

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1865

Maschinen und Treibapparate

[urn:nbn:de:bsz:31-278533](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-278533)

Maschinen und Treibapparate.

System der Maschinen im Allgemeinen. Zum Betriebe der Dampfschiffe werden (mit Ausnahme von Amerika) nur Condensationsmaschinen gebraucht. Auf Flüssen, Seen und auf dem Meere fehlt es nicht an dem zur Condensation nöthigen Wasser und durch die Condensation erreicht man den wesentlichen Vortheil, dass selbst mit mässigen Dampfspannungen eine ziemlich günstige Verwendung des Brennstoffes möglich wird. Bei dieser niedrigen Dampfspannung sind die Maschinen leicht in gutem und dampfdichtem Zustand zu erhalten und wird insbesondere die Kesselconstruktion sehr erleichtert, indem bei einer schwachen Dampfspannung selbst ausgedehnteren ebenen Theilen der Kesselwände eine genügende Festigkeit ertheilt werden kann. Da die Feueranföhung auf Dampfschiffen nur durch Kamine von mässiger Grösse geschieht, darf bei Steinkohlen die Dicke der Brennstoffschicht auf dem Rost nicht mehr als 10 bis 12 Centimeter betragen; erhalten daher die Roste unvermeidlich eine sehr grosse Horizontalausdehnung und da sie bei Schiffskesseln im Innern derselben angebracht werden müssen, so werden die Feuerungsräume selbst sehr ausgedehnt. Für die Raumerparung ist es aber sehr wünschenswerth, wenn diese Feuerungsräume die Form von viereckigen Kanälen mit abgerundeten Kanten erhalten können, und dies ist nur bei schwacher Dampfspannung möglich, indem bei hoher Dampfspannung die Decken der Feuerkanäle unmöglich stark genug gemacht werden könnten. Man sieht, dass insbesondere die Kesselconstruktion die Anwendung von schwach gespanntem Dampf bedingt, und die Condensation ist nur nothwendig, um bei dieser schwachen Dampfspannung eine vortheilhafte Verwendung des Brennstoffes erzielen zu können. Das Expansionsprinzip wird bei Schiffsmaschinen entweder gar nicht oder nur in einem mässigen Grade in Anwendung gebracht. Starke Expansionen sind bei schwachen Dampfspannungen nicht möglich und würden auch die Maschinen zu sehr vergrössern. Wo es nur möglich ist, sucht man bei Schiffsmaschinen die Räderübersetzungen zu vermeiden. Das Geräusch der Räder ist zu störend; die Axen können auf einem elastischen Bau, wie ein Schiff es ist, nie so sicher gelagert werden, als bei stehenden Landmaschinen, und der Bruch eines Zahnes kann zu nachtheilige Folgen haben. Um den Räderübersetzungen zu entgehen, sucht man theils durch einen kurzen Kolbenschub, theils durch eine ziemlich grosse Geschwindigkeit der Dampfkolben unmittelbar die nöthige Geschwindigkeit der Triebwellen hervorzubringen. Bei Schrauben-Maschinen muss man

sich oftmals, insbesondere wenn die Schiffe verhältnissmässig klein sind, sehr kurze Kolbenschübe und grosse Kolbengeschwindigkeit gefallen lassen. Die Schublänge beträgt zuweilen nur $\frac{2}{5}$ vom Durchmesser der Cylinder und die Kolbengeschwindigkeit 2^m in einer Sekunde. In England hat man früher bei Schraubenschiffen in der Regel Räderübersetzungen angewendet, thut es aber gegenwärtig nicht mehr. In Frankreich wurden im Gegentheil die Schraubenmaschinen früher ohne Räderübersetzungen gemacht und werden solche nun sehr gewöhnlich gebraucht.

