



# 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

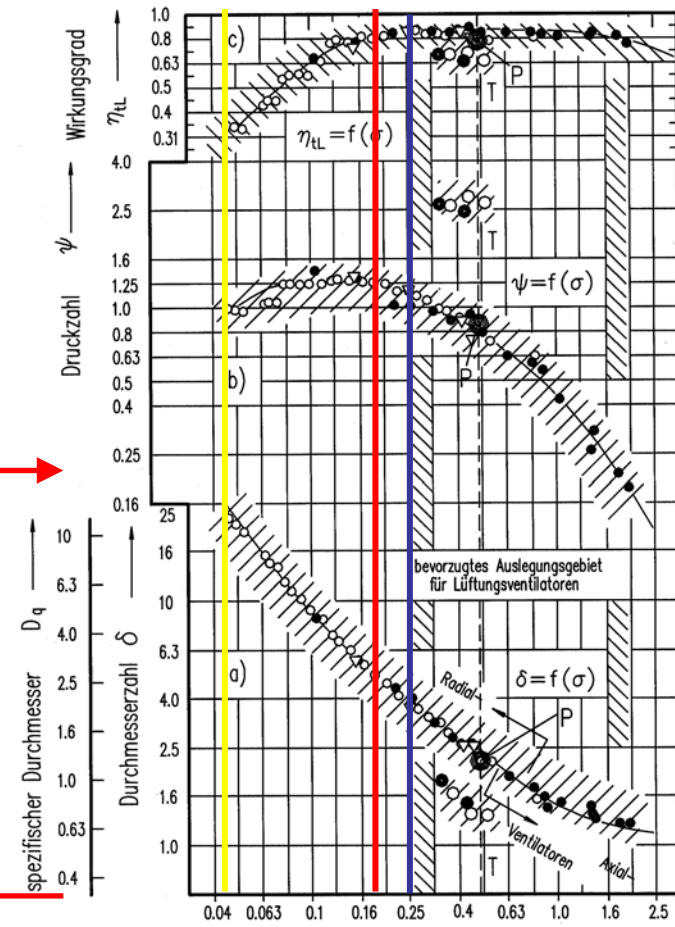
Ventilatorotyp	[m³/h]	[Pa]	[U/min]	$\sigma$
1	100	15000	10000	0.05
2	250	5000	10000	0.18
3	500	5000	10000	0.25

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**

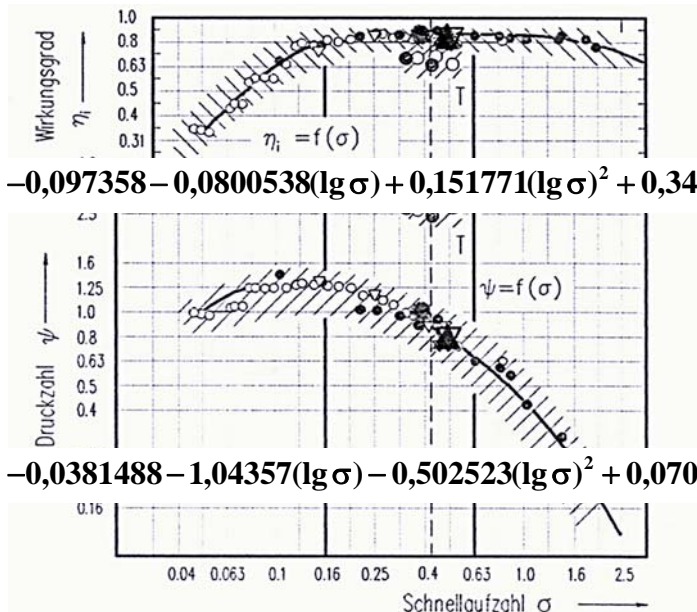


Ordnungsdiagramm der Ähnlichkeitsmechanik für Ventilatoren. Quelle: Bommes (2003)



