



# Auslegung und aeroakustische Optimierung eines Radialventilators

**Igor Horvat**



# Übersicht

- **Vorgaben des Herstellers**
- **Auslegung unter Excel**
- **automatische Generierung des Laufrades**
- **einige Kennlinien**
- **Zusammenfassung**
- **kurze Vorführung des Auslegungstools**



## Förderdaten und Auswahl zur Auslegung

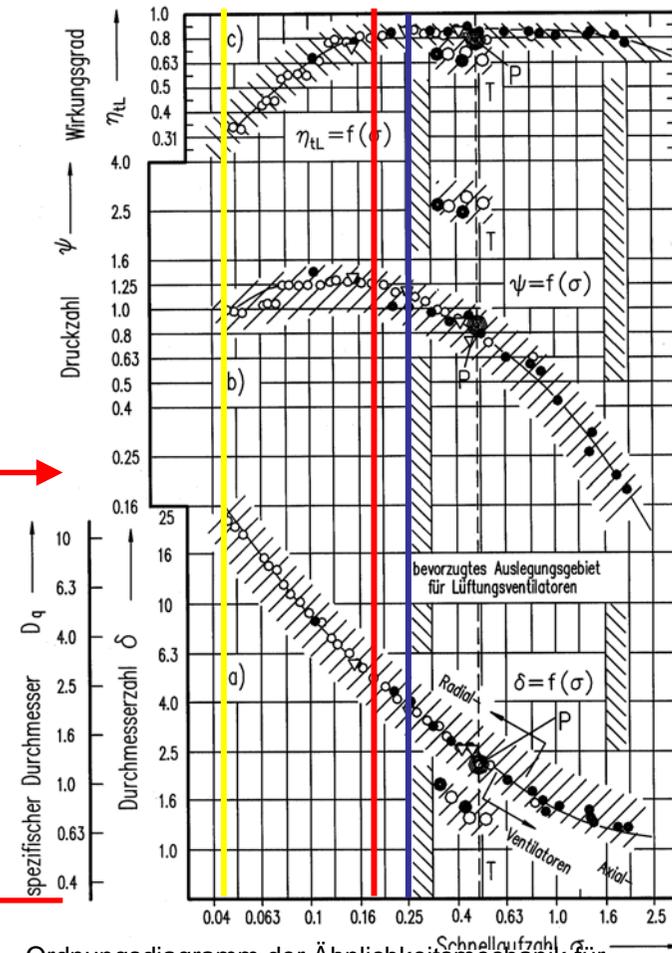
Ventilatorotyp	[m³/h]	[Pa]	[U/min]	$\sigma$
1	100	15000	10000	0.05
2	250	5000	10000	0.18
3	500	5000	10000	0.25

vom Hersteller gewünschte Förderdaten

$$\sigma = 2^{1/4} \cdot \pi^{1/2} \cdot n \cdot \frac{\dot{V}^{1/2}}{\left(\frac{\Delta p_t}{\rho_m}\right)^{3/4}}$$

Schnellaufzahl zur Typisierung von Ventilatoren

**Ventilator typ 2 wird ausgelegt**

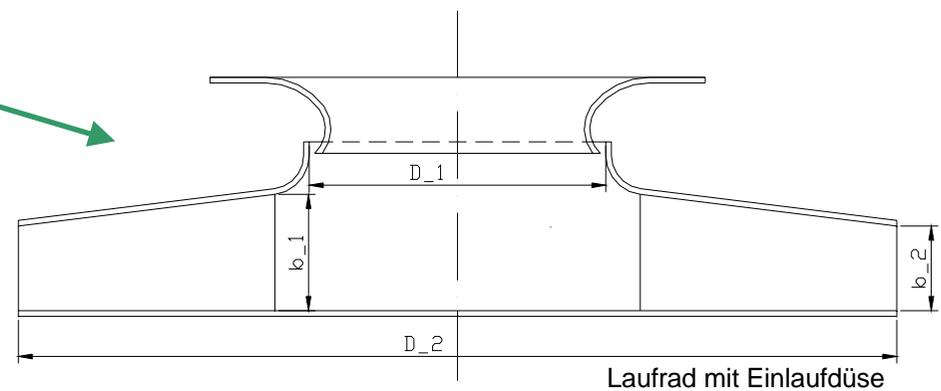
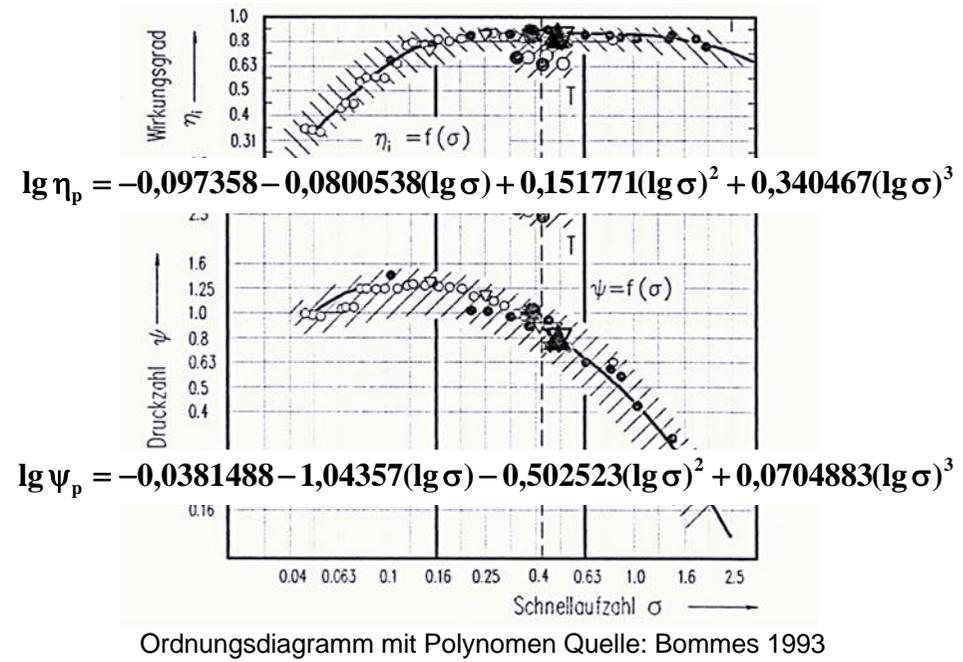


