

7) Fertigung der Durchströmturbine

7.1 Turbinendaten - Gesamtansicht

Die hier im Detail beschriebene Durchströmturbine mit einem Laufraddurchmesser von 200 mm kann Fallhöhen von 2 m bis 26 m ausnutzen. Aufgrund des kleinen Laufraddurchmessers ergeben sich grösstmögliche Drehzahlen, so dass die in aller Regel erforderlichen Übersetzungsgetriebe (Riemen, Zahnradgetriebe etc.) klein und damit kostengünstig ausgeführt werden können.

Insgesamt ergibt sich eine recht leicht zu transportierende und einfach zu installierende Anlage.

Die Tabelle 8 enthält alle wichtigen Turbinendaten, die sich aus der effektiven Zulaufhöhe H_e und der verfügbaren Wassermenge Q ergeben. Die für die Auswahl zugrunde gelegte verfügbare Wassermenge Q entspricht dem Wasserbedarf Q der Turbine.

So ergeben sich z.B. mit den Werten $H_e = 8\text{m}$
und $Q = 627\text{ m}^3/\text{h}$

folgende, Turbinendaten:

- gewinnbare Leistung an der Turbinenwelle $P_{TW} = 10115\text{ W} \sim 10\text{ kW}$
- zu beaufschlagende Läuferbreite $B = 0,4\text{ m}$
- Blattdicke der Laufradbeschaufelung $t = 2,5\text{ mm}$
- maximaler Abstand der Stützscheiben 80 mm
- der Innendurchmesser der Druckleitung sollte etwa 350 mm betragen
- bei Anlagen mit Saugrohr sollte der Saugrohrdurchmesser innen etwa 385 mm betragen

Alle übrigen Masse, die zur Herstellung der Durchströmturbine benötigt werden, sind den Fertigungszeichnungen zu entnehmen.

Zur Leistung bei Teillastbetrieb

Wird der Turbinenläufer der breite nach nur teilweise voll beaufschlagt (d.h. der übrige Bereich ist mit einem Teil des Steuerventils verschlossen), so ergibt sich die reduzierte Leistung P_{TWred} zu:

$$P_{TWred} = b/B \times P_{TW}$$

$b =$ vollbeaufschlagte Läuferbreite

$B =$ gesamte Läuferbreite

$P_{TW} =$ Leistung an der Turbinenwelle für vollbeaufschlagte gesamte Laufradbreite
(Tabellenwert)

Der Turbinenwirkungsgrad wird durch Vollbeaufschlagung von Teillastbereichen nicht wesentlich gemindert, so dass die Leistung sich proportional zur vollbeaufschlagten Läuferbreite verhält.

Wird jedoch die Düsenöffnung mit Hilfe des Steuerventils einem geringeren Wasserangebot angepasst, wird der Wirkungsgrad zuerst etwas ansteigen und dann bei Minderung des Wasserangebotes um mehr als 30 % merklich abfallen. Das Ansteigen des Wirkungsgrades bei geringer Ventilschlüssung ist darauf zurückzuführen, dass die Turbine für etwa 80 % der in der Tabelle 8 angegebenen Wassermenge ausgelegt ist. Dieses ist zweckmässig, weil für den Betrieb einiger Kraft- und Arbeitsmaschinen eine Drehzahlregelung der Turbine erforderlich ist, die durch Auslenken des Steuerventils erreicht wird.

Die reduzierte Leistung P_{TWred}^* ergibt sich bei ausgelenktem Steuerventil als dem Verhältnis von reduziertem Wasserangebot Q_{red} zu Wasserbedarf Q der Turbine aus:

$$P_{TWred}^* = K \cdot P$$

$P = P_{TW}$ wenn gesamte Laufradbreite teilbeaufschlagt wird

$P = P_{TWred}$ wenn Teillastbereich teilbeaufschlagt wird

K: aus Tabelle 7 in Abhängigkeit von Q_{red}/Q

$\frac{Q_{red}}{Q}$	K
0,05	0,000
0,10	0,300
0,20	0,520
0,30	0,675
0,40	0,790
0,50	0,880
0,60	0,945
0,70	0,985
0,80	1,000
0,90	0,990
1,00	0,962

Q_{red} = vorhandene Wassermenge

Q = Wasserbedarf des eingestellten Lastbereichs

Tabelle 7

Beispiel:

mit den Daten der im Beispiel auf S.1 beschriebenen Turbine, deren Läufer und Steuerventil im Verhältnis 2 : 1 unterteilt sind, ergibt sich im Teillastbereich mit $Q_{red} = 125 \text{ m}^3/\text{h}$ folgende Leistungsberechnung:

- Turbine läuft in 1/3 - Lastbereich teilbeaufschlagt
- Maximale Leistung der Turbine $P_{TW} = 10 \text{ kW}$ für $Q = 627 \text{ m}^3/\text{h}$

$P_{TWred} = b/B \times P_{TW}$ (Leistung bei voller Beaufschlagung des 1/3 – Lastbereichs)