Hinsichtlich der Bauart sind die Ruderrädermaschinen von den Schraubenmaschinen zu unterscheiden, weil bei ersteren die zu treibende Kurbelwelle hoch, bei letzteren tief liegt. Bei den älteren Rädermaschinen sind die Maschinen nur mit den Kielsons, nicht aber mit den Wänden oder mit der Decke des Schiffes verbunden. Die Maschinen stehen ganz frei da und die Kurbelwelle liegt theils in den Gestellen der Maschine, theils in Lagern, welche ausserhalb der Schiffswand angebracht sind. Diese Bauart ist offenbar fehlerhaft; denn die Lage der Kurbelwelle ist dadurch nicht gesichert, indem die oberen Theile der Maschinengestelle ganz merklich gegeneinander Bewegungen machen müssen, so wie sich das Schiff durch die Wirkung des Wellenschlags etwas deformirt. Brüche der Axen oder der Gestelle sind daher bei dieser Bauart, insbesondere bei Meeresschiffen kaum zu vermeiden. Diese fehlerhafte Bauart ist aber gegenwärtig ganz verlassen. Bei allen neueren Konstruktionen wird oben von Wand zu Wand eine solide Brücke hergestellt, welche die Kurbelwelle sicher trägt, und die Maschine wird unten gleichsam an die Brücke gehängt. Auf diese Weise ist die Maschine von den Formänderungen des Schiffes fast unabhängig gemacht und ist die Welle gegen jeden Bruch vollkommen gesichert. Bei Schraubenschiffen ist die Bauart der Maschinen insofern erleichtert, als alle Theile tief unten im Schiff auf den Kielsons und Querrippen sicher gelagert werden können. Wie die Schwierigkeiten der Lagerung der Schraubenwellen überwunden werden können, wird in der Folge gezeigt werden.

Maschinen für Ruderräder.

Die Watt'sche Maschine mit unteren Balanciers. Diese Maschine war einstens sehr allgemein verbreitet, wird aber gegenwärtig nur noch auf älteren Schiffen angetroffen. Der Dampfeylinder mit dem Steuerungsgehäusewerk, der Condensator, die Luftpumpe,

die Warmwassercisterne und die Lagerständer stehen nebeneinander auf einer hohlen Grundplatte, die auf die Kielsons geschraubt ist. Die Uebertragung der Bewegung von den Kolben nach der Kurbelwelle geschieht auf einem ziemlich weitläufigen Umweg mittelst Hängestangen, Balanciers und Schubstangen. Aber die Balanciers gewähren den Vortheil, dass es mittelst derselben so leicht ist, die verschiedenen Kolben der Pumpen mit der angemessenen Geschwindigkeit zu bewegen. Die ganze Anordnung ist eine der schönsten von den *Watt'schen* Erfindungen, aber leider hat sie einen Hauptfehler, vermöge welchem sie nicht mehr angewendet wird. Es ist nämlich die Kurbelwelle nicht sicher gelagert. Die kleinsten Deformationen des Schiffskörpers verursachen merkliche relative Bewegungen der beiden Maschinen gegen einander und gegen die Schiffswände.

Gorgan's Maschine. (Tredgold Appendix C.) Die Cylinder stehen unter der Kurbelwelle und die Bewegung wird direkt übertragen. Zur Bewegung der Hilfspumpen ist ein leichter, um eine Schwinge drehbarer Balancier vorhanden. Die Cylinder und Apparate sind auf einer Grundplatte neben einander aufgestellt, ähnlich wie bei der *Watt'schen* Maschine.

Maudslay's direkt wirkende Maschine. Die Kurbelwelle liegt oben auf einer Brücke, welche die Wände des Schiffes verbindet; die Cylinder (bei kleinen Schiffen zwei, bei grösseren vier) stehen unter der Kurbelwelle auf einer gegen die Kielsons geschraubten Grundplatte, die durch säulenartige Stangen mit der Lagerbrücke verbunden ist. Die Uebertragung der Bewegung geschieht durch Vermittelung eines T-förmigen Stückes, das bei Maschinen mit einem Cylinder längs der Axe des Cylinders, bei Maschinen mit zwei Cylindern an einer zwischen den Cylindern angebrachten Bahn geführt wird. Bei Maschinen mit nur einem Cylinder ist der Kolben wegen der Führung des T-förmigen Stückes ringförmig. Die Luftpumpe wird von einem Hilfsbalancier aus bewegt. Die Höhlung der Grundplatte bildet den Condensationsraum. Die Lage der Kurbelwelle ist durch den oberen Brückenbau vollkommen gesichert.

