Fünftes Kapitel.

Von den Windrädern (Windflügeln).

§. 468. **Erklärung.** So wie bei den unterschlächtigen Wasserrädern das fliefsende Wasser, so ist bei den Windrädern oder (wie sie gewöhnlich heifsen) Windflügeln, der Luft- oder Windstrom die bewegende Kraft. Da die Windflügel nicht nur (wie bei den Wasserrädern) zum Theil, sondern gänzlich in dem bewegenden Mittel eingetaucht sind; so mufs ihre Construction nothwendiger Weise von jener der Wasserräder abweichen.

Nach der gewöhnlichen Art werden in eine starke Welle CD (Fig. 281), die Flügelwelle, welche gegen den Horizont unter einem Winkel von 10 bis 15 Grad geneigt und zugleich gegen den Wind gerichtet wird, zwei (in manchen Fällen auch drei) 10 bis 12 Klafter lange Arme kreuzweise durchgesteckt, um die 4 Ruthen CA zu erhalten, welche die Flügel tragen. Um diese letztern zu bilden, wird in einer Entfernung von beiläufig 6 Fufs von der Achse der Welle C durch jede Ruthe die erste ungefähr 6 Fufs lange Sprosse ab winkelrecht auf iI, jedoch so durchgesteckt, dafs sie mit der auf der Welle CD normalen Ebene (der Bewegungsebene der Ruthen) einen Winkel von beiläufig 30 Grad bildet. Von dieser innersten Sprosse kommen gegen AB auswärts in Abständen von beiläufig 15 Zoll ähnliche Sprossen durch die Ruthen, jedoch mit abnehmenden Neigungswinkeln gegen die Bewegungsebene so, dafs die äufserste Sprosse AB mit dieser Ebene nur mehr einen Winkel von 6 bis 12 Grad bildet.

Die äufsern Enden der Sprossen werden dann noch durch dünne Latten Aa, Bb mit einander so verbunden, dafs dadurch das vollständige Gerippe für die Besegelung (entweder mit Segeltuch oder dünnen Bretern, Thüren) der Flügel hergestellt ist.

Die hier beschriebene Construction der Flügel findet sich bei vielen der sogenannten holländischen Windmühlen (bei welchen sich blofs das Dach mit der Flügelwelle drehen und nach dem Winde stellen läfst), während bei den deutschen oder sogenannten Bockmühlen (wobei sich das ganze Haus mittelst des Sattels um eine verticale, gut verstrebte Säule, den Bock, drehen und stellen läfst) eine in etwas davon abweichende Constructionsart üblich ist. Die Ruthen haben nämlich dabei eine Länge von durchschnittlich 60 Fufs, so dafs auf jeden Flügel, von der Umdrehungsachse gerechnet, eine Länge von 30 Fufs kommt. Durch diese werden die $2\frac{1}{2}$ Zoll breiten und $1\frac{1}{4}$ Zoll dicken Sprossen (Scheiden), wovon auf jeden Flügel 22 kommen, rechtwinkelig so durchgesteckt, dafs sie nach der einen Seite hin nur 16 Zoll, nach der andern dagegen 6 Fufs davon vorstehen. (Denkt man sich von einer vertical gestellten Ruthe den untern Flügel, so liegt dem davor stehenden Beschauer die schmale Seite des Flügels, welche auch bei der Bewegung vorausgeht, gegen die rechte Seite.) Die innerste Sprosse ab (Fig. 281) bildet mit der Bewegungsebene einen Winkel von 20 bis 22 Grad, während die äufserste in die Bewegungsebene selbst fällt (also den Winkel Null bildet) oder sogar noch etwas vorspringt.

Nach *Smeaton* ist es am besten, die Flügelruthe vom Mittelpuncte (d. i. der Umdrehungsachse) in 6 gleiche Theile zu theilen, durch den ersten die innerste Sprosse unter einem Winkel gegen die Bewegungsebene von 18, dagegen für die folgenden Sprossen beziehungsweise unter 19, 18, 16, $12^1/_2$ und 7 Grad anzubringen, um durch die Besegelung eine Art hohler windschiefer Fläche zu bilden, und dabei die äufsere Breite AB im Verhältnifs von 3 : 5 breiter als die innere ab zu machen; dabei nimmt man die Breite nicht über $^1/_4$, gewöhnlich von $^1/_5$ bis $^1/_6$ der Länge.