# Auslegung Laufradgeometrie

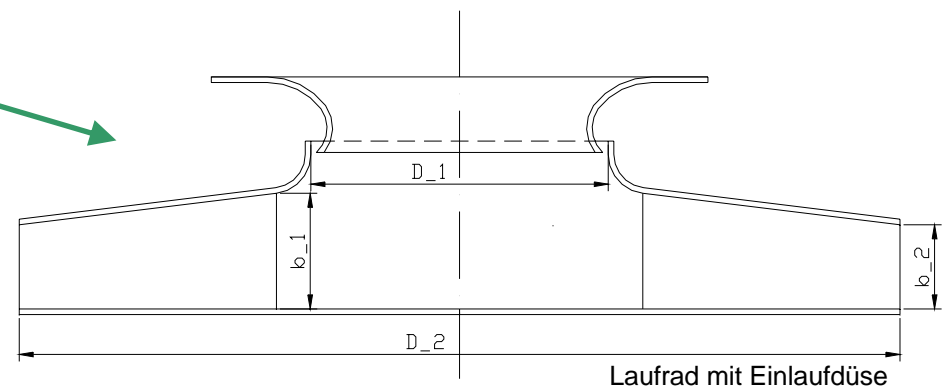
	A	B	C	D	E
1	<b>Vorgaben zur Bestimmung eines radialen Laufrades</b>				
2					
3	Volumenstrom/h		V_pkt_m^3/h	250	[m^3/h]
4	mittlere Dichte		rho	1.2	[kg/m^3]
5	Totaldruckerhöhung		delta_p	5000	[Pa]
6	Drehzahl		n	10000	[1/min]
7	<b>Dimensionierung des Laufrades</b>				
8					
9	Volumenstrom/s		V_pkt	0.069	[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]



$$\lg \eta_p = -0,097358 - 0,0800538(\lg \sigma) + 0,151771(\lg \sigma)^2 + 0,340467(\lg \sigma)^3$$

$$\lg \psi_p = -0,0381488 - 1,04357(\lg \sigma) - 0,502523(\lg \sigma)^2 + 0,0704883(\lg \sigma)^3$$

Ordnungsdiagramm mit Polynomen Quelle: Bommes 1993



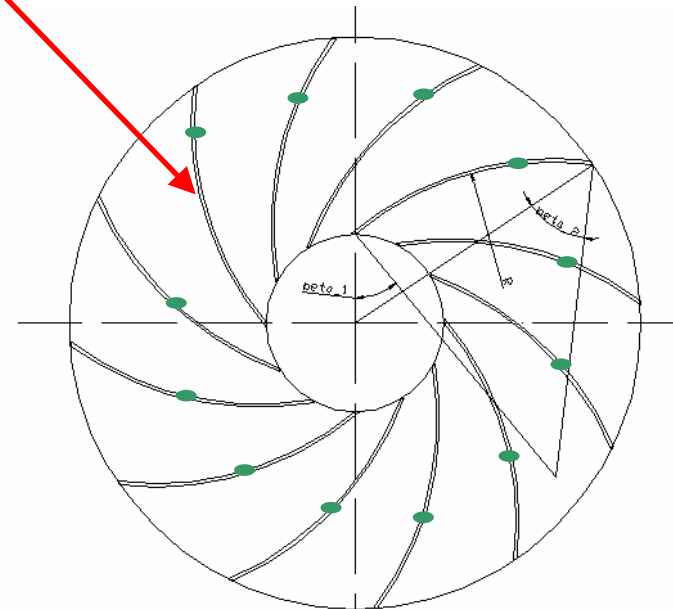
Laufrad mit Einlaufdüse



## Auslegung der Schaufelzahl und Form

### Schaufelzahlbestimmung

Schaufelkrümmungsradius R	R	0.0992 [m]
Schaufelarbeit	psi_sch	1.2813
meridionale 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