Penn'sche Maschine, vertikal oscillirend. Diese Maschinen werden seit längerer Zeit sehr allgemein angewendet. Sie sind sehr compendios, erfordern sehr wenig Aufstellungsraum, sind sehr leicht, gewähren, wenn der Brückenbau gut gemacht wird, eine sichere Lagerung der Kurbelwelle, sind bequem zu steuern, erfordern je-

doch wegen der Dichtungen an den Hohlzapfen der Cylinder eine sehr sorgfältige Ausführung und Aufstellung. Zur Umsteuerung werden meistens Taschen gebraucht. (Armengaud 9^e Volume Pl. 9).

Schief liegende oscillirende Maschine, Loyd'sche Maschine. (Porte-feuille Cockerill Pl. 7.) Die mittlere Richtung der Cylinder ist gegen den Horizont um 45° geneigt. Die Cylinder mit ihren Hohlzapfen und der Kurbelwelle liegen in zwei dreieckigen gegen die Kielsons geschraubten Ständern. Die Luftpumpe und der Condensator befinden sich in der Regel in der Mitte zwischen den Ständern. In der Regel fehlt bei diesen Maschinen der obere Brückenbau, so dass die Kurbelaxen nicht sicher gelegt sind. Die Ruderrädermaschinen des Great Eastern sind ebenfalls mit schief liegenden oscillirenden Maschinen und zwar sind zwei Maschinen jede mit zwei Cylindern vorhanden, der Condensationsapparat und die Luftpumpen sind zwischen der Maschine in der Mitte des Schiffes direkt unter der Kurbelwelle aufgestellt.

Hoch- und Niederdruckmaschine. Die Aufstellung dieser Maschine ist ähnlich der vorhergehenden. Die Cylinder sind jedoch nicht schwingend, sondern sind in schiefer Richtung an die Gestelle geschraubt. Der eine Cylinder ist klein, der andere gross. Der Dampf wirkt zuerst auf den Kolben des kleinen Cylinders, entweicht dann durch ein Rohr nach der Dampfkammer des grossen Cylinders, wirkt hierauf auf den Kolben des grossen Cylinders und entweicht schliesslich nach dem Condensator. Es ist, wie man sieht, das *Wolf'sche* Expansionsprinzip in Anwendung gebracht.

Maschinen für Schrauben.

Sodmer's Aufstellung. (Armengaud, 11^e Vol. Planche 37. Porte-feuille John Cockerill, Schiff Congrès). Die mit einander durch die Dampfkasten verbundenen Cylinder schweben so zu sagen frei in der Luft und werden durch acht säulenartige Stangen getragen, welche in der unteren Grundplatte eingesetzt sind; auf dieser Grundplatte liegt die Kurbelaxe. Die Bewegung der Kolben wird direkt durch Kreuzköpfe und Schubstangen nach der Kurbelaxe herab übertragen. Die Luftpumpen stehen seitlich neben den Maschinen, ihre Bewegung geschieht durch Hilfsbalanciers. Zur Umsteuerung sind Taschen angewendet. Bei dieser Aufstellung ist die Maschine von den Formänderungen, die im Schiffskörper

vorkommen mögen, ganz unabhängig und die direkte Verbindung der Dampfcylinder mit der Grundplatte, welche die Kurbelwelle trägt, lässt nichts zu wünschen übrig.

Die im Wesentlichen nach dem gleichen Principe construirte, in Armengaud Publications, 11^e Volume, Planche 37 abgebildete Maschine unterscheidet sich in manchen Einzelheiten von der vorhergehenden Anordnung und insbesondere dadurch, dass die Kurbelwelle in Lagern liegt, die an den Gestellsäulen in der Mitte zwischen der Grundplatte und den Cylindern angebracht sind. Die Maschine ist mit Räderübersetzungen versehen.

Horizontal liegende, nicht oscillirende Maschinen. (Armengaud Vol. 12, Planche 27, Pag. 311.) Diese Maschine ist ähnlich gebaut, wie die gekuppelten Maschinen, welche häufig in Fabriken angewendet werden. Der Kolbenschub ist kurz. Die Umsteuerung geschieht mit Taschen. Die Luftpumpen sind liegend und doppelt wirkend, ihre Kolben stehen mit den Dampfkolben durch Stangen in direkter Verbindung. Die Schubstangen sind sehr kurz, $3\frac{1}{2}$ mal so lang als die Kurbelhalbmesser.

