dadurch vermehren, dass man die Steuerung bis zum Ende des Führungsbogens verstellt. In mehreren Fällen wurde bereits die Anzahl der Hilfs-Bremser, welche man bei der Thalfahrt auf starken Gefällen auf den Zügen verwenden musste, vermindert; wenn jedoch deren Zahl in den Bahnstrecken mit bedeutendern Steigungsverhältnissen noch ziemlich be-

deutend sein muss, so geschieht es nicht so sehr wegen der Thalfahrt, als vielmehr wegen der Bergfahrt für den Fall, dass ein Bruch der Kuppelungsketten vorkäme.

Der Gegendampf kommt beim gewöhnlichen Anhalten in den Stationen mehr und mehr in Gebrauch; die am Ende des Zuges postirten Bremser haben häufig die Weisung, bei Annäherung an eine Station die Bremsen von freien Stücken anzuziehen, sobald der Maschinenführer die Steuerung auf den todten Punkt einstellt, und in Folge dessen die Dampfauströmung aus dem Kamine aufhört; der Maschinenführer thut dann das Uebrige mittelst des Gegendampfes, indem er nöthigenfalls, um am richtigen Punkte anzuhalten, die Gegendampfsteuerung bis zur äussersten Admissions-Grenze verstellt; sehr oft jedoch hält die Maschine ganz allein den Zug auf, sei es weil die vorstehende Weisung nicht ertheilt ist, sei es dass die Bremser dieselbe nicht befolgen, weil sie wahrnehmen, dass der Maschinenführer ihrer Beihülfe nicht bedarf; immerhin wird die Tenderbremse nur ausnahmsweise gehandhabt und gibt bei eintretender Nothwendigkeit eine sehr wirksame Reserve ab. Es gibt Maschinenführer, welche bei gründlichem Verständniss des zu ihrer Verfügung gestellten Apparates mit oder ohne Zuhülfenahme der Zugsbremsen, mit voller Geschwindigkeit bis zur Einfahrt der Stationen anlangen, und dennoch den Zug mit Genauigkeit und nach Durchlaufung eines nur kurzen Weges anhalten.

Sowohl beim Niederfahren auf einem Gefälle, wie beim Anhalten in den Stationen, zeigt die Erfahrung, dass man ohne Nachtheil es der Maschine allein überlassen kann, die zur Bekämpfung der Wirkung der Schwere oder zur Aufhebung der lebendigen Kraft der Züge erforderliche Widerstandskraft zu beschaffen. Man ist zur Annahme berechtigt, dass der Gegendampf bei Einspritzung von Wasser und vollständiger Abkühlung der Cylinder ebenso allgemein zum Anhalten in den Stationen in Anwendung kommen wird, wie beim Niederfahren auf geneigten Ebenen, und dass in Folge dessen die Zeitverluste, deren Bedeutung, insbesondere für die gewöhnlichen, an einer grossen Zahl von Stationen anhaltenden Züge, eine stetig zunehmende ist, sehr wesentlich sich vermindern werden. Die Bremsen werden nur noch als Reserve-Hülfsvorrichtungen dienen, welche im Falle eines Nothsignals oder einer Zugs-Überlastung in Thätigkeit zu setzen sind. Bis jetzt ist man noch nicht in systematischer Weise bis zu diesem Punkte gelangt, allein das Studium der Thatfachen erweist die diesbezüglichen Bestrebungen als durchaus berechtigt. Es wird dies der Ausgangspunkt für neue Ersparnisse

in der Unterhaltung des beweglichen und unbeweglichen Betriebsmaterials sein.

Aus den vorstehenden Bemerkungen darf man jedoch nicht den zu weit gehenden Schluss ziehen, dass die Bremser gänzlich beseitigt werden könnten, sondern nur den, dass ihre vorschriftsmässig erforderliche Anzahl verringert werden könnte; dadurch würden die Dienstverrichtungen, welche bisher einem Personale oblagen, welches einen sehr untergeordneten Rang einnimmt, welches häufig nachlässig und durch einen rein mechanischen Dienst indifferent geworden ist, nunmehr dem Maschinenführer übertragen, der die zum Anhalten erforderlichen Vorkehrungen selbst treffen würde, statt die Weisung dazu mittelst einer so unvollkommenen Vorrichtung, wie die Dampfpeife ist, zu ertheilen. Man kann sogar annehmen, dass die mittelst der Dampfpeife zum Bremsen gegebenen Signale, wenn sie nur noch als Alarm-Signale oder in vereinzelteten Nothfällen gebraucht werden, besser von dem Zugspersonale befolgt werden, als solche, die unaufhörlich wiederholt werden, oder als eine ein für allemal ertheilte Dienstvorschrift.

Diese Brems-Frage verdient ernstlich in Erwägung gezogen zu werden; für das Niederfahren auf Gefällen ist sie vollständig gelöst, und die Substituierung eines regelmässigen, mit gleichförmiger Geschwindigkeit erfolgenden Ganges an die Stelle des unregelmässigen, bei Anwendung der Bremsen stattfindenden Ganges, welcher die vorschriftsmässige mittlere Geschwindigkeit nur innerhalb weit auseinander gehender Schwankungen erreichen konnte, ist eine wesentliche Bürgschaft für die Sicherheit. Dagegen bildet die systematische Anwendung des Gegendampfes beim Anhalten in den Stationen, sowie der, nur zum Zwecke der Vermehrung der Widerstände zu machende Gebrauch der gewöhnlichen Bremsen vorläufig noch eine Streitfrage; ich zweifle jedoch nicht, dass die bezüglich der neuen Vorrichtung sich täglich vervollständigenden Erfahrungen schliesslich dahin führen werden.

Die durch die Schrauben-Umsteuerung vervollständigte Anwendung des Gegendampfes ergibt eine hervorragende Vereinfachung des Rangirdienstes der Lastzüge in den Stationen; der Maschinenführer hält seinen Regulator stets offen, fährt nach vorwärts oder nach rückwärts und hält an, indem er sich darauf beschränkt, die Stellung der Schieber zu ändern; die vorzunehmenden Bewegungen gewinnen daher sowohl an Einfachheit, als auch an Schnelligkeit.

§. 2. Einspritzung von Wasser.

Als ich gegen die Mitte des Jahres 1865 mich damit beschäftigte, systematische Versuche zu organisiren, um die Sachlage bezüglich der Anwendung des Gegendampfes einer Verbesserung entgegenzuführen, fing ich damit an, zu verificiren, ob es mittelst der Vorrichtung des Herrn von Bergue möglich sei, ziemlich lange Zeit zu gehen; ich fand sehr bald, dass die Erhitzung der Cylinder rasch zunahm, und dass dieses Mittel für etwas lange Fahrten nicht anwendbar sei. Ich sah mich daher veranlasst, ein vollständiges Programm aufzustellen, welches bezweckte, die Umkehrung des Dampfes zu vervollkommen, und darin bestand, eine Verbindung zwischen dem Kessel und dem unteren Theile des Blaserohrs herzustellen, um einen Dampf- oder Wasserstrahl dahin zu leiten und die beim Rückgange der Kolben von den Cylindern ausgestossenen elastischen Flüssigkeiten, wie Dampf oder Gase, in den Kessel zurückzudrängen. Ich hatte drei verschiedene Combinationen angegeben, um sie nach einander zu versuchen, je nachdem die vollständige Abkühlung der Cylinder mehr oder weniger Schwierigkeiten darbieten würde:

1. Einspritzung von Dampf im Gemenge mit der Luft.
2. Einspritzung eines Ueberschusses von Dampf, um die Ansaugung von Luft zu verhindern.
3. Anstatt des Dampfes, Einspritzung eines Wasserstrahls.

