

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

## **Der Maschinenbau**

**Redtenbacher, Ferdinand**

**Mannheim, 1863**

Der Condensationsapparat

[urn:nbn:de:bsz:31-270981](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-270981)

der Kurbelwelle aus bewegt wird. Die Absperrung geschieht hier stets durch das gleiche Schieberende.

**Expansion mit zwei aufeinander laufenden Schiebern, erster Fall.** Tafel XXVIII., Fig. 2. *a* der Vertheilungsschieber, *b* und *c* die Expansionschieber. *b* und *c* gehen mitsammen, können aber gegen einander verstellt werden. Der Vertheilungsschieber wird durch ein voreilend gestelltes Excentrum bewegt. Die Expansionschieber werden durch ein zweites ebenfalls voreilend gestelltes Excentrum bewegt. Beide Excenter machen gleich viel Umdrehungen und können von der Kurbelwelle aus bewegt werden. Wenn die Schieber *b* und *c* die Oeffnungen in *a* überdecken, ist die Absperrung vorhanden. Aendert man die Distanz der Schieber *b* und *c*, so wird der Expansionsgrad geändert. Auch diese Einrichtung ist gut und wird oftmals angewendet.

**Expansion mit zwei aufeinander laufenden Schiebern, zweiter Fall.** Tafel XXVIII., Fig. 3. Bei dieser Anordnung werden die Expansionschieber nicht durch einen Mechanismus bewegt, sondern dadurch, dass sie in der Mitte an einen Ansatz *a* und bei *e* und *f* an die Wände der Dampfkammer anstossen. Die Expansionschieber *b* und *c* liegen nämlich auf dem Vertheilungsschieber *a*, werden gegen denselben durch den Dampf angedrückt und werden durch den Vertheilungsschieber bei dessen Hin- und Herbewegung mit fortgenommen, bis sie entweder an den mittleren Ansatz *a* oder an die Wände der Dampfkammern stossen, was sie zum Stillstehen bringt, während der Vertheilungsschieber fort geht. Hierdurch geschieht die Verschiebung der Expansionschieber gegen den Vertheilungsschieber.

#### Der Condensationsapparat.

**Beschreibung der gewöhnlichen Apparate.** Vorzugsweise zwei Anordnungen von Condensationsapparaten werden bei den Dampfmaschinen angewendet: die *Watt'sche* und die *Maudslay'sche*. Bei ersterer, Tafel XXVIII., Fig. 4, stehen der Condensator und die Luftpumpe nebeneinander in der Kaltwassercysterne, bei letzterer, Fig. 5, ist die Stellung dieser drei Gefässe eine concentrische. Für die Funktionen des Apparates sind beide Anordnungen gleichwerthig. Die *Watt'sche* Anordnung ist minder gefällig als die *Maudslay'sche*, dafür aber leichter zugänglich. Der letztere dieser

Apparate nimmt etwas weniger Raum ein als der erstere. In der folgenden Beschreibung der beiden Apparate werden die gleichen Gegenstände mit denselben Buchstaben bezeichnet.

*a* ist die Kaltwassercisterne, dieselbe kann aus Holz oder aus Eisen hergestellt werden; sie wird von der Kaltwasserpumpe aus fort und fort mit kaltem Wasser versehen, damit dieses nicht überlaufen kann, ist ein Abflussrohr *b* angebracht. *c* ist die Luftpumpe mit den Klappenventilen: Einsaugklappe *c*<sub>1</sub>, die Kolbenklappe *c*<sub>2</sub>, die Entleerungsklappe *c*<sub>3</sub>. Das Einspritzen des Wassers geschieht vermittelt eines Rohres *d*, an dessen äusserer in der Tiefe des Cisternenwassers befindlichen Mündung ein Hahn oder ein Ventil oder ein Schieber angebracht ist, um die Wassermenge, welche durch den äusseren atmosphärischen Druck eingetreten ist, nach Bedarf reguliren zu können, welches Rohr aber innen im Condensationsraum durchlöchert und zuweilen mit einer Brause versehen ist.