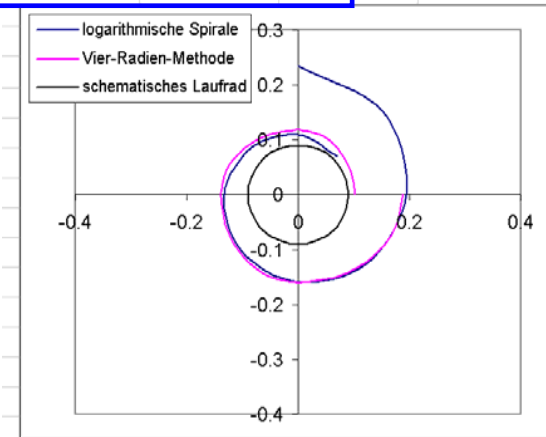
Laufrad mit Schaufeln



# Auslegung Spiralgehäuse

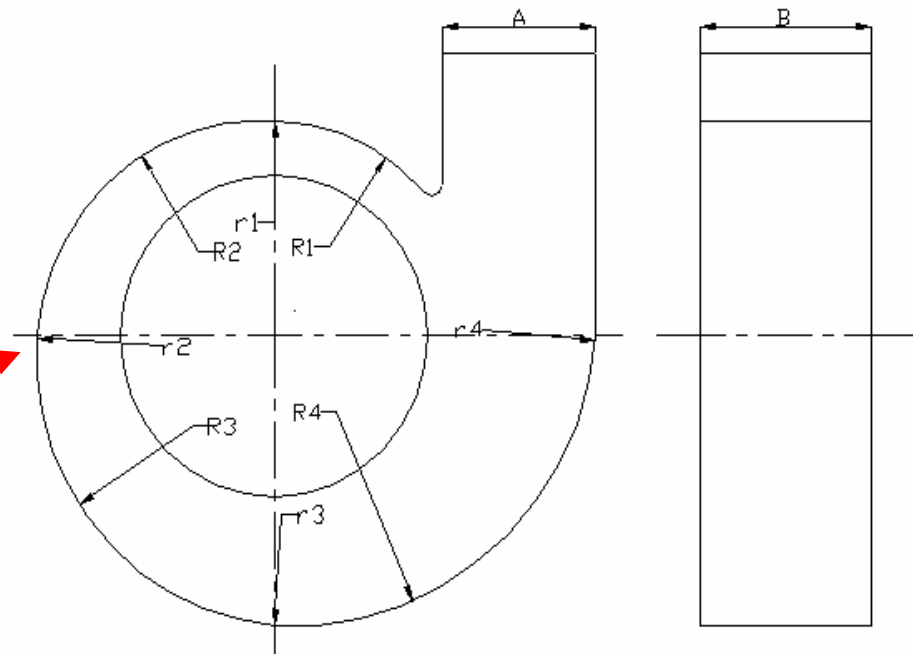
J	K	L	M
X_zunge	0.12		
kappa4	1.05		
kappa1	0.66		
alpha_steig	7		

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

**Tabellenblatt 2**

Vorgaben zur Bestimmung eines radialen Laufrades				
Volumenstrom/h	V_pkt_m^3/h	250 [m^3/h]		
mittlere Dichte	rho	1.2 [kg/m^3]		
		5000 [Pa]		
		10000 [1/min]		

Volumenstrom/s	V_pkt	0.069 [m^3/s]		
	P			
	Y			
Schnelllaufzahl	sigma			
Wirkungsgrad	eta_p			
Druckzahl	psi			
Lieferzahl	phi			

**Daten sind verknüpft**

	A	B
12 Laufradaussendurchmesser		0.180
13 Laufradeintrittsdurchmesser		0.078
14 Durchmesserverhältnis		0.034
20 rel. Schaufeleintrittsbreite	4	0.028
21 Schaufeleintrittsbreite	5	7
22 rel. Schaufelaustrittsbreite	6	31.69
23 Schaufelaustrittsbreite	7	41.69
24 Deckscheibenwinkel	8	0.011
25 Schaufeleintrittswinkel	9	0.011
26 Schaufelaustrittswinkel		
27 KrümmungsradiusDeckscheibe		
28 KrümmungsradiusEinströmdu		

**Tabellenblatt 1**

- 10 Durchmesser
- 11 Spaltweite
- 12 Spaltlänge
- 13 Gehäusebreite
- 14 SeitenlängeStutzen
- 15 **MaterialstärkeLauf**
- 16 **MaterialstärkeEinlaufdü**
- 17 **Schaufelkrümmungsradi**
- 18 **Schaufelzahl**