Ich nahm anfänglich an, dass der Dampf eine zur Absorbirung der frei werdenden Wärme genügende Menge Wasser mit sich führen und vor seinem Eintritt in die Cylinder sich theilweise condensiren würde. Diese zweifache Annahme erwies sich als unrichtig; während des Ganges mit Gegendampf hört das Wasser im Kessel auf, sich in einem Zustande heftigen Aufkochens zu befinden und es kann nur in kleinem Maasse mitgerissen werden; wenn ausserdem der Dampf bei seinem Austritte aus dem Kessel sich ausdehnt, so wird er trocken und das wenige Wasser, welches er mitgerissen hatte, verwandelt sich, wenigstens zum grossen Theile, in Dampf. Die ersten Versuche, die angesaugten Gase mit Dampf zu vermengen, haben daher keine günstigen Resultate ergeben.

Bei Einspritzung einer überschüssigen Dampfmenge, welches System ich mit der Benennung einer umgekehrten Dampfmaschine*) kennzeichnete, hat man befriedigende Resultate erhalten, und man konnte mit mässiger Admission, das heisst bei geringer Zugsbelastung oder auf schwachen Gefällen, arbeiten, ohne die Packungen zu verbrennen und

*) Machine à vapeur inverse.

ohne die reibenden Flächen zu beschädigen; es gibt beispielsweise in Frankreich eine Eisenbahn, auf welcher 200 Locomotiv-Maschinen mit einem einzigen Hahn, behufs Einspritzung von Dampf, versehen sind, und wo die Substituierung dieses letztern an die Stelle der im Rauchkasten angesaugten Gase es eben zulässt, den Gegendampf zum Anhalten und zu den Verschiebungen in den Stationen, sowie zur Moderirung der Geschwindigkeit der Lastzüge beim Abwärtsfahren auf Gefällen von 5 Millimetern pro Meter, in Anwendung zu bringen; man wendet denselben sogar bei der Niederfahrt leichter Züge auf kurzen Gefällen an, deren Neigung 45 Millimeter pro Meter beträgt.

Die Erfahrung hat jedoch sehr bald dargethan, dass eine allgemeine und vollständige Lösung des Problems nur mit einer Wassereinspritzung erreichbar und dass letztere nöthig sei, um eine vollständige Absorbirung der durch die Compression in den Cylindern und durch das Zurückdrängen in den Kessel frei werdenden Wärme zu erzielen, und um die Umkehrung des Dampfes ganz unschädlich zu machen.

Die Ingenieure, denen ich die Versuche in Spanien anvertraut hatte, hatten sich keine genaue Rechenschaft über die Wirkungen, welche die Einspritzung von Wasser hervorbringen sollte, gegeben und dieselbe nur mit Besorgniss in Anwendung gebracht; sie glaubten sie auf ein Minimum reduciren und sie nur im kleinstmöglichen Maasse dem Dampfe beifügen zu sollen. Trotz der successiven Vermehrung des Verhältnisses des dem Dampfe zugefügten Wassers waren die bei dieser ersten Anwendung erzielten Resultate niemals vollständig. Erst in Frankreich haben die Ingenieure angefangen, die Nothwendigkeit einzusehen, dass man dem Wasser eine vorwiegende Rolle vor dem Dampfe zutheilen müsse und es ist ihnen gelungen, das neue System in allen sich darbietenden Umständen des Dienstes anwendbar zu machen.

Lange Zeit hindurch meldeten die aus Spanien einlangenden officiellen Berichte, im Widerspruche mit dem, was man später erkannt hat, dass die mit einem Gemenge von Dampf und Wasser erzielten Resultate durchaus befriedigend seien. Man blieb daher während zwei und einem halben Jahre der festen Ueberzeugung, dass die Lösung der Frage in der Einspritzung eines Gemenges von Wasser und Dampf in das Blaserohr bestehe; durch Versuche und mit Hilfe zweier, dem Maschinenführer zur Verfügung gestellter unabhängiger Hähne gelangte man allmählig dahin, das erforderliche Verhältniss zwischen diesen beiden Elementen für jeden Fall der Admission, der Geschwindigkeit, der Dampfvertheilung und der Cylinderdimensionen herzustellen.

Unter dem Einflusse des Gedankens, dass dem Dampfe eine nothwendige Rolle zuzuthellen sei, wurden schon zahlreiche Anwendungen und zwar allein in Frankreich an mehr als 1800, theils in Dienst stehenden, theils in der Montirung begriffenen Maschinen gemacht. Das practische Resultat war genügend, weil die Unabhängigkeit der beiden Hähne es ermöglicht hat, das Verhältniss des Wassers in jedem einzelnen Falle bis zur erforderlichen Grenze auszudehnen.

Als ich zu Ende des Jahres 1868 mich der mir bis dahin obliegenden Geschäfte entledigt hatte, unternahm ich es persönlich, die Frage zu studiren und die Resultate des in Anwendung gebrachten Systems, welches ich vorgeschlagen und fern von mir hatte versuchen lassen, zu verificiren. Ich konnte bald genug constatiren, dass meine erste Auffassung, welche ich zu verschiedenen Malen hervorgehoben hatte, in allen Punkten richtig sei, und dass die wirkliche Lösung einzig und allein in einer Einspritzung von Wasser bestehe, dass diese Lösung für sich allein allen Bedingungen des Problems Genüge leiste und dass sie in den Fällen grösster Admission und Geschwindigkeit wahrscheinlich die einzige durchaus erfolgreiche sei, endlich dass der Dampf nur eine Nebenrolle spiele, über gewisse Verhältnisse hinaus schädlich wirke, und dass, wenn seine Anwendung wegen sonstiger Zwecke dienlich erscheine, sie mit Maass und Vorsicht geschehen müsse.

Der Gang, den ich zur Vervollständigung meiner Darstellung befolgen werde, stimmt daher mit dem Principe selbst des Systems, nicht aber mit dem Gange, den die bis in die letzte Zeit gemachten Anwendungen befolgt haben, überein.

§. 3. Wirkungen der Wassereinspritzung.

Wenn man davon spricht, aus dem Kessel kommendes Wasser in die Cylinder einer Locomotiv-Maschine einzuspritzen, so ist wohl zu beachten, dass dieses kein flüssiges Wasser ist, wie es der Mündung eines Röhrbrunnens entströmt; das Wasser im Kessel befindet sich in einer sehr hohen Temperatur; wenn es durch einen Hahn in einen Raum entweicht, in welchem die Spannung nur gleich der der äussern Atmosphäre ist, so fängt es sofort zu sieden an und bildet eine gewisse Menge Dampf von 100°, welche im Verhältniss zu der disponibel gewordenen Wärmemenge steht.