**Wirkung des Condensators.** Die Vorgänge, welche in dem ganzen Condensationsapparat während des Maschinenspiels vorkommen, sind ziemlich komplizirt und korrekt nicht leicht zu erklären. Wir wollen die Erscheinungen von dem Augenblick an betrachten, wenn der Kolben in die Höhe zu gehen beginnt, setzen aber voraus, dass in der ganzen Maschine der Beharrungszustand vorhanden sei, in welchem am Ende jedes Auf- und Niedergangs des Kolbens identische Zustände vorhanden sein werden. Diese Identität kann nur dann eintreten, wenn bei jedem ganzen Kolbenspiel (Auf- und Niedergang) alle Flüssigkeiten aus dem Condensator entfernt werden, die während eines solchen Spieles in den Condensator eintreten. Aus dem Condensator muss also entfernt werden: 1) das Wasser, welches durch die Condensation des Dampfes während eines Kolbenspiels gebildet wird. Es entsteht aus zwei Füllungen des Dampfcylinders; 2) das Condensationswasser, das während eines ganzen Kolbenspiels in den Condensator eintritt; 3) die atmosphärische Luft, welche in dieser Wassermenge enthalten ist und die wegen der geringen im Condensator herrschenden Spannung frei wird; 4) der Theil des eintretenden Dampfes, welcher nicht condensirt wird. Diese Quantitäten von Wasser, Dampf und Luft müssen sich im Beharrungszustand der Bewegung am Anfang des Hubes des Luftpumpenkolbens in dem Raum zwischen diesem Kolben und dem Entleerungsventil befinden, denn die in diesem Raum befindlichen Flüssigkeiten werden aus der Luftpumpe entfernt, während der Kolben aus der tiefsten Stellung in die höchste gelangt.

Wir wollen nun sehen, was in dem Raum oberhalb des Kolbens während seiner Erhebung vorgeht. Während der Kolben in die Höhe geht, muss das über demselben befindliche Wasser gehoben werden, was jedoch ein wenig Kraft erfordert, muss ferner die Luft komprimirt werden bis ihre Spannung etwas grösser wird, als der äussere atmosphärische Druck, was ebenfalls einige Kraft erfordert, muss aber endlich zuletzt gegen das Ende des Kolbenspieles hin das Wasser ausgetrieben werden, was allerdings beträchtliche Kraft erfordert, denn von dem Augenblick an, wenn die Luft bis zu einer Atmosphäre Spannung verdichtet worden ist, öffnet sich das obere Entlassungsventil, wirkt also der äussere atmosphärische Druck auf die obere Kolbenfläche, bis der Kolben seine höchste Stellung erreicht hat.

Die Weglänge, welche der Kolben zurücklegt, während der äussere atmosphärische Druck einwirkt, richtet sich nun nach der grösseren oder geringeren Menge von Einspritzwasser. Wird viel eingespritzt, so muss viel herausgeschafft werden, muss demnach der Weg, durch welchen der atmosphärische Druck zu überwinden ist, gross ausfallen. Wird wenig eingespritzt, so ist nur wenig Wasser wegzuschaffen, fällt demnach der Weg, durch welchen der atmosphärische Druck überwunden werden muss, klein aus. Man sieht hieraus, dass sich der zum Betriebe der Luftpumpe erforderliche Kraftaufwand nach der mehr oder weniger vollständigen Condensation richtet. Auch ersieht man, dass es wesentlich ist dafür zu sorgen, dass eine möglichst vollständige Condensation mit einer möglichst kleinen Wassermenge erfolgt, man soll also möglichst kaltes Wasser anwenden und soll dasselbe nur in dem Moment einspritzen, wenn der Dampf aus dem Dampfzylinder in den Condensator entweicht, also am Ende jedes Kolbenschubes, nicht aber continuirlich, wie es bei den gewöhnlichen Condensatoren geschieht. Das Einspritzen durch den äusseren Luftdruck bewirken lassen, ist fehlerhaft, denn es erfolgt dann gerade in verkehrter Weise. Im Moment, wenn der Dampf aus dem Dampfzylinder in den Condensator eintritt, herrscht in demselben eine ziemlich hohe Spannung, was zur Folge hat, dass nun gerade wo es am nöthigsten wäre, kein oder wenig Wasser eintritt. Später, wenn die Condensation allmählig fortgeschritten ist und die Spannung im Condensator sehr klein geworden ist, kommt nun ein reichlicher Wasserguss nach, der wenig mehr zu thun findet und den Condensator zweckwidrig anfüllt. Bei dieser Art von Einspritzung ist also, um eine gewisse Wirkung hervorzubringen, eine viel grössere Wassermenge erforderlich, als eigentlich zur Condensation nothwendig wäre.