Ordnungsdiagramm der Ähnlichkeitsmechanik für Ventilatoren. Quelle: Bommes (2003)



# Auslegung Laufradgeometrie

	A	B	C	D	E
1	<b>Vorgaben zur Bestimmung eines radialen Laufrades</b>				
2					
3	Volumenstrom/h		V_pkt_m^3/h	250	[m^3/h]
4	mittlere Dichte		rho	1.2	[kg/m^3]
5	Totaldruckerhöhung		delta_p	5000	[Pa]
6	Drehzahl		n	10000	[1/min]
7	<b>Dimensionierung des Laufrades</b>				
8					
9	Volumenstrom/s		V_pkt	0.069	[m^3/s]
10			P	0.347	[kW]
11			Y	4167	
12	Schnelllaufzahl		sigma	0.18	
13	Wirkungsgrad		eta_p	0.803	
14	Druckzahl		psi	1.061	
15	Lieferzahl		phi	0.035	
16					
17	Laufradaussendurchmesser		D_2	0.180	[m]
18	Laufradeintrittsdurchmesser		D_1	0.056	[m]
19	Durchmesserverhältnis		D_1/D_2	0.311	
20	rel. Schaufeleintrittsbreite		b_1/D_1	0.405	
21	Schaufeleintrittsbreite		b_1	0.023	[m]
22	rel. Schaufelaustrittsbreite		b_2/D_2	0.084	
23	Schaufelaustrittsbreite		b_2	0.015	[m]
24	Deckscheibenwinkel		gamma	z	[°]
25	Schaufeleintrittswinkel		beta_1	39.46	[°]
26	Schaufelaustrittswinkel		beta_2	49.46	[°]
27			alpha_1	90.00	[°]
28			alpha_2		[°]
29	Krümmungsradius_Deckscheibe		r_D	0.008	[m]
30	Krümmungsradius_Einstromdüse		r_E	0.008	[m]
31	Durchmesser		D_A	0.071	[m]
32	Spaltweite		s_w	0.0011	[m]
33	Spaltlänge		l	0.0022	[m]
34	Gehäusebreite		B_	0.045	[m]
35	Seitenlänge Stutzen		A_	0.086	[m]