**Daten sind verknüpft**

**Inventor**

Parametername	Modellwert	Kommentar
Laufadaussendurchmesser	0.180000	
Laufadeintrittsdurchmesser	0.107601	
Schaufeleintrittsbreite	0.060968	
Schaufelaustrittsbreite	0.056524	
Deckscheibenwinkel	7.000000	
Schaufeleintrittswinkel	39.463288	
Schaufelaustrittswinkel	49.463288	
KrümmungsradiusDeckscheibe	0.015064	
KrümmungsradiusEinströmdu	0.015064	
Spaltweite	0.002152	
Durchmesser	0.135577	
Spaltlänge	0.004304	
Gehäusebreite	0.169571	
SeitenlängeStutzen	0.085136	
MaterialstärkeEinlaufdü	0.001000	
MaterialstärkeLauf	0.001000	
Schaufelkrümmungsradius	0.099205	
Schaufelzahl	20.000000	

Nur in Gleichungen verwendete Parameter anzeigen

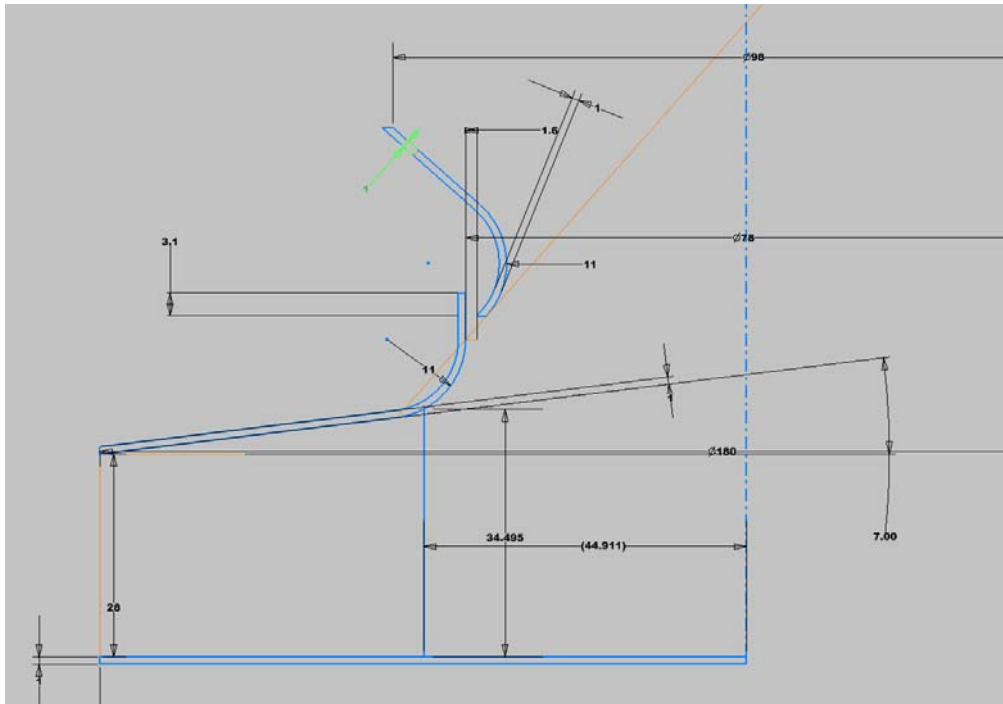
Hinzufügen Verknüpfen Aktualisieren

Toleranz zurücksetzen

Fertig