Um die Einspritzung zu bewirken, gibt man der Oeffnung des Hahns einen Querschnitt, welcher von 0 bis zu 12 oder 15 Quadratmillimetern

variirt, während das an den Seiten des Kessels in gewundener Richtung hinlaufende Zuleitungsrohr einen Durchmesser von 25 bis 30 Millimeter hat, und um den Anfangspunkt des Ausströmungsrohrs, wenn dieses in zwei Arme getheilt ist, zu erreichen, sich meistens in zwei Aeste spaltet. Die dem Hahn entströmende Wassermenge hängt nicht nur von der Form und Grösse seiner Oeffnung ab, sondern auch von dem Querschnitt, der Länge und den Krümmungen des Zuleitungsrohrs, und sie kann, in Folge der der Bewegung im Rohre sich entgegenstellenden Widerstände, eine gewisse Grenze erreichen, bei welcher sie nahezu constant wird, welche auch die Oeffnung des Hahns sei. Bei einem Rohre von 30 Millimeter Durchmesser ergibt sich diese Grenze etwa zu 40 Kilogramm, und bei einem solchen von 40 Millimetern etwa zu 80 Kilogramm Wasser in der Minute; in der Praxis bedarf man jedoch keiner höhern Ausflussmenge als etwa 25 bis 30 Kilogramm.

Je nachdem die Ausflussmenge gross ist, wird die Verdampfung eines Theiles des heissen Wassers an einem variablen Punkte des Zuleitungsrohrs vor sich gehen oder sich vervollständigen; jedenfalls wird sie beim Eintritt in das Ausströmungsrohr bereits erfolgt sein und die Räumlichkeit dieses letztern wird, wie schon erwähnt, mit einer Emulsion oder mit einer Art wässerigen Nebels erfüllt, welcher demjenigen ähnlich ist, welcher aus einem zersprungenen Feuerrohre oder aus einem Ausblashahn unter hohem Drucke auströmt, wenn man den Kessel entleeren will. Dieses Gemenge von Wasser und Dampf bewegt sich in dem Einspritzrohr mit einer grossen Geschwindigkeit, und man ist zur Annahme berechtigt, dass diejenigen Wassertropfen, welche sich darin noch mit einem gewissen Volumen vorfinden könnten, in Folge des Stosses gegen die Wandungen des Ausströmungsrohrs, gegen welche sie mit Heftigkeit geschleudert werden, sich vollends zertheilen und zerstäuben. Es wird daher den Cylindern in Wirklichkeit ein elastisches und compressibles Fluidum zur Aspiration dargeboten, welches ohne alle Schwierigkeit und ungefähr ebenso wie gesättigter Dampf in den Röhren und Dampfcanälen circulirt.

Ueber die Zusammensetzung dieses Gemenges von Wasser und Dampf kann man sich mit Hülfe der Rechnung leicht Aufschluss verschaffen.

Unterstellt man, dass man aus einem Locomotivkessel, in welchem die absolute Spannung 9 Atmosphären erreicht, 10 Kilogramme Wasser in der Minute ausströmen lässt, so wird sich eine gewisse Menge Dampf bilden, welche ich mit x bezeichne. Die Temperatur des mit gesättigtem

Dampfe von 9 Atmosphären Spannung in Berührung stehenden Wassers ist $175^{\circ},77$ Celsius, und die Wärmemenge, welche ein Kilogramm dieses Wassers, wenn seine Temperatur bis 0° sinkt, abgibt, ist nach Regnault gleich $178,017$ Calorien *); diejenige welche ein Kilogramm Wasser von 100° bis 0° abgibt, ist $100,500$ Calorien. Ausserdem ist, zufolge der Zeuner'schen Tabellen, zur Verwandlung eines Kilogrammes, oder eines Liters Wasser von 100° in Dampf von 100° , und um daher eine 1646mal grössere Luftsäule zu verdrängen, eine Arbeitsmenge erforderlich, welche äquivalent ist mit $40,092$ Calorien **). Endlich beträgt der in einem Kilogramm Dampf von 100° enthaltene Ueberschuss an innerer Wärme über jene, welche in einem Kilogramm Wasser von 0° enthalten ist, $596,760$ Calorien.

Man kann daher einerseits zwischen der Wärmemenge, welche 10 Kilogramm Wasser im Kessel enthalten, und anderseits jener, welche sich in dem Gemenge von Wasser und Dampf bei 100° wiederfindet, plus dem Wärmeverluste, welcher durch die zur Dampfbildung benöthigte Arbeit hervorgebracht wird, folgende Gleichung aufstellen:

$$10 \times 178,017 = (10 - x) 100,500 + x (596,760 + 40,092)$$

woraus man findet

$$x = 1,445 \text{ Kilogramm oder } 14,45\%.$$

Da der Dampf bei 100° ein 1646mal grösseres Volumen einnimmt als das Wasser, welches ihn hervorgebracht hat, so nehmen 1,445 Kilogramm Dampf ein Volumen ein von 2378 Liter, in welchem der übrige Theil von 8,555 Kilogramm oder 8,555 Liter Wasser verbreitet ist, und das Gesamt-Volumen auf 2387 Liter erhöht.

Man kann dieses Verhältniss von $8,555 : 2387 = 0,0036$ als den Wassergehalt des wässerigen Nebels bezeichnen.

Wiederholt man dieselben Berechnungen für verschiedene Kesselspannungen und unterstellt, dass das Einspritzrohr einen Querschnitt von 5 Quadratcentimeter habe, welcher einem Durchmesser von 25 bis 26

*) Eine Calorie ist diejenige Wärmemenge, welche nöthig ist, um die Temperatur eines Kilogramms Wasser von 0° bis zu 1° Celsius zu erhöhen.

**) Durch die mechanische Wärmetheorie ist festgestellt, dass die Wärme sich in Arbeit umwandelt und umgekehrt, und zwar nach einem constanten Verhältnisse, welches die Arbeiten der Physiker zwar noch nicht in ganz definitiver Weise festgestellt haben, das aber sehr nahezu wie 1:424 angenommen werden kann.

Mit andern Worten, eine Calorie erzeugt eine Arbeit von 424 Kilogrammmetern, oder die Vernichtung einer solchen Arbeit veranlasst die Bildung einer Wärmemenge, welche gleich ist einer Calorie.

Millimeter entspricht, so erhält man, für eine Ausflussmenge von 10 Kilogramm in der Minute, folgende Tabelle :

Absoluter Dampfdruck in Atmosphären	Temperatur im Kessel	Verhältniss des gebildeten Dampfes	Volumen des in einer Minute gebildeten Dampfes	Wassergehalt des Gemenges von Wasser und Dampf	Geschwindigkeit des Gemenges in Metern pro Secunde
10	180°,31	15,33 %	2532 liter	0,0033	84 ^m ,40
9	175,77	14,45	2387	0,0036	79,57
8	170,80	13,49	2229	0,0039	74,30
7	165,34	12,43	2055	0,0042	68,49
6	159,22	11,26	1862	0,0048	62,06
5	152,22	9,92	1642	0,0055	54,76

Diese Zahlen lassen die Natur des Gemenges erkennen, welches man den Cylindern vermöge der Kolbenbewegung zur Aspiration darbietet, wenn man zum Zwecke ihrer Abkühlung Wasser aus dem in Druck stehenden Kessel überleitet. Es ist eine Art von Nebel, der sehr fein zertheiltes Wasser führt und wahrscheinlicher Weise mit gewissen sehr dichten und feuchten Nebeln, welche auf die von ihnen umgebenen Körper Wasser absetzen, vergleichbar ist.