Wir wollen nun ferner sehen, was in dem Raum unter dem Kolben der Luftpumpe während des Hubes vorgeht. Wenn der Kolbenhub beginnt, will unter dem Kolben ein leerer Raum entstehen, das hat zur Folge, dass das in dem untern Theil des Condensatorraums enthaltene Wasser durch den im Condensator vorhandenen Luft- und Dampfdruck durch das Bodenventil in die Luftpumpe getrieben wird und den Raum ausfüllt, welchen der Kolben durchläuft. Dadurch sinkt der Wasserspiegel im Condensator bis unter das Einsaugventil und nun tritt plötzlich Luft und Dampf aus dem Condensator in die Luftpumpe ein, fällt aber gleichzeitig Wasser aus derselben durch die Oeffnung der Saugventile in den Condensator zurück, wodurch sich der Wasserspiegel im Condensator wiederum hebt und das Saugventil unter Wasser geräth. Wenn dann der Kolben seinen Weg weiter fortsetzt, wird abermals durch den Condensatordruck Wasser in die Luftpumpe getrieben, und wenn zuletzt der Kolben oben angekommen ist, befindet sich nothwendig in dem Raum zwischen dem Bodenventil und dem Kolben so viel an Wasser, Luft und Dampf, als bei einem ganzen Kolbenspiel aus dem Apparat entfernt werden muss. Diese Vorgänge unterhalb des Kolbens während seines Hubes erfordern, wie man sieht, keinen beachtenswerthen Kraftaufwand. Wenn der Kolben niederzugehen beginnt, schliesst das obere Entlassungsventil und das untere Saugventil, es entsteht oberhalb des Kolbens ein leerer Raum, wird dagegen die Luft unterhalb des Kolbens etwas komprimirt, bis eine Spannung eintritt, welche hinreichend ist, das Gewicht des Kolbenventils zu heben, dann vertheilt sich die Luft in den beiden Räumen oberhalb und unterhalb des Kolbens, bis derselbe so weit niedergegangen ist, dass er das auf dem Bodenventil aufliegende Wasser erreicht, worauf er mit geöffnetem Ventil in dasselbe eintaucht und bis in seine tiefste Stellung niedergeht. Man sieht, dass der Niedergang des Kolbens einen merklichen Kraftaufwand nicht bedarf, und es geht aus den gegebenen Erläuterungen hervor, dass vorzugsweise das Austreiben des Condensationswassers durch die Oeffnungen des Entweichungsventils gegen das Ende des Kolbenshubes hin Kraftverwendungen erfordert.

**Vortheilhafteste Condensation.** Nach den vorausgegangenen Erklärungen wird man ohne Schwierigkeit erkennen, dass die Wirkung der Condensation am günstigsten ausfällt, wenn eine gewisse Wassermenge in den Condensator rechtzeitig eingespritzt wird. Wird nämlich ungemein wenig Wasser eingespritzt, so fällt zwar die zum Betriebe der Luftpumpe erforderliche Kraft sehr klein aus