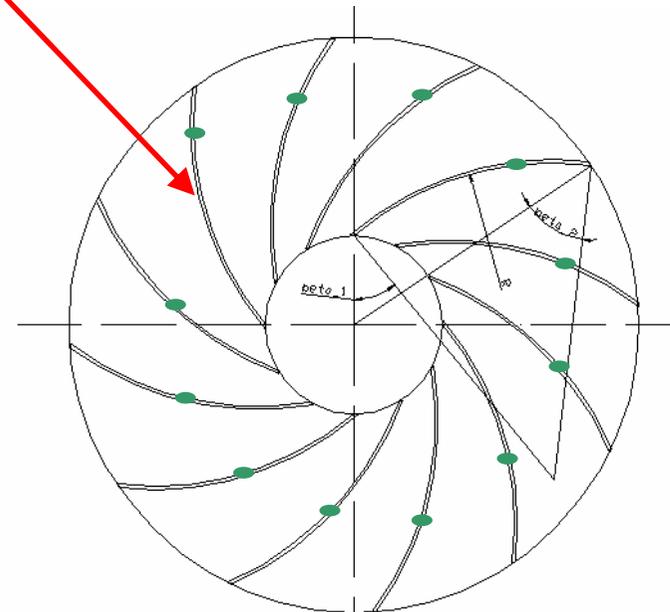




## Auslegung der Schaufelzahl und Form

### Schaufelzahlbestimmung

Schaufelkrümmungsradius R	R	0.0992 [m]
Schaufelarbeit	psi_sch	1.2813
meriodionale Verzögerungszahl	kappa_cm	0.4300
theoretische Schaufelarbeit	psi_sch_th	1.8116
Minderleistungsfaktor	my	0.7073
angenommener Schaufelfaktor kz	k_z	0.8000
notwendige Schaufelzahl(my=myp)	z_not	8
Minderleistungsfaktor nach Pfeleiderer	my_pf	0.7122
höherer/niedrigerer Schaufelfaktor	k z var	0.8000
höhere/niedrigere Schaufelzahl	z_var	12
korrigierter Minderleistungsfaktor	my_kor	0.7878
korrigierte Druckzahl	psi_kor	1.1736
Schaufeldicke s	s_dicke	0.0010 [m]
Verengungsfaktor am Laufradeintritt	xi_1	0.8927
Verengungsfaktor am Laufradaustritt	xi_2	0.9721



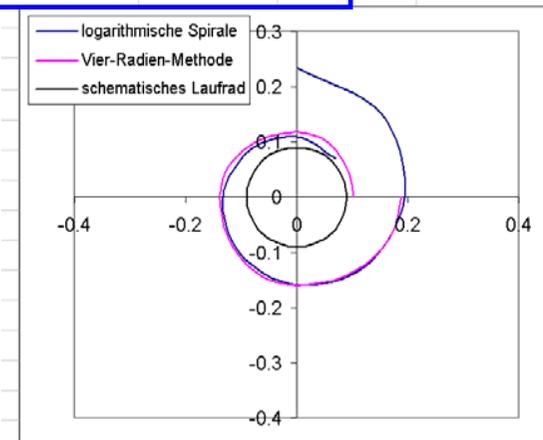
Laufrad mit Schaufeln



# Auslegung Spiralgehäuse

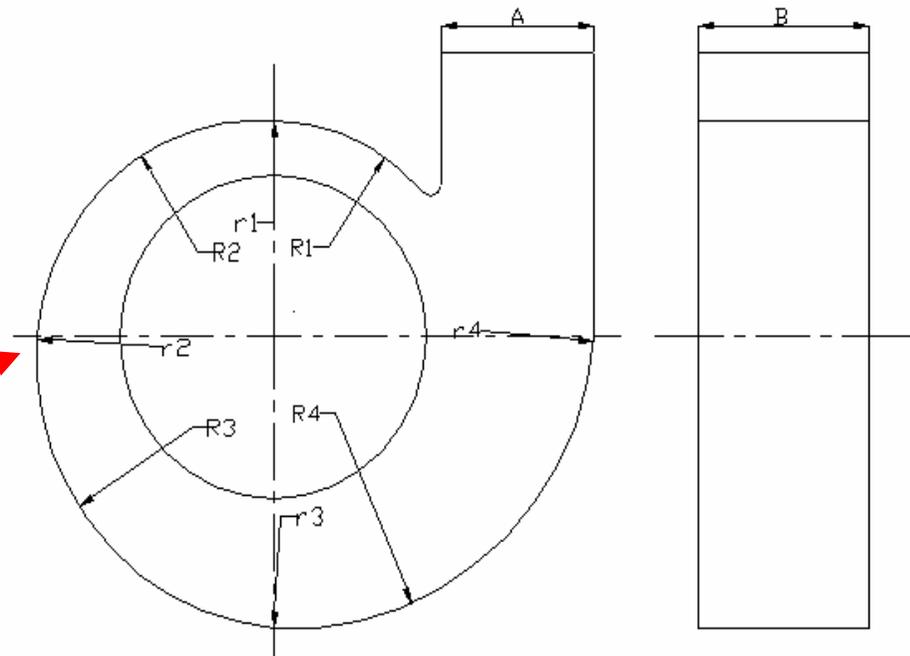
J	K	L	M
X_zunge	0.12		
kappa4	1.05		
kappa1	0.66		
alpha_steig	7		

Parameter, die einzustellen sind, um die beiden Kurven einander anzupassen.



		Vier-Radien	log spirale
Breite	[m]	0.327	0.326
Höhe	[m]	0.280	0.269
r_z	0.101		
r1_strich	0.118	R_1quad	0.110
r2_strich	0.137	R_2quad	0.128
r3_strich	0.160	R_3quad	0.150
r4_strich	0.187	R_4quad	0.175