Man kann dieses System, dem zufolge Wasser aus dem Kessel in die Cylinder eingeführt wird, sogar auch so bezeichnen, dass es der Wirklichkeit nach in einer Einspritzung von Dampf besteht, der das grösste Quantum Wasser enthält, welches demselben mechanisch zugesellt werden kann. Bei einem gegebenen Drucke könnte der Wassergehalt des Gemenges nur dann erhöht werden, wenn man in das Einspritzrohr eine gewisse Menge kaltes Wasser zuführte, oder wenn man den aus dem Kessel kommenden Wasserstrahl von aussen her dadurch abkühlte, dass man ihn zum Beispiel durch ein Schlangenrohr durchleitete.

Wie die Erfahrung zeigt, entspricht eine derartige Einspritzung, deren quantitative Bemessung sich nothwendiger Weise nach dem Admissionsgrade, also nach der Rast des Führungsbogens, bis zu welcher der Steuerungshebel behufs Umkehrung des Dampfes gestellt wurde, ferner nach der Grösse der Cylinder und nach der Ganggeschwindigkeit richten muss, allen Anforderungen der gestellten Aufgabe.

Das Wasser, welches in Gestalt von wässrigem Nebel in die Cylinder gelangt, verwandelt sich daselbst in Dampf; die Wärme, welche in Folge der Compression und in Folge der durch den rückwärtsschreitenden Kolben bewerkstelligten und im Verhältniss zu der von der

Maschine entwickelten Widerstands-Arbeit stehenden Zurückstauchung des Dampfes entbunden wird, wird vollständig absorbirt, so zwar, dass ein in dem nach dem Kessel zurückgedrängten Dampfströme angebrachtes Thermometer nur jene Temperaturerhöhung nachweist, welche der zur Fortschaffung des Dampfes nöthigen Druckvermehrung entspricht, nämlich einen oder höchstens zwei Grad Celsius.

Während der Aspirationsperiode, das heisst in der sehr kurzen Zeit, während welcher der innere Cyllinderraum mit dem Ausströmungsrohre und der äussern Luft in Verbindung steht, bildet sich ausser jenem Dampfe, welcher zur Füllung des Cylinders nöthig ist, sogar noch ein gewisser Ueberschuss, der nach aussen entweicht und an der Mündung des Schornsteins eine Art Wolke bildet, so dass die aus der Feuerbüchse kommenden Verbrennungsgase weder in die Cylinder, noch in den Kessel eindringen können und dass die zur Kesselspeisung verwendeten Giffard'schen Injectoren den Dienst nicht versagen. Wenn in Folge einer Irrung oder eines Vergessens des Maschinisten die Wassereinspritzung unzureichend ist, so gelangen beständige Gasarten in den Kessel, der Zeiger des Manometers schwankt heftig und die Giffard'schen Strahlpumpen treten ausser Thätigkeit oder saugen nicht mehr an. — Ist dagegen die Wassereinspritzung überreichlich, so wird ein Theil desselben durch den in den Cylindern gebildeten und wieder nach aussen entweichenden Dampf mitgerissen und fällt entweder im Rauchkasten nieder oder wird durch den Schornstein ausgeworfen. Je nachdem das Einspritzrohr in grösserer oder geringerer Nähe der Cylinder-räumlichkeiten in das Ausströmungsrohr einmündet, gelangt mehr oder weniger von diesem überschüssigen Wasser in den Cylinder; sieht man von dem nach aussen ausgeworfenen Wasser ab, so ist die Situirung der Einmündungsstelle ziemlich gleichgültig, und es genügt, dass der Kessel ein solches Wasserquantum in das Innere des Ausströmungsrohrs zuführe, dass der damit gebildete Dampf zur Füllung der Cylinder ausreiche.

Wie ich später nachweisen werde, sind die Kolben und Schieber von einer mit tropfbar flüssigem Wasser geschwängerten Atmosphäre umspült, welche die Reibungsflächen anfeuchtet und schmiert, und die Verhältnisse, unter denen sie arbeiten, sehr günstig und sogar noch günstiger als beim gewöhnlichen Gange gestaltet.

Um diese verschiedenen Wirkungen zur klaren Anschauung zu bringen, dürfte es am besten sein dieselben an einem practischen, den zahlreichen Versuchen, die ich in dieser Beziehung gemacht habe, entnommenen Beispiele zu erläutern.

Bei der mit 8 gekuppelten Rädern versehenen Gütermaschine Nr. 1118 der Paris—Orléans Bahn ist:

Der Durchmesser der Triebräder	1 ^m ,30
der Durchmesser der Cylinder	0,50
der Kolbenshub	0,65
die Ganggeschwindigkeit pro Stunde	30 Kilometer
die Dampfadmission in Procenten des Kolbenhubes	58 %
In der Minute eingespritztes Wasserquantum	18 Kilogramm
Absoluter Dampfdruck im Kessel	7,75 Atmosph.

Das Diagramm, Figur 3, Tafel II, welches bei diesem Versuche erhoben wurde, gibt, nach Abzug des zurückgedrängten Volumens, annähernd für das wirklich angesaugte Volumen 40% des dem Kolbenshub entsprechenden Volumens, und für die mittlere, aus dem Original-Diagramme, wovon die Figur 3 nur eine Reduction ist, entnommene Dampfspannung 1,77 Kil. pro □ Centimeter.

Man hat demnach:

Totaldruck gegen den Kolben in Kilogrammen	3474,80
Arbeit während eines Kolbenshubes in Kilogramm-	
metern	2258,62
Anzahl der Umdrehungen der Räder in der Minute	122,52
Anzahl der Cylinderfüllungen in der Minute	490,08
Totalarbeit in einer Minute, in Kilogrammetern	1106904,00
Die mit dieser äquivalente Wärmemenge in Calorien	2610,62
Temperatur des Wassers im Kessel bei dem Drucke von	
7,75 Atmosphären, in Grad Celsius	169,50
Anzahl der zur Umwandlung von 1 Kilogramm Wasser	
von 169 ^o ,50 in Dampf von 7,75 Atmosphären Span-	
nung aufzuwendenden Calorien	486,72
In einer Minute einzuspritzendes Wasserquantum, in Kilo-	
grammen	5,36

Mit andern Worten, man wird der ersten Bedingung, die ganze, in Folge der Umkehrung des Dampfes frei werdende Wärme zu absorbieren, genügt haben, wenn man es erreicht, dass von den, dem Kessel entnommenen und den Cylindern dargebotenen 18 Kilogrammen Wasser ein Theil von 5,36 Kilogramm in Dampf verwandelt wird *).