Maschine mit vier horizontal oscillirenden Cylindern. (Tredgold). Die Grundform der ganzen Anordnung bildet ein Quadrat. Von den vier Cylindern wirken je zwei einander gegenüber liegende auf eine der Kurbeln. Die Schwingungsaxen der Cylinder sind hohl, an den äusseren Axen tritt der Dampf ein, durch die innern Axen entweicht er nach den zwischen den Cylindern liegenden Condensatoren. Die hohlen Schwingungsaxen liegen in Lagern, die an vier gusseisernen Gestellen angebracht sind. Diese Gestelle sind auf ein Blechgerippe gelegt, das aus Längens- und Querbalken besteht. Die zwei Luftpumpen befinden sich im Centrum der Maschine, haben eine schiefe Stellung und werden von einer mittleren Kurbel aus bewegt. Die Umsteuerung geschieht durch Taschen.

Maschine von Gâche. (Armengaud, 10^e Vol. Pl. 9.) Die Maschinen sind nicht in der Mitte des Schiffes, sondern in der Nähe des Sternes aufgestellt, wo das Schiff bereits eine scharfe Form hat. Die Cylinder der Maschinen liegen längs den Schiffswänden, unter 45° gegen den Horizont geneigt.

Dampfkessel. Für Dampfschiffe werden zweierlei Kesselconstruktionen angewendet, Labyrinthkessel und Röhrenkessel. Beide bestehen aus einer äusseren Blechumhüllung und aus einem inneren

Kanalbau, durch welchen die Verbrennungsgase vom Rost weg nach dem Kamine ziehen. Die Fläche des innern Kanalbaues ist die Heizfläche. Bei den Labyrinthkesseln besteht das innere Kanalsystem aus rechtwinkligen Kanälen, deren Decken, Böden und Seitenwände aus ebenen Flächen gebildet sind und die im Innern in labyrinthartigem Gang durchziehen. Bei den Röhrenkesseln liegen die Roste in viereckigen oder cylindrischen Kanälen und die Heizfläche wird vorzugsweise durch ein System von Röhren gebildet, deren Durchmesser nur 0·07 bis 0·08 Meter beträgt. Die Labyrinthkessel werden gegenwärtig nicht mehr angewendet. Sie gewähren wegen der ebenen Flächen, der äusseren Umhüllung und des innern Einbaues wenig Festigkeit, sind deshalb nur bei ganz schwachen Dampfspannungen, wie sie gegenwärtig nicht mehr angewendet werden, zulässig; sind ferner schwierig zu repariren und zu reinigen, weil es kaum möglich ist in die Labyrinthgänge einzudringen, und haben überdies ein grösseres Volumen und Gewicht, als die Röhrenkessel. Bei den Röhrenkesseln kommen nur wenig ebene Flächen vor, die eine besondere Verstärkung bedürfen. Die Röhren sind sehr leicht, wenn sie durch die Hitze gelitten haben, durch neue Röhren zu ersetzen, und die Reinigung derselben unterliegt nicht der geringsten Schwierigkeit. Auch sind diese Kessel leichter und nehmen einen geringeren Raum ein, als die Labyrinthkessel. Zeichnungen von diesen Kesseln findet man in Armengaud, im Portefeuille von Cockerill, im Werke von Tredgold u. a.

Die Heizfläche der Kessel beträgt per Pferdekraft 1·2 bis 1·6 Quadratmeter. Die Rostfläche 0·5 bis 0·1 Quadratmeter. Der Durchmesser der Heizröhren der Röhrenkessel ist 0·075 bis 0·08 Meter. Das Gewicht der Kessel beträgt per Pferdekraft a) für Labyrinthkessel 0·36 Tonnen, b. für Röhrenkessel 0·15 Tonnen. Die Blechdicke beträgt a. in der äussern Umhüllung 0·015 Meter, b. in den Feuerungskanälen 0·012 Meter, c. in den Heizröhren 0·007 bis 0·008 Meter.