$P_{TWred} = 1/3 \times 10$

$P_{TWred} = 3.33 \text{ kW}$

Wasserbedarf des 1/3 - Lastbereichs :

$$Q/3 = 627/3 = 209\text{m}^3/\text{h}$$

$$P_{\text{TWred}}^* = K \times P \text{ (Leistung bei teilbeaufschlagtem 1/3 – Lastbereich)}$$

$$P_{\text{TWred}}^* = K \times P_{\text{TWred}}$$

Für die Teilbeaufschlagung des 1/3 – Lastbereichs mit $Q_{\text{red}} = 125\text{m}^3/\text{h}$ ergibt sich mit

$$125\text{m}^3/\text{h} / 209 \text{m}^3/\text{h} = 0.6$$

die Konstante zu $K = 0,945$

Damit wird:

$$P_{\text{TWred}}^* = 0,945 \times 3,33 \text{ kW}$$

$$P_{\text{TWred}}^* = \mathbf{3.15 \text{ kW}}$$
 erzielbare Leistung mit $Q_{\text{red}} = 125 \text{ m}^3/\text{h}$.

Beaufschlagte Läuferbreite B [m]	0.1						0.2						0.4						0.6						0.8						Drehzahl	
	Wasserbedarf Q	Leistung P _{TW}	Ca. lichter Druck- leitungsdurchm. D	Ca. lichter Saug- Rohrdurchmesser	Maimaler Scheiben- abstand s	Minimale Schaufel- dicke t	Wasserbedarf Q	Leistung P _{TW}	Ca. lichter Druck- leitungsdurchm. D	Ca. lichter Saug- Rohrdurchmesser	Maimaler Scheiben- abstand s	Minimale Schaufel- dicke t	Wasserbedarf Q	Leistung P _{TW}	Ca. lichter Druck- leitungsdurchm. D	Ca. lichter Saug- Rohrdurchmesser	Maimaler Scheiben- abstand s	Minimale Schaufel- dicke t	Wasserbedarf Q	Leistung P _{TW}	Ca. lichter Druck- leitungsdurchm. D	Ca. lichter Saug- Rohrdurchmesser	Maimaler Scheiben- abstand s	Minimale Schaufel- dicke t	Wasserbedarf Q	Leistung P _{TW}	Ca. lichter Druck- leitungsdurchm. D	Ca. lichter Saug- Rohrdurchmesser	Maimaler Scheiben- abstand s	Minimale Schaufel- dicke t		
																																[m ³ /h]
2	83	335	200	200	100	2.5	166	670	200	200	200	2.5	325	1310	250	280	200	2.5	492	1984	250	340	200	2.5	644	2597	350	390	160	2.5	280	
3	102	617	200	200	100	2.5	205	1240	250	250	200	2.5	397	2401	250	310	135	2.5	592	3581	350	375	120	2.5	777	4700	350	430	115	2.5	350	
4	117	944	200	200	100	2.5	235	1895	250	250	200	2.5	454	3662	250	330	135	2.5	677	5461	350	400	100	2.5	891	7170	350	460	160	6.0	400	
6	143	1730	200	200	100	2.5	286	3460	250	260	100	2.5	549	6642	350	360	100	2.5	807	9764	350	440	120	6.0	1094	13236	350	510	115	6.0	490	
8	170	2742	200	200	100	2.5	329	5307	250	280	100	2.5	627	10115	350	385	80	2.5	924	14906	350	470	100	6.0	1255	20245	350	545	90	6.0	565	
10	185	3730	200	210	100	2.5	359	7239	250	290	100	2.5	695	14015	350	405	100	6.0	1026	20689	350	495	85	6.0							635	
12	204	4936	250	250	100	2.5	393	9510	250	305	70	2.5	759	18366	350	425	100	6.0	1119	27078	350	515	75	6.0							690	
14	217	6126	250	250	100	2.5	420	11857	250	315	70	2.5	814	22980	350	440	80	6.0														750
16	234	7550	250	250	100	2.5	453	14615	250	330	70	2.5	870	28070	350	455	70	6.0														800
18	244	8856	250	250	100	2.5	478	17350	250	335	70	2.5	924	33538	350	470	70	6.0														850
20	254	10244	250	250	100	2.5	500	20165	250	345	70	2.5	970	39120	350	480	60	6.0														895
22	266	11800	250	250	100	2.5	524	23246	350	355	100	6.0	1020	45250	350	490	60	6.0														940
24	280	13550	250	260	100	2.5	546	26424	350	360	100	6.0	1065	51542	350	500	60	6.0														980
26	288	15100	250	260	100	2.5	568	29780	350	365	100	6.0																				1020

Dieser Leistungsbereich kann mit der beschriebenen Konstruktion der Durchströmturbine nicht abgedeckt werden. Hier wird ein grösserer Laufraddurchmesser erforderlich

Tabelle 8: Turbinendaten