*) Man könnte diese Berechnung auch in einer andern Weise vornehmen, indem man damit anfinde, von dem Wassergewichte jene 13% Dampf in Abzug zu bringen, welche sich aus demselben beim Austritte aus dem Kessel selbstthätig entwickeln; man müsste dann aber für die Wärmemenge, welche von

Die Erfahrung zeigt, dass diese Verdampfung in Wirklichkeit stattfindet, und dass sie sogar in noch höherem Maasse erfolgt, indem die 18 Kilogramm Wasser während der Aspirationsperiode sich gänzlich oder beinahe ganz in Dampf umwandeln. Das Metall der Cylinder und der dazu gehörigen Bestandtheile gibt die zur Verdampfung erforderliche Wärmemenge an das Wasser ab und diese abgegebene Wärme wird ihm wieder durch jene ersetzt, welche einestheils während der, sogleich nach der Aspiration folgenden Compressions- und Zurückdrängungs-Periode erzeugt, und andertheils während der Gegendampf-Admission mit dem vom Kessel kommenden Dampfe zugeführt wird.

Um sich zu überzeugen, dass die Dinge in dieser Weise vor sich gehen, genügt es, sich gegenwärtig zu halten, dass die beiden Cylinder, die Kolben und Kolbenstangen, die Cylinderdeckel, die Schieberkasten und Schieber etc. zusammen eine Metallmasse im Gewichte von etwa 2500 Kilogramm bilden; man kann in runder Ziffer annehmen, dass die mittlere specifische Wärme dieser aus Guss- und Schmiedeisen und Stahl bestehenden Masse 0,12 sei; die Verminderung der Temperatur dieser Masse um einen Grad Celsius entspricht einer Wärmemenge von 300 Calorien, oder für einen der beiden Cylinder allein, von 150 Calorien.

Wenn die Temperatur der in einer Minute entströmenden 18 Kilogramm Wasser von $169^{\circ},5$ auf 100° sinkt, so werden etwa 13,25% Dampf gebildet und es verbleiben noch 15,61 Kilogramm Wasser von 100° unter atmosphärischem Drucke zu verdampfen, also für jede Cylinderfüllung ungefähr 32 Gramm Wasser, welche einen Aufwand von 17 Calorien erfordern. Es braucht daher die Masse des Cylinders während jeder Aspirations-Periode nur so viel Wärme, als einer Abkühlung um $\frac{1}{9}$ Grad entspricht, abzugeben, damit alles eingeführte Wasser verdampft werden könne.

Ist die Verdampfung der in einer Minute eingespritzten 18 Kilogramm Wasser eine vollständige, so bilden sich 1. beim Austritte aus dem Kessel 2,39 Kilogramm Dampf, 2. in den Cylindern 15,61 Kilogramm Dampf, deren Volumen zusammen genommen bei 100° gleich 29628 Liter ist, so dass davon auf jede Cylinderfüllung entfallen 60,45 Lit. Das während 40% des Hubes aspirirte Volumen ist 51,05 „
Es verbleibt daher ein Dampf-Ueberschuss von 9,40 Lit.
welcher seinen Ausweg durch den Schornstein suchen muss.

dem sich in Dampf von 7,75 Atmosphären umwandelnden Wasser von 100° absorbirt werden, eine höhere Ziffer annehmen, und das Resultat würde schliesslich dasselbe sein. —

Führt man alle Mengen auf das pro Minute verbrauchte Gewicht zurück, so ergibt sich, dass schliesslich das eingespritzte Wasser folgende Verwendung gefunden hat:

Erforderliche Menge, um die Cylinder abzukühlen	$A = 5,36$	Kilogr.
Erforderliche Menge, um die Cylinder vollends		
anzufüllen	$B = 9,89$	„
Aus dem Schornstein entweichender Ueberschuss	$C = 2,75$	„
	<hr/> 18,00 Kilogr.	

Wie die Erfahrung beweist, stimmt dies mit der Wirklichkeit vollkommen überein. In dem Falle, welchem die vorstehenden Angaben entlehnt sind, und der eben den ersten meiner Versuche bezüglich der alleinigen Einspritzung von Wasser darstellt, ist dem Kessel gar keine Luft zugeführt worden; die Zeiger der beiden daran angebrachten Manometer haben keine Schwankungen gezeigt, der Giffard'sche Injector wurde zu wiederholten Malen mit der gewöhnlichen Leichtigkeit in Thätigkeit gebracht, und es ist aus dem Schornstein fortwährend ein Dampfstrom hervorgekommen; wenn die Admission vermindert wurde, ohne gleichzeitig auch die Einspritzung zu verringern, so kam aus dem Schornstein ein feiner Regen, indem ein Theil des überschüssigen Wassers von dem in den Cylindern gebildeten Dampfe mit fortgerissen wurde.

Es ist leicht begreiflich, dass trotz des langen Weges, den das in das Blaserohr geleitete Gemenge, oder dieser wässerige Nebel, bis zu den Cylindern in manchen Fällen zurückzulegen hat, und obgleich dessen Lauf durch alternirende Dampf-Ausströmungen in jenen Augenblicken unterbrochen wird, einmal wo auf die Expansion die freie Communication mit der äussern Luft folgt und das andere Mal, während die Zurückdrängung des Dampfes stattfindet, das Gemenge dennoch mit Leichtigkeit seiner Bestimmung zugeführt wird, indem sein Volumen für jede Cylinderfüllung nur 9 Liter, dahingegen das Aspirations-Volumen mehr als 51 Liter beträgt; in einem gewissen Augenblicke, nämlich bevor es durch Compression vermindert wurde, ist dieses letztere Volumen sogar noch viel grösser. Der Cylinder versagt erst dann, dieses Gemenge eintreten zu lassen, wenn er bereits vollständig damit angefüllt ist und den Dampf-Ueberschuss erzeugt hat, welcher durch den Schornstein entweicht.

Die Versuche wurden unter den verschiedenartigsten Umständen wiederholt, bei grosser und kleiner Geschwindigkeit, bei voller und sehr geringer Admission, beim Niederfahren auf geeigneten Ebenen und im gewöhnlichen Dienste beim Anhalten in den Stationen.

Auf mehreren Eisenbahnen hat man die Einspritzung von Dampf bereits ganz aufgegeben und man öffnet nur noch den Wasserhahn. Die einzige practische Schwierigkeit besteht nur in dem geringen Querschnitte, welchen der Hahn darbieten muss, wenn das in der Minute einzuspritzende Wasserquantum nur wenige Kilogramme betragen soll; die bisher ausgeführten Hähne öffnen sich zu rasch oder haben zu grosse Oeffnungen, so dass es im Falle einer geringen Wassereinspritzung schwierig ist, die Ausflussmenge richtig zu begrenzen und ein Wasserspeien zu verhindern. Man kann übrigens bedeutende Wassermengen einspritzen, ohne dass es einen andern Nachtheil zur Folge hätte, als die Maschine reichlich speien zu machen; dieses Wasser dringt nur bis zu einer gewissen Grenze in die Cylinder und wird durch den aus denselben ausströmenden Dampf nach aussen ausgeworfen.

Es ist nicht ohne Interesse, die Vorgänge in den Cylindern näher zu untersuchen. Die Wassermenge $A + B + C$ wird in Folge der Berührung mit den Metallflächen während der Aspirations-Periode in Dampf verwandelt; wenn sie nicht einen allzu grossen Ueberschuss darbietet, so verdampft sie gänzlich oder nahezu gänzlich. Durch diese Dampfbildung werden der Metallmasse proportionale Wärmemengen entnommen, welche ich mit A_t , B_t und C_t bezeichnen will.