Anpassung der Vier-Radien-Methode an die logarithmischen Spirale



Spiralgehäuse mit Vier-Radien-Methode konstruiert



# Datentransfer nach Inventor

	A	B	C	D	E
1	<b>Vorgaben zur Bestimmung eines radialen Laufrades</b>				
2					
3	Volumenstrom/h	V_pkt_m^3/h	250 [m^3/h]		
4	mittlere Dichte	rho	1.2 [kg/m^3]		
5			5000 [Pa]		
6			10000 [1/min]		
7	<b>Parameter des Laufrades</b>				
8					
9	Volumenstrom/s	V_pkt	0.069 [m^3/s]		
10		P			
11		Y			
12	Schnelllaufzahl	sigma			
13	Wirkungsgrad	eta_p			
14	Druckzahl	psi			
15	Lieferzahl	phi			
16					
17	Laufradaussendurchmesser	D_2			
18	Laufradeintrittsdurchmesser	D_1			
19	Durchmesserverhältnis	D_1/D_2			
20	rel. Schaufeleintrittsbreite	b_1/D_1			
21	Schaufeleintrittsbreite	b_1			
22	rel. Schaufelaustrittsbreite	b_2/D_2			
23	Schaufelaustrittsbreite	b_2			
24	Deckscheibenwinkel	gamma			
25	Schaufeleintrittswinkel	beta_1			
26	Schaufelaustrittswinkel	beta_2			
27		alpha_1			
28		alpha_2			
29	Krümmungsradius_Deckscheibe	r_D			
30	Krümmungsradius_Einstromdüse	r_E			
31	Durchmesser	D_A			
32	Spaltweite	s_w			
33	Spaltlänge	l			
34	Gehäusebreite	B_			
35	Seitenlänge Stutzen	A_			

**Tabellenblatt 2**

**Daten sind verknüpft**

**Tabellenblatt 1**

**Daten sind verknüpft**

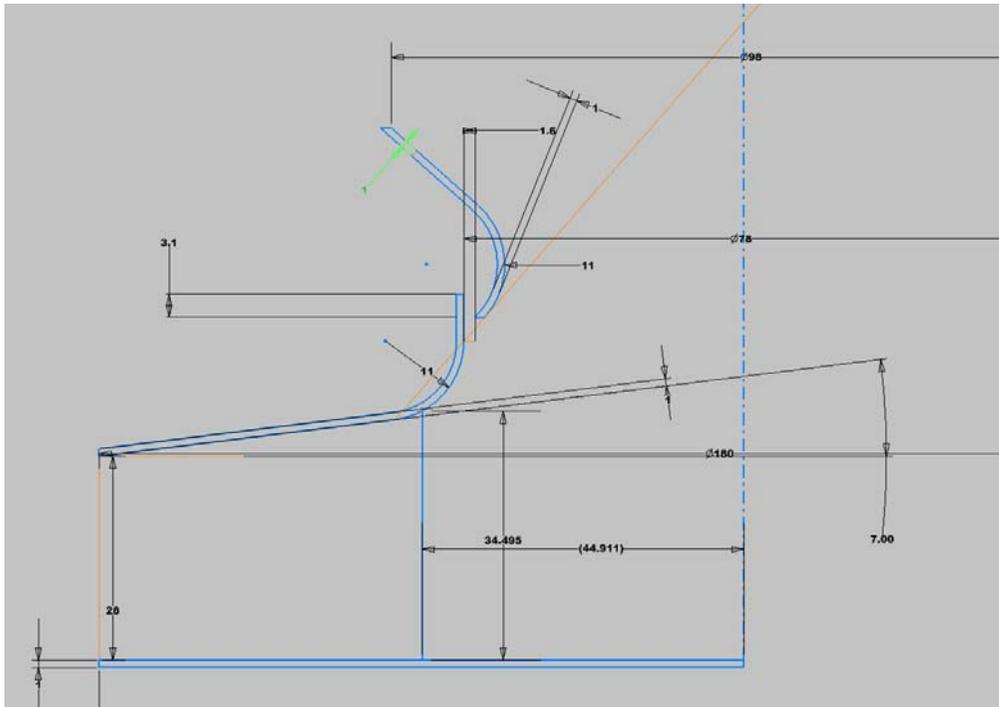
**Inventor**

	A	B
1		
2		
3		
4	Schaufelaustrittsbreite	0.028
5	Deckscheibenwinkel	7
6	Schaufeleintrittswinkel	31.69
7	Schaufelaustrittswinkel	41.69
8	KrümmungsradiusDeckscheibe	0.011
9	KrümmungsradiusEinstromdüse	0.011

Parametername	Modellwert	Kommentar
Laufradaussendurchmesser	0.180000	
Laufradeintrittsdurchmesser	0.107601	
Schaufeleintrittsbreite	0.060968	
Schaufelaustrittsbreite	0.056524	
Deckscheibenwinkel	7.000000	
Schaufeleintrittswinkel	39.463288	
Schaufelaustrittswinkel	49.463288	
KrümmungsradiusDeckscheibe	0.015064	
KrümmungsradiusEinstromdüse	0.015064	
Spaltweite	0.002152	
Durchmesser	0.135577	
Spaltlänge	0.004304	
Gehäusebreite	0.169571	
SeitenlängeStutzen	0.085136	
MaterialstärkeEinlaufdüse	0.001000	
MaterialstärkeLaufblad	0.001000	
Schaufelkrümmungsradius	0.099205	
Schaufelzahl	20.000000	



