geben sie dem Stabe eine Materialbeschaffenheit, bei welcher der Tragmodul um fast $^1/_5$ von dem des ungeglätteten Materials erhöht wird*). Erscheint diese letztere Eigenschaft gegenüber dem Erörterten auch nicht gerade sehr erheblich, so ist sie doch immerhin von Werth. Jedenfalls aber ist der Wegfall des Abdrehens nicht zu unterschätzen. Somit erscheinen die rundgeglätteten Wellen recht empfehlenswerth; ihre wachsende Verbreitung erklärt sich aus den beiden genannten Vorzügen. Der einzige Nachtheil, den sie haben, ist die Unstatthaftigkeit einseitiger Verletzungen der Eisenhaut, welche etwas härter oder doch dichter zu sein scheint, als die mehr nach innen gelegene Masse. Wird sie eingefeilt, so wird der Stab unrund; Keilnuthen sind also nicht wohl zulässig. Die neueren Mittel der Befestigung der Naben ohne Keilversenkung gestatten aber, den Nachtheil zu umgehen. Nicht bloss die Schäfte, sondern auch die Zapfen und die Wellenhälse der Kirkstaller Wellen werden für gewöhnlich nicht abgedreht.

§. 149.

Zusammengesetzte Querschnitte. Hölzerne Wellen.

Die Abmessungen der zusammengesetzten Wellenquerschnitte (Kreisring-, Kreuz- und Sternquerschnitt) findet man, nachdem man zuerst die Berechnung für die massive runde Welle (aus demselben Material) gemacht, ganz auf dieselbe Weise aus der Dicke d der runden Welle, wie es in den §§. 138 bis 142 für die Tragachsen gezeigt wurde. Bei hölzernen Wellen (aus Eichenholz)

*) Versuche von Kirkaldy haben Folgendes ergeben (Beschreib. Katalog der Kirkstall Forge Company auf der Melbourner Weltausstellung):

	Tragmodul		Bruchmodul	
	für Zug	für Drehung	für Zug	für Drehung
Gewöhnliche Rundstäbe . .	—	15,56	—	38,88
Rundgeglättete do.	21,83	18,40	37,1	34,77

Bemerkenswerth ist, dass das Rundglätten durchschnittlich den Bruchmodul herabzieht (38,88 auf 34,77 hier), den Tragmodul aber erhöht. Das Verhältniss zwischen den Tragmodeln für Zug und für Drehung beträgt 1 : 0,84; vergl. §. 5.

nehme man den Durchmesser D des dem Querschnitt-Vieleck eingeschriebenen Kreises nicht kleiner als 1,75 mal die Dicke der gusseisernen gleichbeanspruchten Welle. Bei dem letzteren Verhältniss verwinden sich beide Wellen um gleichviel, indem 1,75 die $\sqrt[4]{}$ aus dem Verhältniss des Elastizitätsmoduls 10 000 des Gusseisens zu 1100, dem des Holzes ist. Hölzerne Wellen kommen übrigens nur noch sehr selten vor.

§. 150.

Belastete Wellen.

Unter einer belasteten Welle wird hier eine solche Welle verstanden, welche ausser einer verdrehenden Beanspruchung noch eine solche auf Biegung erfährt. Wie wir oben sahen, fallen streng genommen sehr viele Wellen unter diese Kategorie; bei einer grossen Zahl indessen durften wir die Biegungsbeanspruchung vernachlässigen. Wo letzteres nicht geschehen darf oder soll, hat man eine Berechnung auf zusammengesetzte Festigkeit auszuführen. Am bequemsten vollzieht sich diese, wenn man die vereint wirkenden statischen Momente in ein ideelles biegendes Moment verwandelt (vergl. §. 18) und dann so rechnet, als sei die belastete Welle eine Tragachse, welcher jene ideellen biegenden Momente zukommen.

Ist M_d das einen Querschnitt verdrehende Moment,
M_b das ebendaselbst wirkende biegende Moment,
so ist das ideelle biegende Moment, welches diese beiden ersetzt:

$$(M_b)_i = {}^3/_8\, \mathrm{M}_b + {}^5/_8 \sqrt{M_b^2 + M_d^2} \quad . \quad . \quad . \quad (139)$$

Diese Formel wird für numerische Rechnungen nach dem Poncelet'schen Theorem genügend genau angenähert:

wenn $M_b > \mathrm{M}_d$, durch

$$(M_b)_i = 0{,}975\, M_b + 0{,}25\, \mathrm{M}_d \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (140)$$

und wenn $M_d > M_b$, durch

$$(M_b)_i = 0{,}625\, M_b + 0{,}6\, M_d \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (141)$$

Wir wenden wieder beide, zuerst das analytische, dann das graphostatische Verfahren an.

I. Analytisches Verfahren. Die Achse oder Welle ABC, welche in Fig. 424 dargestellt ist, trägt bei C ein Stirnrad R, an