# Erstellung der parametrischen Zeichnung



parametrische Skizze

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

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

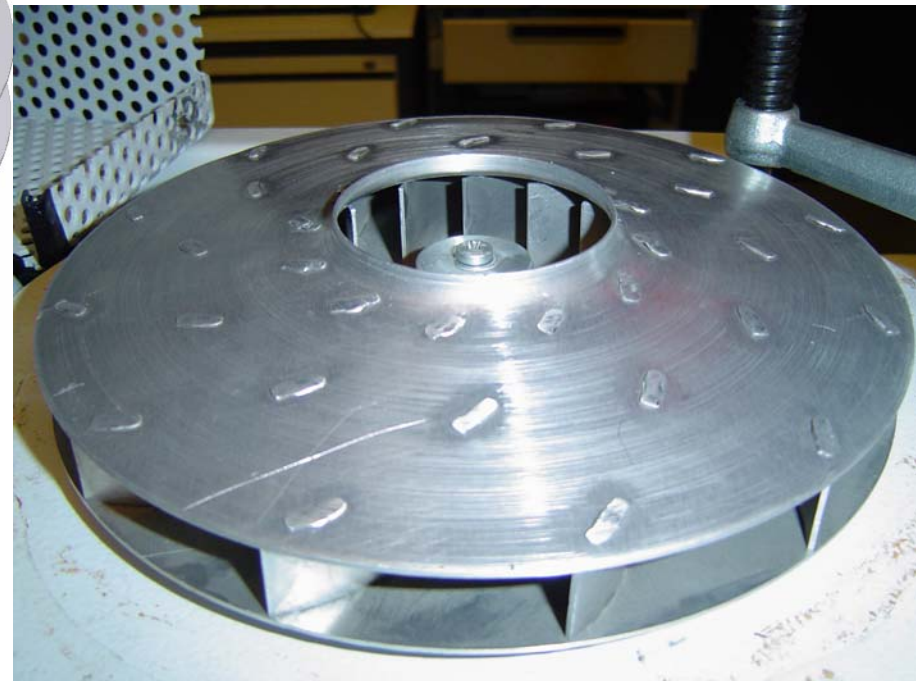
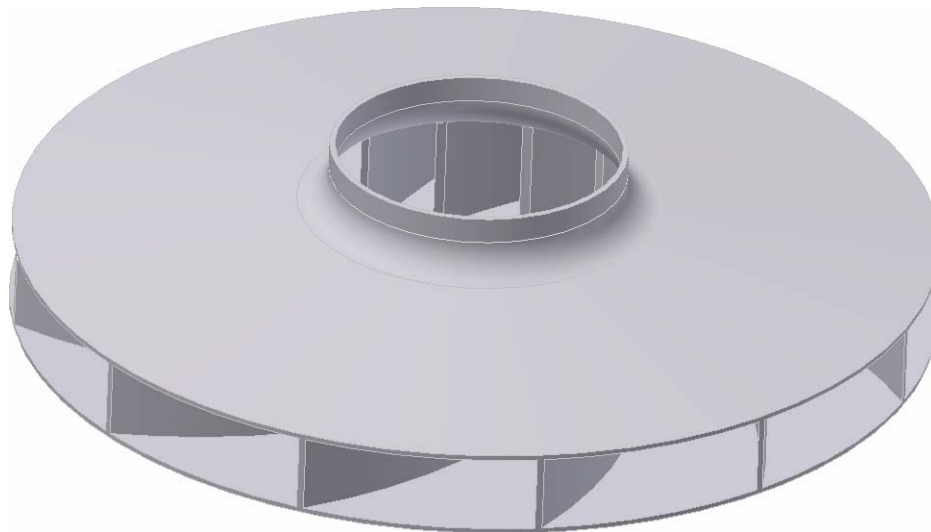
Parametername	Einheit	Gleichung	Nennwert	Tol.	Modellwert	Kommentar
Laufadaussendurchmesser	m	0.18 m	0.180000	0	0.180000	
Laufadeintrittsdurchmesser	m	0.07814166609482 m	0.078142	0	0.078142	
Schaufeleintrittsbreite	m	0.034494702698721 m	0.034495	0	0.034495	P
Schaufelaustrittsbreite	m	0.02824138729730 m	0.028241	0	0.028241	
Deckscheibenwinkel	grd	7 grd	7.000000	0	7.000000	
Schaufeleintrittswinkel	grd	31.6948189644276 grd	31.694819	0	31.694819	
Schaufelaustrittswinkel	grd	41.6948189644276 grd	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