# Erstellung der parametrischen Zeichnung



parametrische Skizze

Modellparameter	Parametername	Einheit	Gleichung	Nennwert	Tol.	Modellwert	Kommentar
d0	Laufadaussenddurchmesser	mm	180.000000	180.000000	0	180.000000	
d1	MaterialstärkeLaufad	mm	1.000000	1.000000	0	1.000000	P
d51	Schaufelaustrittsbreite	mm	28.241387	28.241387	0	28.241387	
d52	Deckscheibenwinkel	grad	7.000000	7.000000	0	7.000000	
d54	MaterialstärkeLaufad	mm	1.000000	1.000000	0	1.000000	
d60	KrümmungsradiusDeckscheibe	mm	10.939833	10.939833	0	10.939833	
d62	Spaltweite	mm	1.562833	1.562833	0	1.562833	
d63	Spaltlänge	mm	3.125667	3.125667	0	3.125667	
d65	MaterialstärkeEinlaufdüse	mm	1.000000	1.000000	0	1.000000	
d67	Laufadaussenddurchmesser	mm	180.000000	180.000000	0	180.000000	
d68	Laufadeintrittsdurchmesser	mm	78.141666	78.141666	0	78.141666	
d69	Durchmesser	mm	98.458499	98.458499	0	98.458499	
d70	KrümmungsradiusEinstromdüse	mm	10.939833	10.939833	0	10.939833	
d74	MaterialstärkeEinlaufdüse	mm	1.000000	1.000000	0	1.000000	
d84	Laufadeintrittsdurchmesser	mm	78.141666	78.141666	0	78.141666	
d85	Laufadaussenddurchmesser	mm	180.000000	180.000000	0	180.000000	
d86	Schaufelkrümmungsradius	mm	96.785118	96.785118	0	96.785118	
d121	Schaufeleintrittsbreite	mm	34.494703	34.494703	0	34.494703	
d122	86.090 mm	mm	86.090000	86.090000	0	86.090000	
d123	d124 * 2 oE	mm	89.822938	89.822938	0	89.822938	
d126	MaterialstärkeEinlaufdüse	mm	1.000000	1.000000	0	1.000000	
d138	0 grad	grad	0.000000	0.000000	0	0.000000	
d139	Schaufelzahl	oE	20.000000	20.000000	0	20.000000	
d141	360 grad	grad	360.000000	360.000000	0	360.000000	

Referenzparameter	Parametername	Einheit	Gleichung	Nennwert	Tol.	Modellwert	Kommentar
d124	44.911 mm	mm	44.911469	44.911469	0	44.911469	

Benutzerparameter	Parametername	Einheit	Gleichung	Nennwert	Tol.	Modellwert	Kommentar

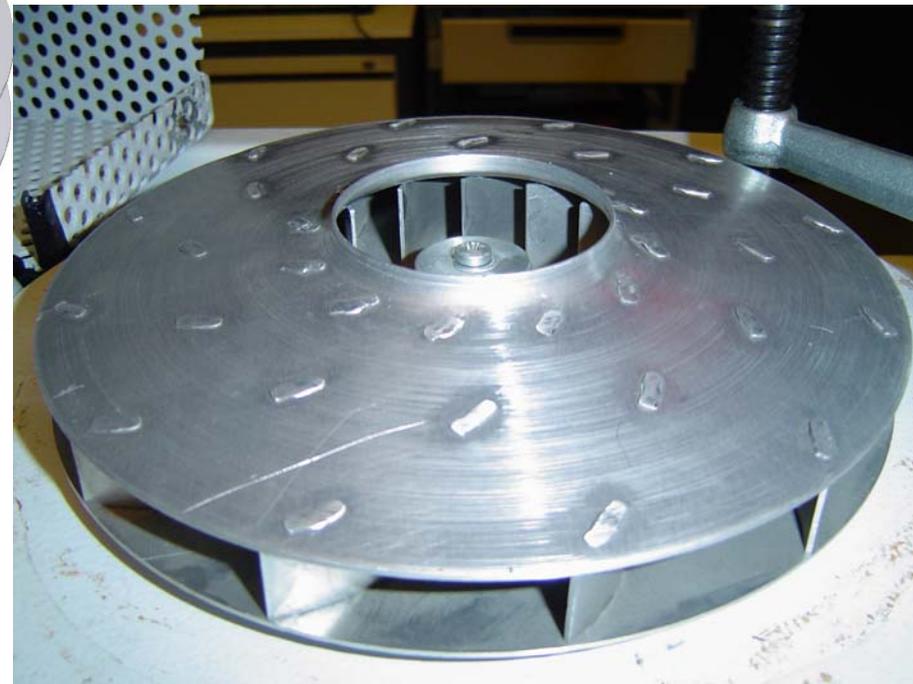
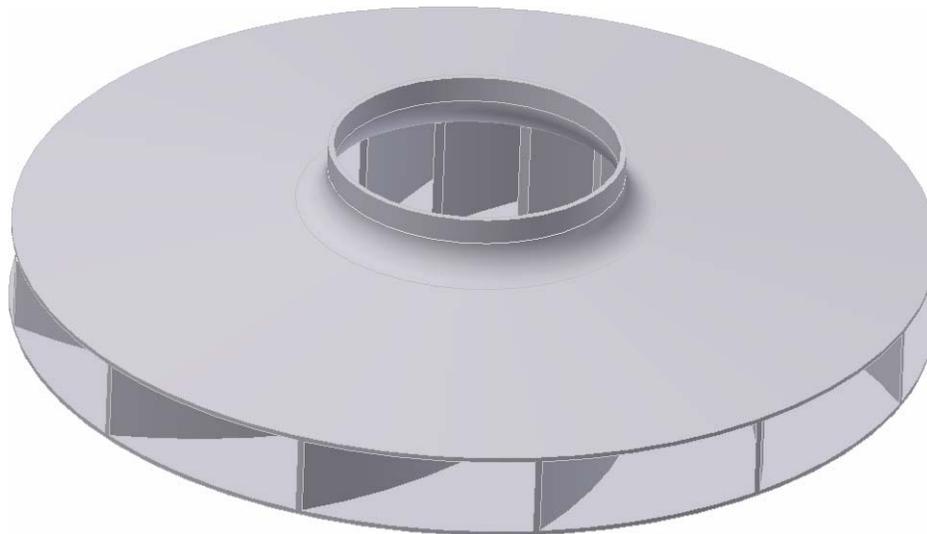
  