Bei den Marinekesseln verursacht die Speisung derselben Schwierigkeiten. Werden die Kessel mit Meerwasser gespeist, so ist ein solcher Kessel eine Salzpfanne. Das Wasser verdampft, das Salz des Meerwassers häuft sich in dem tieferen Theil des Kessels und insbesondere am Boden an. Man hilft sich gegenwärtig dadurch, indem man in Zeitintervallen von circa 2 Stunden Wasser aus dem tiefern Theile des Kessels ablässt und dafür frisches Meerwasser zupumpt. Man hat auch versucht, die Marinekessel mit Süswasser zu speisen, indem man die Condensation nicht durch Einspritzen

von kaltem Wasser, sondern durch Abkühlung in den Röhrencondensatoren bewirkt (Hall'sche Condensation); allein es scheint, dass diese Condensationsart nicht gut gethan hat, denn sie wird gegenwärtig wenig mehr gebraucht.

Der Brennstoffverbrauch ist 2.5 bis 3 Kilogramm Steinkohlen per Pferdekraft und per 1 Stunde.

Die Schaufelräder. Wir haben über die Schaufelräder noch einige theoretische Verhältnisse zu besprechen. Wir haben Seite 177 gezeigt, dass die Summe der Oberflächen zweier Schaufeln möglichst gross und dem Flächeninhalt von $B T$ proportional sein soll. Man kann aber mit der Grösse der Schaufeln nicht über eine gewisse Grenze gehen, weil die Räder zu breit würden. Die üblichen Dimensionen der Schaufeln findet man Seite 292 der „Resultate für den Maschinenbau“ angegeben. Die Anzahl der Schaufeln ist für die Wirkung derselben nicht gleichgiltig. Auf theoretischem Wege kann die beste Anzahl der Schaufeln nicht bestimmt werden. Gewöhnlich ist das Verhältniss zwischen der Anzahl der Schaufeln und dem Durchmesser des Rades gleich 3 bis 4. Gewöhnlich werden die Schaufeln nach radialen Richtungen an die Radspeichen befestigt, was zur Folge hat, dass sie in schiefer Richtung in das Wasser eintreten und austreten, daher theilweise nach vertikaler Richtung gegen das Wasser wirken, was nicht gut ist. Um diesen Nachtheil zu schwächen, muss man entweder den Radhalbmesser sehr gross machen, oder die Schaufeln in der Art beweglich machen, dass sie, wenn sie durch das Wasser gehen, genau oder annähernd eine vertikale Stellung haben. Gewöhnlich liegt die Welle der Ruderräder bei Flusschiffen unmittelbar unter dem Deck, zuweilen bei kleinen niedrigen Schiffen unmittelbar über dem Deck, bei hoch gebauten Meerschiffen ziemlich tief unter dem Deck. In allen Fällen beträgt der Durchmesser des Rades durchschnittlich 0.73 von der Schiffsbreite. Die Vortheile der beweglichen Schaufeln scheinen nicht sehr erheblich zu sein, indem es bei dem durch den Schaufelschlag verursachten tumultuarischen Zustand des Wassers ziemlich gleichgiltig ist, ob die Schaufeln eine radiale oder eine vertikale Stellung haben. Räder mit vertikal tauchenden Schaufeln findet man gegenwärtig nur selten angewendet. In meinen „Bewegungsmechanismen“ findet man auf Tafel LVII. und LVIII. drei Anordnungen von Rädern mit beweglichen Schaufeln dargestellt, und im Text beschrieben, nämlich a. das Morgan-Rad, b. das Buchanan'sche Rad und c. das Oldham'sche Rad. Bei allen drei Anordnungen geschieht die Verstellung der Schaufeln vermittelt

einer excentrischen Scheibe. Bei der letzteren wird diese Scheibe durch ein Räderwerk bewegt.

Die Konstruktion der Ruderräder mit unbeweglichen Schaufeln ist sehr einfach. Die Welle wird bei kleinen Schiffen mit einer einzigen, bei grösseren Schiffen mit mehreren gusseisernen Rosetten versehen, von denen aus die aus Schmiedeeisen gefertigten Speichen ausgehen. Die Speichen werden aussen mit einem oder mit zwei schmiedeeisernen Ringen verbunden. Das Lager, welches die Welle trägt, wird bei kleinen Schiffen auf einen Lagerstuhl gelegt, der aus schmiedeeisernen Tafeln gebildet ist und an die Schiffswand genietet wird. Bei grossen Schiffen dagegen wird das Wellenlager ausserhalb des Rades angebracht und durch einen Balken getragen, der um das Rad herumgeht.