Für die erstere dieser Wärmemengen leistet jene Wärme Ersatz, welche durch die Arbeit des Gegendampfes selbst entwickelt wird; A_t kehrt in Form von Dampf in den Kessel zurück. Für die beiden andern Wärmemengen B_t und C_t hingegen kann ein Ersatz nicht beschafft und das mittlere Gleichgewicht in der Temperatur der Metallmassen nur dadurch hergestellt werden, dass ein Theil des während der Gegendampfadmission vom Kessel gekommenen Dampfes condensirt wird. Hieraus folgt, dass der trocken oder einfach nur gesättigt aus dem Kessel gekommene Dampf mit in der Schwebelage gehaltenem Wasser geschwängert dahin zurückkehrt und dass die Metallflächen beständig von wässrigem Dampfe umgeben und angefeuchtet werden. Daher kommt es denn auch, wenn die Maschine sogar bei voller Admission und bei übermässigen Geschwindigkeiten nur mit alleiniger Wassereinspritzung läuft, dass die Stopfbüchsen-Packungen durchaus unbeschädigt bleiben, dass die Kolbenstangen nicht einmal trocken werden, dass die Reibungsflächen einen sehr schönen Schliff annehmen, dass die Handhabung der Umsteuerung sehr leicht vor sich geht u. s. w. Dieselben Wirkungen finden theilweise oder in genügender Weise statt, wenn man, wie es gegenwärtig üblich ist, gleichzeitig Wasser und Dampf einspritzt, jedoch

nur dann, wenn das Wasser vorwiegend in Anwendung gebracht wird. Durch meine Beobachtungen glaube ich zu dem Schlusse berechtigt zu sein, dass man bei voller Admission oder bei den dieser zunächst gelegenen Stellungen des Steuerungshebels nur dann günstige Arbeitsbedingungen erlangen kann, wenn man es gänzlich vermeidet, dem aus dem Kessel entnommenen Wasser noch Dampf hinzuzufügen. Ich stehe sogar nicht an, die Ansicht aufzustellen, dass man in systematischer Weise dahin gelangen wird, jedesmal, wenn man beim Anhalten in den Stationen vom Gegendampfe Gebrauch macht, das Wasser im Uebermasse einzuspritzen, um die während des directen Ganges zwischen den Stationen angegriffenen Reibungsflächen der Kolben und Schieber wieder in guten Stand zu setzen.

Ich werde im folgenden Abschnitte erörtern, welche die Folgen einer systematischen und übermässigen Dampf-Injection sind.

§. 4. Einspritzung von Wasser und Dampf.

Die Anwendung des neuen Systems der Umkehrung des Dampfes hat mit einem Gemenge von Dampf und Wasser angefangen und sich bis in die letzte Zeit ausgebildet.

Die Ingenieure, denen ich die Anstellung der ersten Versuche anvertraut hatte, haben sich der Idee, Wasser in den Cylinder einzuspritzen, nur ungern angeschlossen und immer getrachtet, diese Nothwendigkeit, welche dennoch bald durch die Erfahrung nachgewiesen wurde, zu umgehen. Dieses verursachte Schwierigkeiten, welche die Erfolge, welche man von der Einführung des Gegendampfes in Spanien, wo die ersten Versuche gemacht wurden, hätte erwarten können, bis jetzt gehindert haben.

In Frankreich haben die Ingenieure die Nothwendigkeit des Wassers besser eingesehen und davon einen reichlichen Gebrauch mit befriedigendem Erfolge gemacht; aber bis zu dem Augenblicke, wo ich Gelegenheit fand, diese Frage zu erörtern und die Richtigkeit meiner ersten Ideen zu prüfen, wurde der Dampf überall als nothwendiges Mittel angesehen und auch in grösserer oder kleinerer Menge verwendet. Man war der Meinung, dass der Dampf die Bestimmung habe, den Cylinder in der Periode des Saugens auszufüllen und gleichsam dem Wasser, welches mit ihm hinter dem Kolben in der Periode der Compression und der Zurückdrängung eingeschlossen sei, als Beförderungsmittel zu

dienen; man setzte voraus, dass das hergeleitete Kesselwasser unmittelbar den Zweck habe, die Wärme nach Massgabe ihrer Bildung zu absorbiren. Indem ich, wie es im vorhergehenden Abschnitte geschehen ist, gezeigt habe, dass sich das Wasser, sobald es gerade während der Periode des Saugens in die Cylinder eintritt, sofort in Dampf verwandelt, bin ich zu dem Schlusse geführt worden, dass es nicht allein nicht nützlich wäre, den bereits im Kessel vollends gebildeten Dampf zu verwenden, sondern dass die Hinzufügung des Dampfes zum Wasser bis zu einer gewissen Grenze sogar schädlich werden könnte. Man kann sich leicht hierüber Rechenschaft geben, wenn man auf das im vorhergehenden Paragraphen angeführte Beispiel zurückkommt.

In diesem Falle beträgt die Einspritzung 18 Kilogramm, deren Verwendung auf folgende Art vertheilt ist:

A Absorbirung der entwickelten Wärme	5,36 Kg.
B Vollendung der Füllung des Cylinders	9,89 „
C Bildung einer Wolke am Rauchfang	2,75 „

Wenn man die Hälfte des Wassers durch Dampf ersetzt, also eine Einspritzung von 9 Kilogramm Wasser und 9 Kilogramm Dampf vornimmt, so verliert man von diesem Gemenge, um die Wolke über dem Rauchfang zu bilden, 2,75 Kilogramm, worunter 1,37 Kilogramm Wasser; in den Cylinder dringen also nur 7,63 Kilogramm Wasser, wovon $A = 5,36$ Kilogramm zur Absorbirung der entwickelten Wärme verwendet werden und als Dampf in den Kessel zurück gehen; es bleiben daher bloß 2,27 Kilogramm, deren Verdampfung ein Niederschlagen von Wasser in dem Raume, wo die Compression und das Zurückdrängen stattfindet, veranlasst; der in den Kessel zurückkehrende Dampf wird zum Schaden der reibenden Flächen weit weniger feucht sein.

Unterstellt man, dass man $\frac{1}{3}$ Wasser und $\frac{2}{3}$ Dampf einspritze, so wird das aus dem Rauchfang entweichende Gemenge 0,92 Kilogramm Wasser mit sich reissen und es bleiben davon nur 5,08 Kilogramm, welche Menge nicht hinreichend ist, um die Cylinder vollständig abzukühlen.