Dokumente und Einstellungen\root\Desktop\2005_05_05\Laufad\Laufad_Inventor_Eingabe_250.xls	Parametername	Einheit	Gleichung	Nennwert	Tol.	Modellwert	Kommentar
	Laufadaussenddurchmesser	m	0.18 m	0.180000	0	0.180000	
	Laufadeintrittsdurchmesser	m	0.07814166609482 m	0.078142	0	0.078142	
	Schaufeleintrittsbreite	m	0.034494702698721 m	0.034495	0	0.034495	
	Schaufelaustrittsbreite	m	0.02824138729730 m	0.028241	0	0.028241	
	Deckscheibenwinkel	grad	7 grad	7.000000	0	7.000000	
	Schaufeleintrittswinkel	grad	31.6948189644276 grad	31.694819	0	31.694819	
	Schaufelaustrittswinkel	grad	41.6948189644276 grad	41.694819	0	41.694819	
	KrümmungsradiusDeckscheibe	m	0.01093983325327 m	0.010940	0	0.010940	
	KrümmungsradiusEinstromdüse	m	0.01093983325327 m	0.010940	0	0.010940	
	Spaltweite	m	0.0015628333219 m	0.001563	0	0.001563	

Parameterliste mit Möglichkeit der Verknüpfung von Daten mit Excel

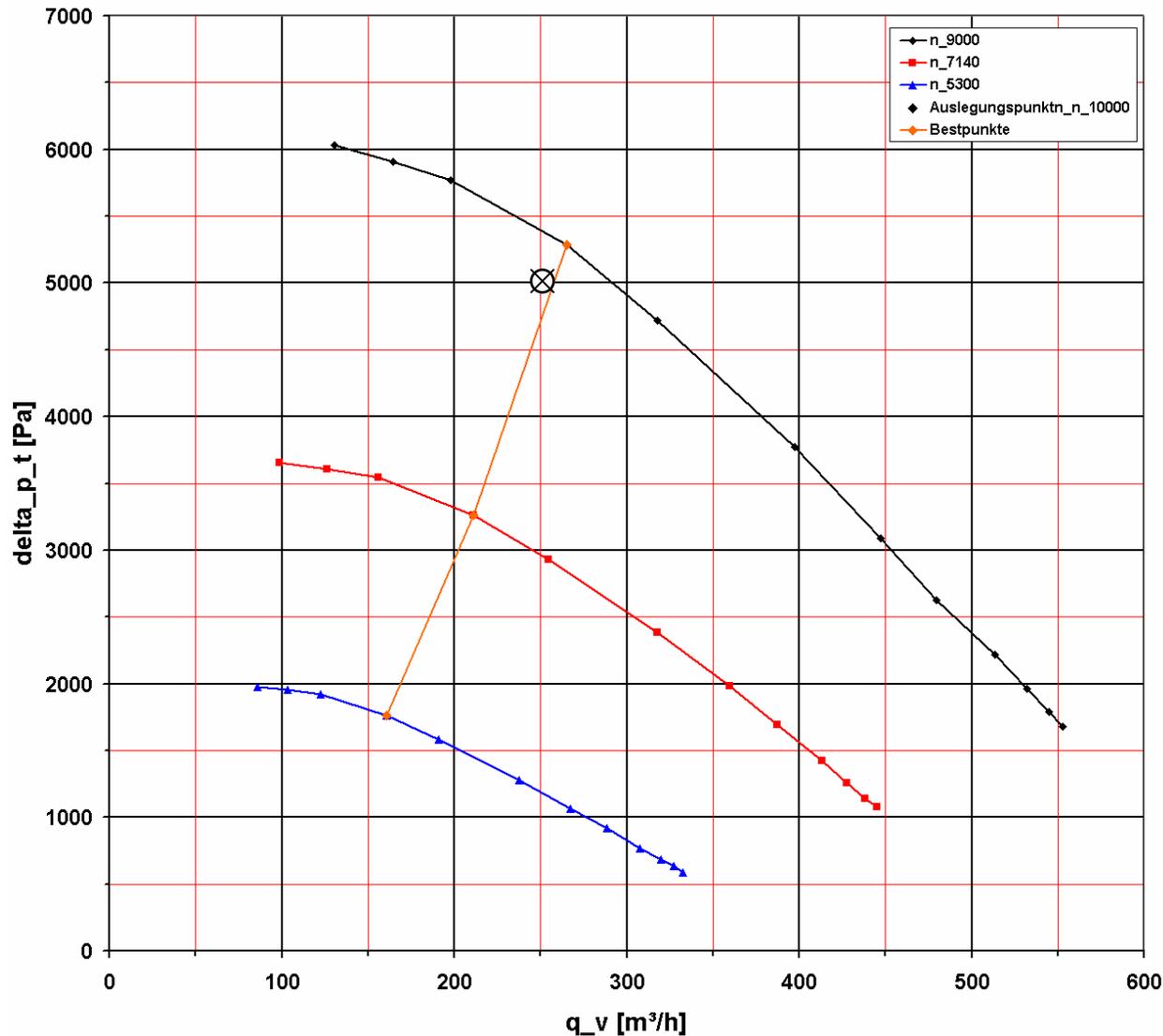


## Vergleich Zeichnung / Realität





## Drosselkennfeld



### Totaldruckerhöhung

**Bestpunkt:**

5193 Pa

**Auslegungspunkt:**

5000 Pa

Bestpunkt ca. 4% über dem Auslegungspunkt

### Volumenstrom

**Bestpunkt:**

270 m<sup>3</sup>/h

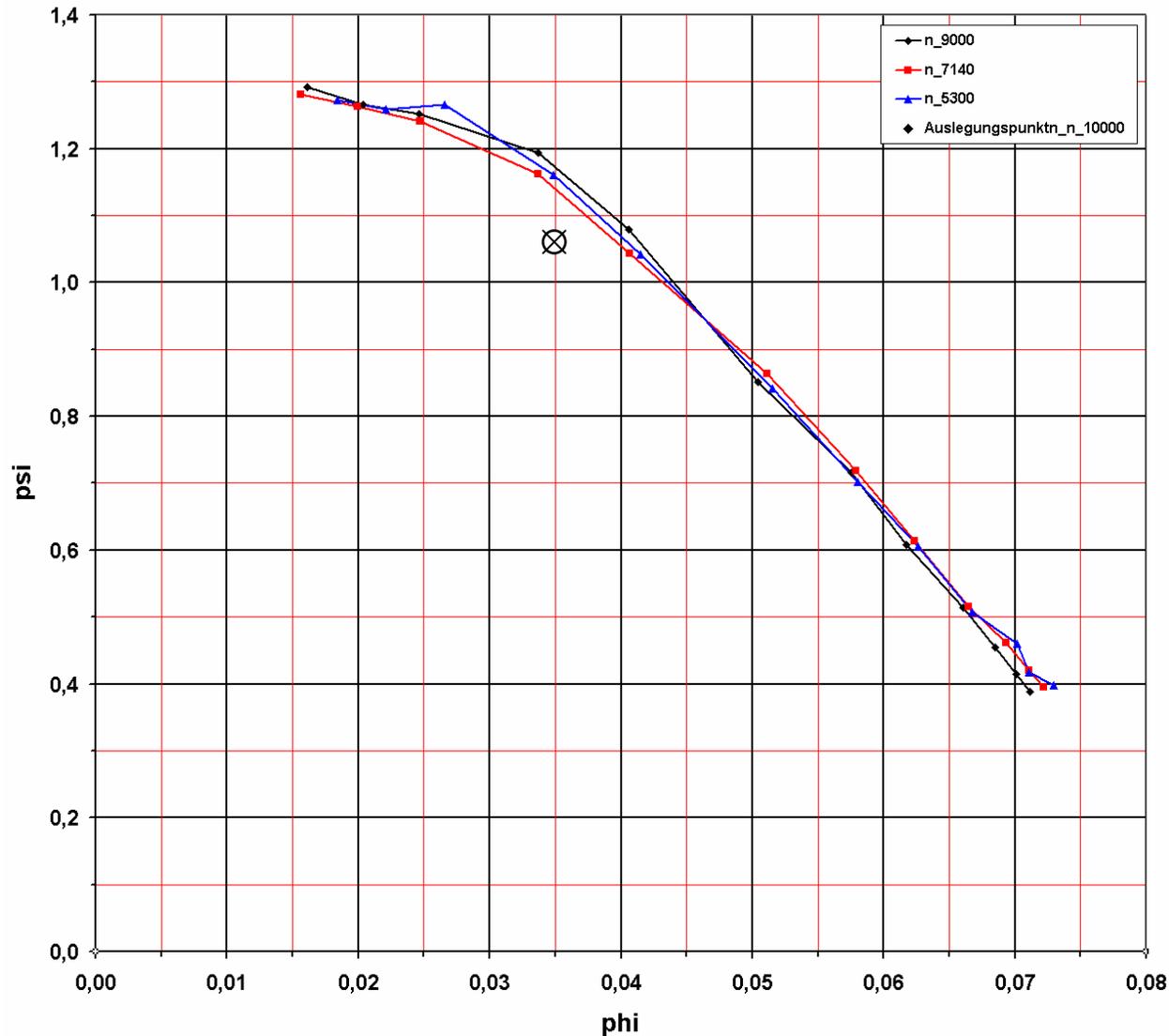
**Auslegungspunkt:**

250m<sup>3</sup>/h

Bestpunkt ca. 8% über dem Auslegungspunkt