Die innere Lagerung ist vorzuziehen.

Bei Meerschiffen wird die Wirkung der Schaufeln durch zwei Umstände sehr gestört. Bei langen Seereisen nimmt die Tauchung des Schiffes allmählig ab, indem der Brennstoff allmählig verzehrt wird. Gegen das Ende der Fahrt tauchen demnach die Schaufeln weniger tief, als beim Beginn derselben. Dieser Nachtheil ist in der Regel nicht sehr gross, indem bei verminderter Tauchung der Widerstand des Schiffes kleiner wird, daher auch ein Abnehmen der Schaufelflächen ohne Nachtheil für die Geschwindigkeit der Fahrt eintreten kann. Sehr störend sind dagegen die Wellenbewegungen und das Wanken des Schiffes. Legt sich das Schiff zur Seite, so taucht das eine Rad tief und wirbelt im Wasser herum, während das andere Rad beinahe ausser Wasser wirkungslos in der Luft umherhaspelt. Dadurch wird nicht nur die Geschwindigkeit der Fahrt vermindert, sondern es wird auch die Steuerung des Schiffes sehr erschwert. Fährt das Schiff in der Richtung des Wellenlaufes oder in entgegengesetzter Richtung, so sind die Räder, je nachdem ein Wellenberg oder ein Wellenthal mit ihnen zusammentrifft, im ersteren Falle bis an die Axe im Wasser, im letzteren fast ganz in der Luft, wodurch sehr unregelmässige Bewegungen der Räder und der Maschine entstehen und die fortreibende Wirkung der letzteren sehr geschwächt wird. Ungleichförmige Wirkungen der Schaufelräder entstehen ferner auch dadurch, dass die Bewegungen der Wassertheilchen in jedem Wellenberg nach vorwärts, in jedem Wellenthal nach rückwärts erfolgen. Hieraus erklären sich die ungünstigen Wirkungen der Ruderräder bei hochgehendem Meere, und die heillose Zerstörung, welchen die Räder bei heftigen Stürmen ausgesetzt sind. Nicht selten werden die Radkasten und die Schaufeln weggerissen. Glücklicher Weise lassen

sich solche Schaufelräder, wenn der Sturm vorüber ist, ziemlich leicht und in kurzer Zeit repariren, aber man erkennt auch aus dem Gesagten, dass diese verhältnissmässig complizirten Mechanismen der Räder mit beweglichen Schaufeln für Meerschiffe durchaus nicht passend sind, denn während eines Sturmes wirken fixe wie bewegliche Schaufeln gleich ungünstig, die Reparaturen sind aber bei einem Rade mit fixen Schaufeln leicht, bei einem Rade mit beweglichen Schaufeln kaum durchzuführen.

Die Schraube. Die Benennung „Schraube“ wird heut zu Tage für alle Treibapparate gebraucht, die an den Stern des Schiffes verlegt und von einer Axe aus bewegt werden, die mit der Richtung des Kieles parallel ist. Eine wahre Schraubenform hat jedoch nur diejenige Anordnung, welche zuerst von *Smith* bei dem Dampfschiff Archimedes angewendet wurde, alle übrigen sogenannten Schrauben gleichen mehr entweder einer *Jonval*'schen Turbine oder einem Windmühlenrad. Gegenwärtig erhalten die Schrauben drei bis vier Flügel, doch gibt es auch Schrauben mit nur zwei Flügeln. Abgesehen von der Begrenzungsform der Flügel sind dieselben theils nach Schraubenflächen, theils nach windschiefen Flächen geformt. Im ersteren Falle ist der Schnitt einer Flügelfläche mit einer durch die Axe der Schraube gelegten Ebene eine gerade Linie, im letzteren ist der Schnitt mit einer zur Axe parallelen Ebene geradlinig. Denkt man sich einen Flügel platt gedrückt, so zeigt derselbe eine Form, wie Fig. 1 Taf. XX. darstellt. Zwischen den Flügeln muss ein ziemlich ausgedehnter Zwischenraum gelassen werden, damit das zwischen dem Schiff und dem Flügel befindliche Wasser leicht nach rückwärts entweichen kann und nicht durch die Flügelflächen nach vorwärts geschoben werden muss. Die beste Form der Flügel wird wohl niemals weder auf theoretischem, noch auf empirischem Wege gefunden werden, indem die Bewegung des Wassers in der Umgegend der Schraube so complizirt ist, dass sie durch Rechnung nicht verfolgt werden kann.