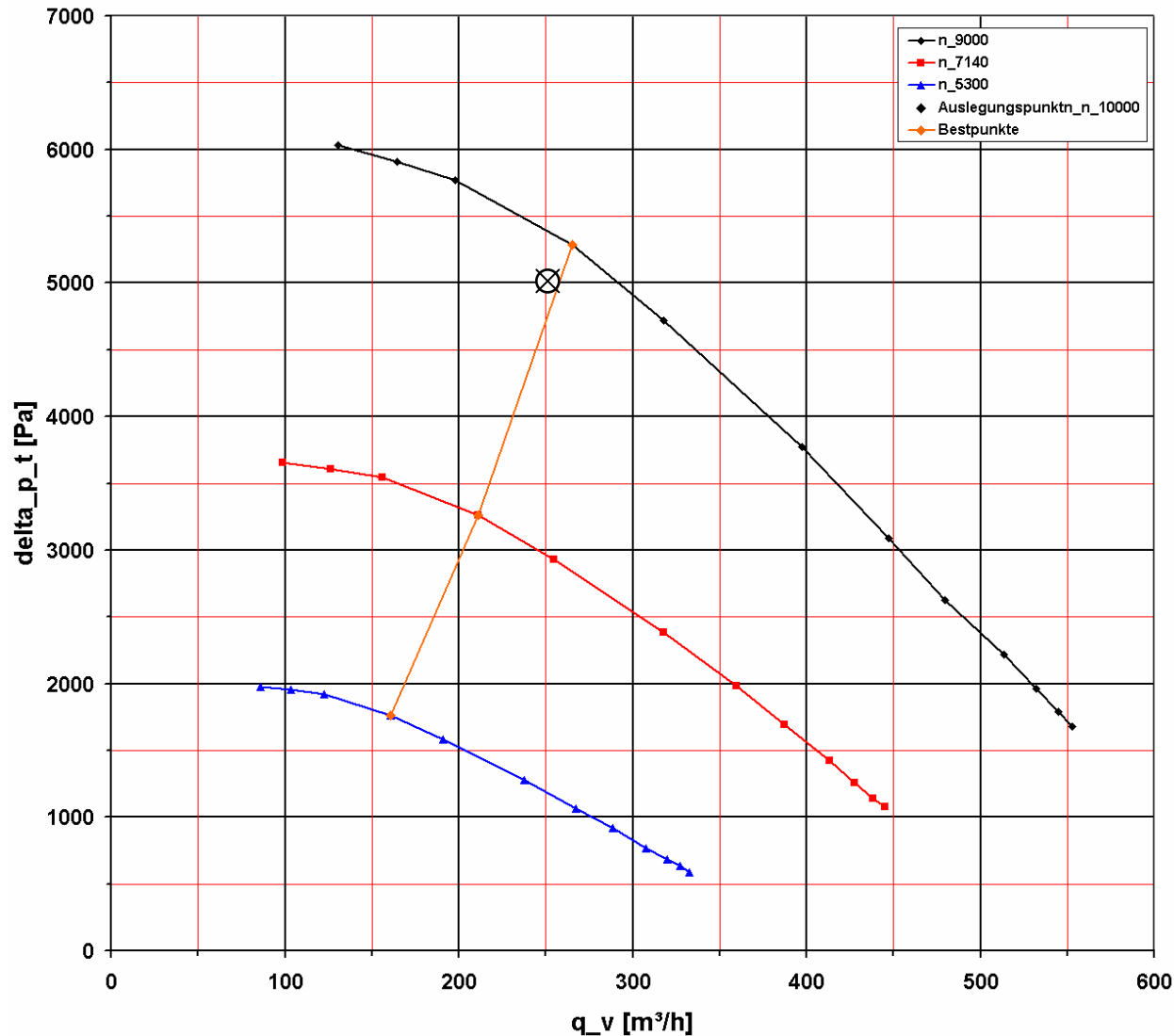


## Vergleich Zeichnung / Realität





## Drosselkennfeld



### Totaldruckerhöhung

**Bestpunkt:**

5193 Pa

**Auslegungspunkt:**

5000 Pa

Bestpunkt ca. 4% über dem Auslegungspunkt