## Dimensionsloses Kennfeld



**Druckzahl**

**Bestpunkt:**

1,193

**Auslegungspunkt:**

1,061

Bestpunkt ca. 10% über dem Auslegungspunkt

**Lieferzahl**

**Bestpunkt:**

0,0337

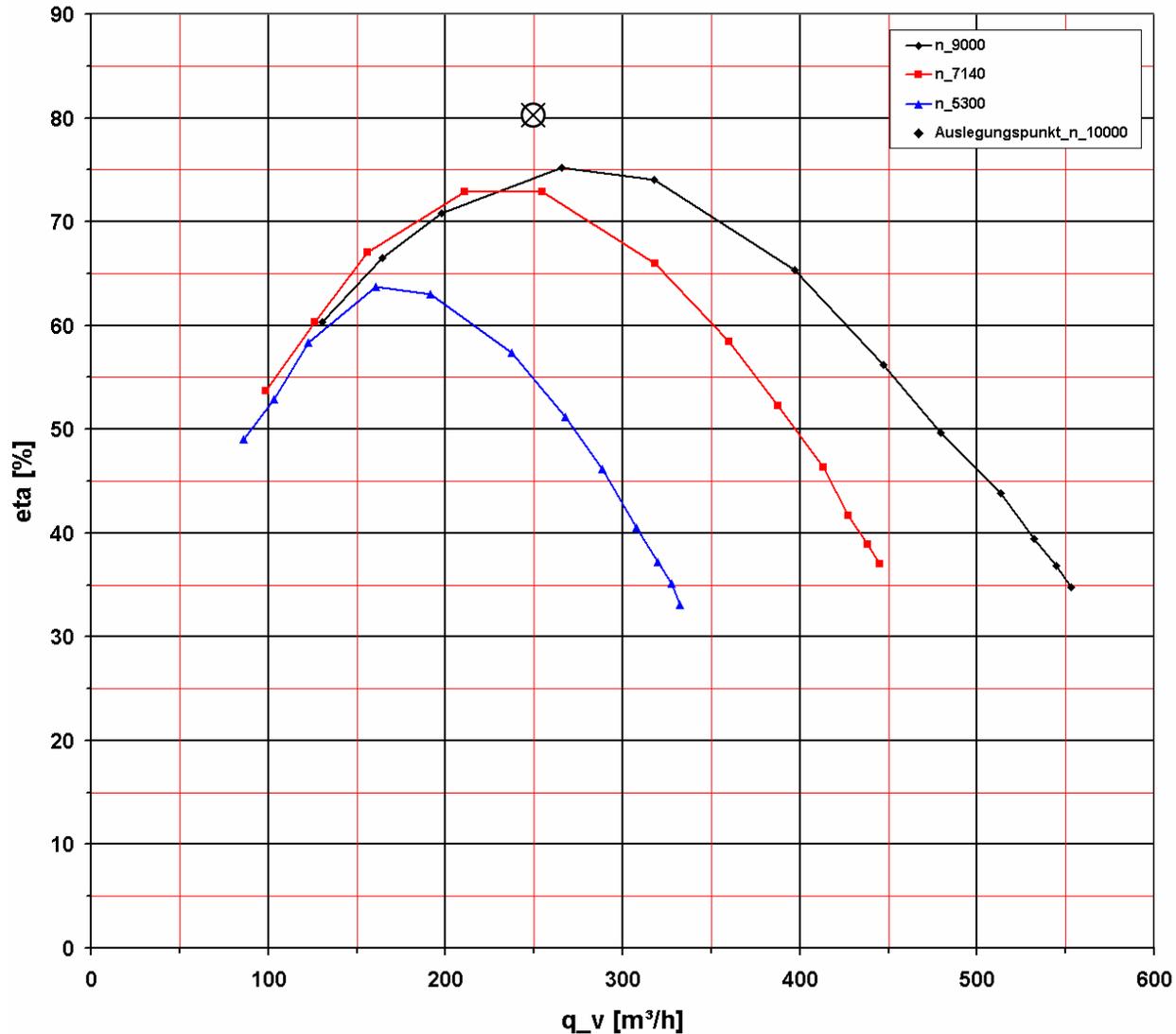
**Auslegungspunkt:**

0,035

Bestpunkt ca. 4% unter dem Auslegungspunkt



## Gesamtwirkungsgrad über Volumenstrom



Wirkungsgrad

**Bestpunkt:**

75%

**Auslegungspunkt:**

80%

Bestpunkt ca. 6% unter dem Auslegungspunkt



## Zusammenfassung

- schnelle Auslegung der Laufradgeometrie und des Spiralgehäuses
- automatische Generierung der Laufradgeometrie
- Messungen bestätigen Auslegung

### to do:

- parametrisches Modell auch für das Gehäuse erstellen