§. 469. Effect der Windflügel. Nach *Smeaton's* und *Coulomb's* Versuchen und Beobachtungen haben, bei der vortheilhaftesten Besegelung der Flügel, die äufsern Enden der Ruthen, wenn die Flügel lastleer gehen, eine 4, und wenn sie bis zum Maximum des Effectes belastet sind, eine 2·5 bis 2·7 Mal so grofse Geschwindigkeit als der anströmende Wind. Der gröfste Effect nimmt zwar in einem etwas kleinern Verhältnisse als der dritten Potenz der Geschwindigkeit des Windes zu (wächst nämlich diese Geschwindigkeit auf das Doppelte, so nimmt der Effect um $^1/_{20}$ weniger als um das 8fache zu); allein man kann von diesem geringen Unterschiede füglich abstrahiren und sofort den Effect $E = n F V^3$ setzen, wenn F die Gesammtfläche der Flügel, V die Geschwindigkeit des Windes in der Richtung der Flügelwelle und n ein Erfahrungscoefficient ist.

Aus den Versuchen von *Smeaton* würde $n = \cdot 00089$, dagegen aus jenen von *Coulomb* $n = \cdot 00054$ folgen; da jedoch die letztern an grofsen, die erstern nur an kleinen Flügeln vorgenommen wurden, so ist es räthlicher den letztern, als den kleinern Werth, oder allenfalls $n = \cdot 0006$ zu nehmen, wodurch man für den gesuchten Ausdruck:

$$E^{F.\,Pf.} = \cdot 0006\, F . V^3 \;\ldots\; (1$$

erhält, wenn man F in Quadrat- und V in Längenfufs ausdrückt, welcher Ausdruck indefs nur als ein Näherungswerth (weil erstlich hier die Stofskraft wahrscheinlich nicht genau mit der ersten Potenz von F, vielleicht mehr mit $F^{1\cdot 1}$ und auch nicht genau mit der dritten Potenz von V zunimmt) ansehen kann.

Es kann ferner, wenn v die Geschwindigkeit eines Punctes der äussern Flügelenden und P die auf diesen Punct reducirte Stoſskraft des Windes nach der Tangente des Kreises ist, welchen dieser Punct durchläuft, der erwähnten Erfahrung zufolge $v = 2{\cdot}6\ V$ und wegen $Pv = E$ auch $P = \frac{E}{v} = \frac{{\cdot}0006\,F V^3}{2{\cdot}6\ V} = {\cdot}000231\,F V^2$ gesetzt werden.

Um einen Begriff von der Wirkungsart des Windstoſses zu geben, sey cd (Fig. 282) die Achse der Flügelwelle, also auch die Richtung des Windes, ff' die Breite und Richtung irgend eines Querstreifens oder Flügelelementes vom Flächeninhalte f und der Neigung gegen die Achse $= \alpha$, und gh die auf cd senkrechte Bewegungsebene; so kann man die Geschwindigkeit C, womit irgend ein Punct m des Streifens ff' vom Winde in der mit cd parallelen Richtung getroffen wird, in eine auf ff' senkrechte c' und eine mit ff' parallele oder zusammenfallende, welche aber hier keine Wirkung hervorbringt, zerlegen, wodurch man $c' = C\,Sin\,\alpha$ erhält. Weicht der Punct m aber nach mb, d. i. parallel mit gh, und zwar mit der Geschwindigkeit c aus, und zerlegt man diese ebenfalls nach mo und mf'; so ist die erstere $= c\,Cos\,\alpha$, während die letztere wieder unbeachtet bleibt, so daſs also die relative Geschwindigkeit des Windes nach der Richtung mo sofort $v = C\,Sin\,\alpha - c\,Cos\,\alpha$ ist. Da nun dasselbe für alle Puncte des Streifens ff' oder des Flächenelementes f gilt, so ist nach der obigen Formel 1), §. 466, wenn man Kürze halber $\frac{k}{2g} = m$ und q statt q' setzt, der Stoſs auf dieses Element f:

$$p = mqfr^2 = mqf(C\,Sin\,\alpha - c\,Cos\,\alpha)^2.$$

Diese Kraft mit der Geschwindigkeit $c\,Cos\,\alpha$, mit welcher dieses Flügelelement nach der Richtung mo ausweicht, multiplicirt, gibt den Effect von p auf dieses Element:

$$e = mqfc\,Cos\,\alpha\,(C\,Sin\,\alpha - c\,Cos\,\alpha)^2 \ldots (2.$$

Sucht man nun aus diesem Ausdrucke jenen Werth von α, für welchen bei einer gegebenen Geschwindigkeit c (womit der sehr schmale Streifen ff' nach der Richtung mb ausweicht) der Effect e am gröſsten wird; so muſs sich dieser Werth von α offenbar von einem solchen Querstreifen von ab (Fig. 281) angefangen gegen AB hin fortwährend ändern, weil auch die Geschwindigkeit c für diese Elemente von ab gegen AB verschieden ist, und zwar im Verhältniſs der Entfernung vom Mittelpuncte C zunimmt.

Bestimmt man dagegen umgekehrt aus dieser vorigen Gleichung für einen bestimmten Werth von α jenen von c, welcher einem Maximum von e entspricht, so findet man $c = \frac{1}{3} C\,Tang\,\alpha$, folglich ist, wenn dieser Werth in 2) substituirt wird, dieser gröſste Effect: $e = \frac{4}{27} mqfC^3 Sin\,\alpha^3$. Für das **absolute** Maximum müſste $\alpha = 90^\circ$ seyn, wodurch zwar $e' = \frac{4}{27} mqfC^3$, jedoch dabei c unendlich groſs seyn würde, was sofort nicht möglich ist; das **relative** Maximum nähert sich daher dem absoluten um so mehr, je schneller die Flügel umlaufen und je kleiner der Winkel der Flügel gegen die Bewegungsebene ist.

Beispiel. Bei einer zum Vermahlen des Getreides benützten Windmühle betragen die 4 Flügelflächen zusammen 824 Quadratfuſs; wie groſs ist ihre Wirkung, wenn die Geschwindigkeit des Windes gegen die Flügel 20 Fuſs beträgt?

Setzt man in der obigen Formel 1) $F = 824$ und $V = 20$, so erhält man $E = 3955$ Fuſspfund oder nahe 9 Pferdekräfte.

Sechstes Kapitel.

Von der bewegenden Kraft des Wasserdampfes.

Wesentliche Eigenschaften des Wasserdampfes.

§. 470. Bekanntlich nimmt der unter dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre gebildete Wasserdampf nahe einen 1700 Mal so groſsen Raum als das Wasser ein, aus welchem er entwickelt wurde; nennt man daher überhaupt das Dampfvolumen, in so ferne er mit dem Volumen des Wassers, woraus ersteres erzeugt wurde, verglichen wird, sein relatives Volumen (um es von dem absoluten Volumen, welches der Dampf überhaupt einnimmt, zu unterscheiden), so ist in diesem Falle das relative Volumen des Dampfes 1700 Mal so groſs als das Wasservolumen, woraus er sich gebildet hat.

§. 471. Betrachtet man den Dampf im Kessel oder Gefäſse in dem Augenblicke als er sich gebildet hat und noch mit dem übrigen Wasser in Berührung steht, so findet man, daſs einer und derselben Temperatur immer auch dieselbe Expansiv- oder Spannkraft des Dampfes, und umgekehrt zukömmt, so zwar, daſs es nicht möglich ist die Temperatur des Dampfes zu erhöhen, ohne auch zugleich dessen Spannkraft zu steigern; in diesem Zustande befindet sich der Dampf im Maximum seiner Dichte, und es besteht dann zwischen der Temperatur und Spannkraft des Dampfes (von welchem man sagt, daſs er gesättigt sey) eine bestimmte Abhängigkeit oder Relation.

§. 472. Wird dagegen der Dampf von dem Wasser, woraus er sich entwickelte, getrennt (oder wird alles im Kessel befindliche Wasser in Dampf verwandelt) und hierauf seine Temperatur noch weiter erhöht, so befindet er sich nicht mehr (da er keine Gelegenheit zur weitern Aufnahme von Wasser hat) im Maximum der Dichte, und es findet dabei