Damit diese Berechnungen genau wären, müsste man den Saugraum genau berechnen; indem ich denselben zu 40% vom gesammten Raume annahm, machte ich eine reichliche Schätzung; es kann indessen der Saugraum, je nach der Art und Weise der Dampfvertheilung und der Grösse des schädlichen Raumes kleiner oder grösser werden; nehmen wir an, das Verhältniss erreiche nur 30%, also 38,40 Liter, so repräsentirt die Einspritzung von $\frac{1}{3}$ Wasser und $\frac{2}{3}$ Dampf, 6 Kilogramm

Wasser, eine Menge, die zur Abkühlung der Cylinder hinreichend zu sein scheint, und 12 Kilogramm Dampf. — Aber das Volumen einer Cylinderfüllung wird nur noch 38,40 Liter sein und die 60,45 Liter Dampf, welche zum Saugen bestimmt waren, geben einen Ueberschuss von 22,05 Liter oder $35\frac{1}{10}$; es werden daher 2,10 Kilogramm Wasser mitgerissen und die zurückgebliebene Menge würde zur Verhinderung der Erhitzung ganz unzureichend sein.

Man sieht aus diesem Beispiel, dass die Substituierung des Dampfes an die Stelle von Wasser den Dampf, der aus dem Cylinder in den Kessel zurückgeht, jedenfalls weniger feucht macht; ebenso verhält es sich übrigens auch mit demjenigen, der aus dem Ausströmungsröhre in die Cylinder kommt; es folgt hieraus, dass die reibenden Flächen trockener und die Reibungen bedeutender werden. Dieser Nachtheil wird desto fühlbarer, je mehr Dampf im Verhältniss gebraucht wird. — Es tritt endlich ein Augenblick ein, wo der Dampf einen Theil des zur Absorbirung der Wärme unumgänglich nothwendigen Wassers abführt und wo unfehlbar Erhitzung entstehen muss, ungeachtet dass grosse Mengen Dampfes durch den Rauchfang entweichen und dass keine Gase aus dem Rauchkasten hinzutreten. Dieselben Erscheinungen zeigen sich, wenn man nur ausschliesslich Dampf hinzulässt.

Wenn daher die Mitwirkung des Dampfes bei Anwendung des Gegendampfes nicht durch besondere Bedingungen, die ich gleich anführen werde, motivirt ist, so gewährt sie keinen Nutzen und ist immer mehr oder weniger, namentlich schon dadurch schädlich, dass die Reibungen vergrössert und in Folge dessen, die Abnützung der Bestandtheile befördert und endlich die Schmierungs-Kosten, welche bei alleiniger Einspritzung von Wasser entfallen, gesteigert werden. — In der Regel soll man dem Wasser möglichst wenig Dampf beifügen; der wasserhaltige Nebel, welcher sich beim Ausströmen des Kesselwassers bildet, entspricht eben diesem Minimal-Verhältnisse.

Bezüglich der aus dem Schornstein ausgestossenen Dampfmenge, welche einem Wärmeverluste entspricht, der durch einen grössern Brennstoff-Verbrauch im Feuerkasten wieder ersetzt werden muss, ist noch zu bemerken, dass die Einspritzung von Wasser allein die vortheilhaftesten Bedingungen, im Vergleiche zur Einspritzung eines Gemenges von Wasser und Dampf darbietet. Die Dampfwolke am Rauchfang wird, bei gleichem Verbräuche, jederzeit besser hervortreten, wenn man nur Wasser einspritzt; der Dampf wird feuchter, flockiger, als wenn eine gewisse Menge Wassers beim Austritte aus dem Kessel durch Dampf

ersetzt wird. Bei sehr trockener Witterung kann der Dampfverlust durch den Rauchfang im letzteren Falle ein sehr bedeutender sein, ohne dass er vom Maschinisten bemerkt wird.

Wenn man in der Anwendung des Gegendampfes nur ein Mittel zum Anhalten beim Verschiebungsdienst in den Stationen, oder im Falle eines plötzlich drohenden Unfalles sucht, so ist die Einspritzung von Wasser allein, oder im starken Verhältniss mit dem Dampf vermengt, keine Nothwendigkeit mehr, welche durch die Fürsorge für die gute Erhaltung der reibenden Flächen geboten wäre, und man kann dann sogar blos Dampf verwenden. Directe Versuche haben gezeigt, dass wenn man in das Ausströmungrohr blos Dampf leitet, die Hanf-Liderungen der Stopfbüchsen, bei einer gleichförmigen Geschwindigkeit von 30 Kil. in der Stunde, erst nach einem zurückgelegten Wege von 5 Kilometer, also nach 10 bis 12 Minuten zu brennen anfangen. Gibt man Gegendampf, um den Zug aufzuhalten, so kann man annehmen, dass der Stillstand in einer oder zwei Minuten bewirkt wird, bevor noch die Packungen in merklicher Weise beschädigt, oder die Reibungsflächen angegriffen worden sind.

Man kann selbst, im Falle eines plötzlich erhaltenen Haltesignals, oder einer drohenden Gefahr, die Vergrösserung der Reibungen als einen für das Anhalten vortheilhaften Umstand ansehen, und sie als ein zur Widerstandsfähigkeit der Maschine hinzugefügtes Kraft-Element erachten.

Wenn die Admission schwach ist, wenn sie z. B. während 15 bis höchstens 30% des Hubes stattfindet, so sieht man, wie es die unter verschiedenen Umständen aufgenommenen Diagramme der Tafel II darthun*), dass die Arbeit der Widerstände sehr gering wird; bei einer gewissen Grenze, Fig. 9, wird die Widerstandsarbeit gleich Null und kann in Folge der Grösse, welche die Expansion des nassen, im schädlichen Raume eingeschlossenen Dampfes erreicht, sogar in Antriebsarbeit übergehen.

Man kann daher bei Anwendung des Gegendampfes strenge genommen noch mit alleiniger Dampfeinspritzung vorgehen, ohne die einzelnen Organe der Maschine zu schädigen, wenn ein geringer Widerstand hinreicht, um die Geschwindigkeit eines leichten Zuges auf einer 10 bis 12 Millimeter pr. Meter geneigten Bahn oder eines schweren Zuges bei einer schwächeren Neigung zu moderiren.

*) Das Diagramm No. 4 wurde bei Wassereinspritzung aufgenommen, während der Regulator aus Versehen geschlossen blieb.

Tritt eine Erhitzung ein, so setzt ihr die äussere Abkühlung eine Grenze. — Ebenso kann man mittelst Gegendampf auf einer sehr starken aber sehr kurzen Neigung fahren.

Gleichwohl scheint mir das Vorgehen mit der alleinigen Einspritzung von Dampf in diesen besonderen Fällen nicht anempfehlungswürdig. Es würde besser sein, aus zwei mit einander verbundenen, durch eine einzige Bewegung aufschliessbaren Hähnen ein Gemenge von Dampf und Wasser in einem, den Dienstanforderungen angepassten Verhältnisse einzuspritzen, während die Verwendung von Wasser allein oder in hervorragender Menge in systematischer Weise jedesmal dann zu geschehen hätte, wenn die Maschine eine bedeutende und andauernde Widerstandsarbeit ausführen soll.

Besonders bei untergeordneten Dienstleistungen kann der Dampf mit Nutzen angewandt werden.

In dem Augenblicke, wo der Gegendampf in Thätigkeit tritt, kann das Einspritzrohr, welches nothwendiger Weise verschiedenartige Krümmungen darbietet, condensirtes, an einer tiefern Stelle angesammeltes Wasser enthalten und es könnte von Nutzen sein das Rohr auszulernen, um das Eindringen einer gewissen Menge flüssigen Wassers in die Cylinder zu verhindern.