(indem dann wenig Luft zu komprimiren und wenig Wasser zu heben und auszutreiben ist), bleibt jedoch die Spannung im Condensator sehr hoch, so dass der schädliche Vorderdruck sehr gross ausfällt. Die Wirkung der Condensation kann daher bei einer zu kleinen Menge Einspritzwasser nicht vortheilhaft sein. Wenn dagegen ungemein grosse Wasserquantitäten eingespritzt werden, so fällt allerdings die Spannung im Condensator und der schädliche Vorderdruck klein aus, wird dagegen die zum Betriebe der Luftpumpe erforderliche Kraft sehr bedeutend, die Wirkung der Condensation kann also in diesem Falle abermals nicht günstig ausfallen. Daraus erkennt man, dass es eine gewisse Condensation gibt, bei der das beste Resultat erzielt werden kann. Es würde zu weitläufig und unsicher sein, diese vortheilhafteste Condensation theoretisch durch Rechnung zu bestimmen, und für die Praxis wäre diese Rechnung ganz überflüssig, denn diese vortheilhafteste Condensation kann bei jeder existirenden Maschine durch Experimente auf folgende Art bestimmt werden: Man stellt den Einspritzhahn zunächst so, dass nur äusserst wenig Wasser in den Condensator gelangen kann, setzt die Maschine in Gang und beobachtet mit einer Sekundenuhr, mit wie viel Umdrehungen pro 1 Minute die Fabrik getrieben wird, hierauf verstellt man den Einspritzhahn so, dass eine grössere Wassermenge in den Condensator gelangt und beobachtet wiederum, mit wie viel Umdrehungen die Fabrik getrieben wird. Fährt man auf diese Weise fort, so findet man mit grösster Sicherheit diejenige Hahnstellung, bei welcher die Fabrik den schnellsten Gang annimmt und diese Hahnstellung entspricht natürlich der vortheilhaftesten Condensation.

**Abmessungen des Condensationsapparates.** Die für eine vortheilhafte Condensation erforderlichen Abmessungen des Condensationsapparates können durch Rechnung mit Sicherheit kaum bestimmt werden. Für die Praxis ist eine solche Bestimmung durch Rechnung kein Bedürfniss; Condensationsapparate, die gute Leistungen hervorbringen, gibt es ja eine Menge, man braucht daher nur die Abmessungen dieser wirklich existirenden und gut wirkenden Condensationsapparate auf eine Regel zurückführen, so können diese zur Bestimmung von neu zu erbauenden Maschinen dienen. Man wird gewiss zu richtigen Abmessungen gelangen, wenn man als Regel aufstellt, dass das Volumen des Condensators und der Luftpumpe für eine neu zu erbauende Maschine so gross gemacht werden soll, als bei einer Watt'schen Dampfmaschine, welche eben so viel Dampf konsumirt, als die neu zu erbauende Maschine. Da es nicht

nachtheilig werden kann, wenn der Condensationsapparat etwas gross ausfällt, so genügt es auch für die Praxis, wenn man den Condensationsapparat für eine neu zu erbauende Maschine gerade so gross nimmt, als für eine Watt'sche Maschine von gleicher Pferdekraft.

**Verbesserungen des Condensationsapparates.** Die Condensationsapparate von *Watt* und von *Maudslay*, welche wir früher beschrieben, sind mangelhaft, insbesondere weil sie einfach wirkend sind und weil das Einspritzen nicht rechtzeitig geschieht und durch den äusseren Druck der Atmosphäre erfolgt. Man wird also augenscheinlich eine Verbesserung herbeiführen, wenn man die Luftpumpe doppelt wirkend einrichtet, und das Einspritzen nicht kontinuierlich und nicht durch den äusseren atmosphärischen Druck erfolgen lässt, sondern eine Pumpe anwendet, die so eingerichtet ist, dass sie nach Belieben grössere oder kleinere Wassermengen jedes mal in dem Augenblick in den Condensator treibt, wenn der Kolben das Ende seines Schubes erreicht. Auch wird es gut sein, wenn das Einspritzwasser in einem vertheilten Zustand gerade an der Stelle, wo der Dampf in das Condensationsgefäss eintritt, aus einer Brause getrieben wird.