Die Schrauben werden aus Blech, aus Gusseisen oder aus Kanonenmetall hergestellt. Das Beste ist, die Schraube aus einem Gussstück aus Kanonenmetall herzustellen, indem dieses Material nicht nur fest ist, sondern auch vom Salzwasser nur wenig angegriffen wird, während eiserne Schrauben sehr schnell durchrosten. Damit die Flügel das Wasser leicht durchschneiden und hinreichende Festigkeit erhalten, werden dieselben so geformt, dass die Querschnitte linsenförmig sind, dass aber die Linsendicke von der Axe an bis an die Peripherie hinaus allmählig abnimmt. Derlei Schrauben werden in England mit wahrer Meisterschaft hergestellt. Um das

Steuerruder und die Schraube gut anbringen zu können, wird der Hinterstern mit einem schmiedeeisernen vertikalen Rahmen versehen. Meistens wird die Schraube innerhalb des Rahmens, das Steuer ausserhalb desselben angebracht, wie Fig. 2 zeigt.

Zuweilen befindet sich das Steuer innerhalb, das Flügelrad ausserhalb des Rahmens (Fig. 3). Im ersteren Falle ist das Flügelrad, im letzteren das Steuerruder gegen Verletzungen geschützt. Je nachdem das Flügelrad innerhalb oder ausserhalb des Rahmens angebracht wird, erhält die Axe im ersteren Falle bei *a* einen Endzapfen, im letzteren bei *a*, ein Halslager. Da wo die Axe durch den Stern geht, ist derselbe ringförmig erweitert (Fig. 4). An diesen Ring schliesst eine Röhre *c* (Fig. 2), *c*, (Fig. 3) an, die in das Schiff bis an eine Stelle reicht, wo Raum genug zur Anbringung einer das Eindringen des Wassers verhindernden Stopfbüchse *d*, vorhanden ist. Von dieser Stelle an bis zu der Maschine hin muss die in der Regel aus mehreren Wellenstücken zusammengekuppelte Schraubenwelle durch mehrere Lager getragen werden, die am besten auf einen hohen Kielbalken geschraubt werden. Damit das Schiff durch die Schraube fortgetrieben werden kann, muss sich die Welle an irgend einer Stelle gegen das Schiff stemmen. Gewöhnlich geschieht dies in der Nähe der Maschinen, und wird zu diesem Behufe die Welle mit angeschweissten Ringen versehen und in ein langes Ringlager gelegt, das man mit den Kielbalken fest verbindet (Fig. 5). Dieses Ringlager, die ganze Lagerung der Schraubenaxe, die Stopfbüchse am Stern und die Lagerung des Wellenendes im Sternrahmen sind unvermeidliche und sehr fatale Bestandtheile eines Schraubenapparates.

Konstruktion der Schiffsschrauben.

Ein rationelles Verfahren für die Konstruktion der Schiffsschrauben ist nicht bekannt. Die beste Form der Flügelflächen konnte bis jetzt aus mechanistischen Gesetzen nicht abgeleitet werden. Wir geben im Folgenden zwei Konstruktionsweisen. Die erste geht aus der zuerst von *Smith* angewendeten Vollschaube hervor und stimmt mit den gegenwärtig vorherrschend im Gebrauch befindlichen Schiffsschrauben überein. Die zweite Konstruktion ist dem Windmühlenrad analog, ist bis jetzt noch nicht angewendet worden, verspricht aber gute Erfolge, und empfiehlt sich durch leichte Anfertigung. Die erstere der beiden Anordnungen wollen wir die gewöhnliche Schiffsschraube nennen, die letztere dagegen die Windmühlenradschraube.