Im Augenblicke, wo der Zug anfängt mittelst Gegendampf auf einer schiefen Ebene hinunterzufahren, kehrt der Maschinist den Dampf nur allmählig um, bis die Geschwindigkeit die gehörige Grösse erreicht hat; die Einspritzungen für die erste Admissionsrast sollen sehr schwach sein; dann sollen sie allmählig stärker werden bis zu dem zu erreichenden Admissionspunkte, um welchen herum nur noch mehr oder weniger grosse Variationen nothwendig sind, um die Geschwindigkeit gleichförmig zu erhalten. In diesem Falle ist es bequem mit einer Dampfeinspritzung allein anzufangen, dann abzuwarten bis die Admission z. B. auf der 2. oder 3. Rast angelangt ist und den Einspritzhahn für Wasser nur in einem oder in zwei Malen aufzumachen, und dabei das Einspritzen des Dampfes in dem Augenblicke abzubrechen, wo die Einspritzung des Wassers regelmässig vor sich geht.

Es kann vorkommen, dass der Druck im Kessel im Augenblicke der Ankunft an der schiefen Ebene sehr niedrig ist; das aus dem Kessel kommende Gemenge von Dampf und Wasser kann zu viel Wasser und zwar in grossen Tropfen mit sich führen. In diesem Falle kann es vortheilhaft sein dasselbe wieder zu erwärmen, indem man etwas Dampf aus dem Kessel hinzufügt und auf diese Art dem Gemenge eine

grosse Geschwindigkeit im Rohre ertheilt, wodurch eine Zertheilung des Wassers und Pulverisirung der mitgeführten grossen Tropfen bewirkt wird.

Eine Maschine kann in den Fall kommen bald bei grosser, bald wieder bei sehr kleiner Admission mit Gegendampf zu arbeiten; das Zuleitungsrohr, welches darauf eingerichtet ist, um eine grosse Menge Wassers oder wässerigen Dampfes einspritzen zu können, wenn die Maschine mit vollem Widerstande arbeitet, kann für eine schwache Einspritzung zu weit sein, so dass das Gemenge eine zu geringe Geschwindigkeit erlangt und eine gewisse Condensation erfahren kann; in diesem Falle kann es ebenfalls gut sein, das Gemenge mit Dampf zu versetzen.

Will man endlich den Zug mittelst Gegendampf aufhalten, was man zur Dienstregel annehmen sollte, so muss man zuerst die Einspritzung des Wassers aufmachen oder verstärken, während man gleichzeitig die Admission des Gegendampfes bis zum höchsten Grade steigert, und sie dann allmählig vermindern, bis der Stillstand erreicht ist. Würde man auf diese Art bis zu Ende fortfahren, so würde ein Zeitpunkt kommen, wo bei sehr verminderter Geschwindigkeit des Zuges das eingespritzte Wasser einen grossen Ueberschuss darböte, so dass es sich in den Räumlichkeiten der Dampfwege und des Ausströmungsrohrs ansammeln könnte; in einem solchen Falle wäre es besser, den Gang damit zu beendigen, dass man die Dampfeinspritzung öffnet und vor dem vollständigen Stillstande die Wassereinspritzung ganz unterbricht.

In keinem dieser Fälle ist die Dampfeinspritzung unumgänglich nothwendig; ein mehr oder weniger kleiner, vom Kessel in das Einspritzrohr geleiteter Wasserstrahl könnte hinreichen; eben so wenig ist die vorläufige Entleerung des Zuleitungsrohres eine Nothwendigkeit. Aber die Dazwischenkunft des Dampfes kann die Manipulationen vereinfachen und günstig auf den Dienst einwirken.

Es gibt schon jetzt Maschinisten, welche bei der noch allgemein in Gebrauch stehenden Anwendung von Wasser und Dampf aus sich selbst und ohne in dieser Beziehung Weisungen erhalten zu haben, den Wasserhahn schliessen und nur den Dampfahn geöffnet lassen, wenn bei Annäherung an eine Station der Stillstand zur Hälfte oder zu drei Viertel erreicht ist.

Andere Maschinisten schliessen, bei einem mit Wasser und Dampf organisirten Dienste, den Dampfahn, wenn die Niederfahrt auf einer schiefen Ebene im vollen Gange ist.

Ich bin auf die alleinige Wassereinspritzung mehr eingegangen, um die Frage bezüglich des Gegendampfes recht verständlich zu machen;

nichts desto weniger empfehle ich die Anwendung von zwei Einspritzhähnen, bei welchen der Dampfahn nur eine Nebenrolle spielt.

Mechanische Ausführung.

Die Vorrichtung, welche es ermöglicht, die Locomotive bei regelmässigem Gange mit Gegendampf arbeiten zu lassen, ist ebenso einfach, als das Princip selbst des neuen Systemes; das Ganze reducirt sich auf ein Rohr von 20 oder 25 Millimeter bis 30 oder 40 Millimeter Durchmesser (vorzuziehen sind 20 bis 25 Millimeter oder ein Wiener Zoll) welches die Communication zwischen dem Kessel und dem Ausströmungsröhre herstellt, und auf einen Vertheilungshahn, der vom Maschinisten gehandhabt wird, um die Ausflussmenge zu regeln.

Wenn man, wie ich es anrath, obgleich es nicht unumgänglich nothwendig ist, im Stande sein will, abwechselnd oder gleichzeitig Wasser und Dampf einspritzen zu können, so bringt man einen zweiten Hahn mit einem kurzen Rohr an, welches sich mit dem ersten Rohre in geringer Entfernung von dem Ausgangspunkte verbindet. — Das eine der beiden Rohre nimmt seinen Ursprung im Kessel unter dem niedrigsten Wasserstande, der je erreicht werden kann, das andere so hoch über dem Wasserstande, dass kein Wasser durch Saugen mitgerissen werden kann.

Wenn die Maschinen aussenliegende Cylinder haben, so theilt sich das Ausströmungsröhre in zwei Arme; dem entsprechend erhält dann auch das Einspritzrohr zwei Aeste, von denen jeder in einen der Arme des Ausströmungsröhres einmündet. — Die Verästung muss vollkommen symmetrisch sein, damit das im Dampfe schwebende oder noch zum Theil flüssige Wasser nicht der geradesten Linie folge, und damit dessen Vertheilung nach beiden Cylindern eine gleiche sei. — Die Fig. 3, Taf. I, zeigt zwei verschiedene Arten der Anordnung dieses Rohres behufs seiner Verbindung mit dem untern Theile des Ausströmungsröhres; man kann jedoch in dieser Beziehung die verschiedenartigsten Combinationen wählen.

Die Fig. 4, Taf. I, zeigt die Hauptdisposition einer Verästung des Einspritzrohres, insofern eine solche benöthigt wird; es ist zweckmässig hierzu ein genau bearbeitetes, aus Bronze hergestelltes Stück zu verwenden, welchem ein möglichst langes und gerades Rohr vorangehen soll. — Die im Dampfe schwebenden Tropfen flüssigen Wassers trachten, vermöge der ihnen inwohnenden Trägheit und ihrer verhältnissmässig erheblichen Bewegungsgrösse, sich in gerader Linie fort zu bewegen; eine unsym-