**Der Hall'sche Condensator.** Bei diesem Condensator geschieht die Condensation nicht durch Einspritzen von kaltem Wasser, sondern nur allein durch Abkühlung der Wände des Condensationsgefässes mittelst eines Stromes von kaltem Wasser. Tafel XXVIII., Fig. 6 gibt eine Idee von einem solchen Condensator. Der innere Raum des beliebig gestalteten Condensationsgefässes ist durch zwei Wände *a* und *a*, in drei Räume getheilt. In diese Wände sind eine grosse Menge enger Röhren aus dünnem Kupferblech so eingesetzt, dass dadurch die Räume *b* und *b*, kommuniziren. Leitet man bei *a* einen Strom von kaltem Wasser in den Raum ausserhalb der Abkühlungsröhren und bei *d*, wiederum heraus, und lässt bei *c* den zu condensirenden Dampf eintreten, so wird derselbe an den kalten Wänden der Kupferröhren condensirt, das dadurch entstehende Wasser sammelt sich in *b*, und kann mittelst einer kleinen Pumpe bei *e*, aufgesaugt und fortgeschafft werden. Es erfordert jedoch eine sehr grosse Abkühlungsfläche, um eine prompte und energische Condensation zu bewirken. Ja diese Abkühlungsfläche fällt so gross aus, dass der Condensator selbst dann, wenn man sehr enge Röhren nimmt und sie ganz dicht neben einander stellt, ein sehr beträchtliches Volumen erhält und nur mit grossen Kosten hergestellt werden

kann. Von der Richtigkeit des so eben Gesagten wird man sich überzeugen, wenn man bedenkt, dass bei einem solchen Hall'schen Condensator der Unterschied der Temperatur des Dampfes und des Condensationswassers ungefähr  $100^{\circ}$  beträgt, während bei einem Dampfkessel die mittlere Temperatur der Verbrennungsgase um circa  $500^{\circ}$  grösser ist, als jene des Wassers im Kessel, die Abkühlungsfläche der Röhren des Condensators muss demnach ungefähr 5 mal so gross ausfallen, als die Heizfläche des Kessels der Maschine, man würde also dem Condensator pro 1 Pferdekraft der Maschine  $5 \times 1.5 = 7.5^m$  Abkühlungsfläche zu geben haben. Diese kaum realisirbare Grösse der Abkühlungsfläche ist wohl der Grund, dass diese Hall'schen Condensatoren, welche nach ihrer Erfindung bei Marine-Maschinen häufig angewendet wurden, nun ausser Gebrauch gekommen sind. Für derlei Maschinen wäre die Condensation des Dampfes durch blosser Abkühlung der Röhrenwände von grossem Vortheil, weil zur Speisung des Kessels süsses Wasser, zur Abkühlung der Condensationsröhren dagegen salziges Meerwasser genommen werden kann.

### Theorie der Schwungräder.

**Einleitung.** Die Bewegung des Schwungrades einer Dampfmaschine kann nicht gleichförmig sein, indem vermöge der Kurbelkraft und Widerstand wohl in einzelnen Momenten, nie aber dauernd im Gleichgewicht sind. Die Ungleichförmigkeit der Schwungradbewegung kann jedoch durch eine hinreichende Grösse des Schwungrades in beliebige Grenzen eingeschlossen werden, und die Aufgabe, welche die Theorie des Schwungrades zu lösen hat, besteht vorzugsweise in der Bestimmung des Trägheitsmomentes, welches das Schwungrad besitzen muss, damit dessen Bewegung innerhalb vorgeschriebener Grenzen bleibt.

Die Theorie des Schwungrades führt zu äusserst verwickelten Rechnungen, wenn man den höchsten Grad von Genauigkeit verlangt, wir begnügen uns daher mit einer Annäherung, indem wir den Einfluss der hin und her gehenden Massen des Kolbens, der Kolbenstange, der Schubstangen und (bei Balancier-Maschinen) des Balanciers vernachlässigen und ferner die Schubstange unendlich lang annehmen, also eine reine Sinus-Versus-Bewegung der Kolben voraussetzen. Die Resultate, welche wir unter diesen Beschränkungen erhalten, sind wenigstens für praktische Zwecke hinreichend genau.