### Volumenstrom

**Bestpunkt:**

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

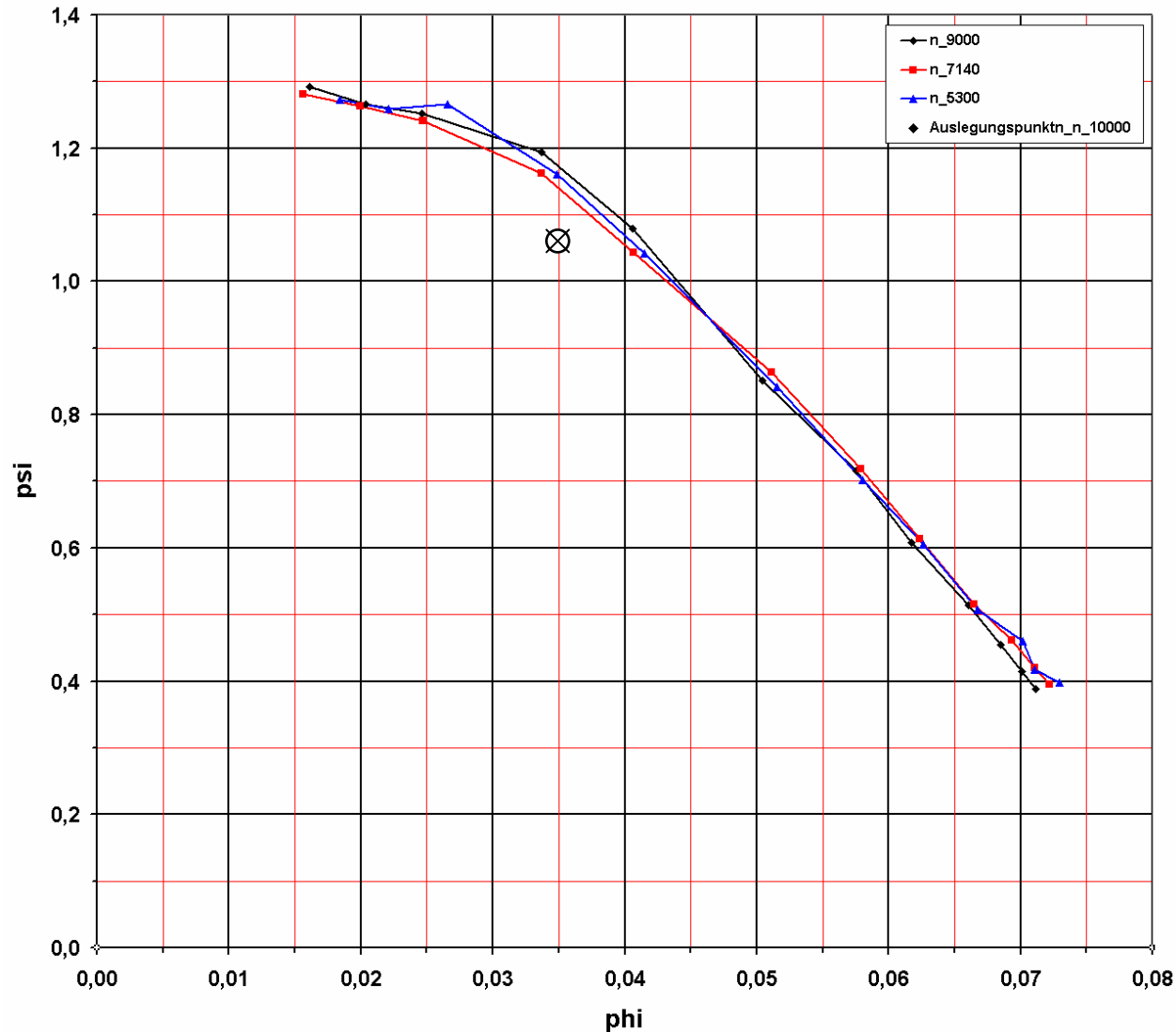
**Auslegungspunkt:**

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

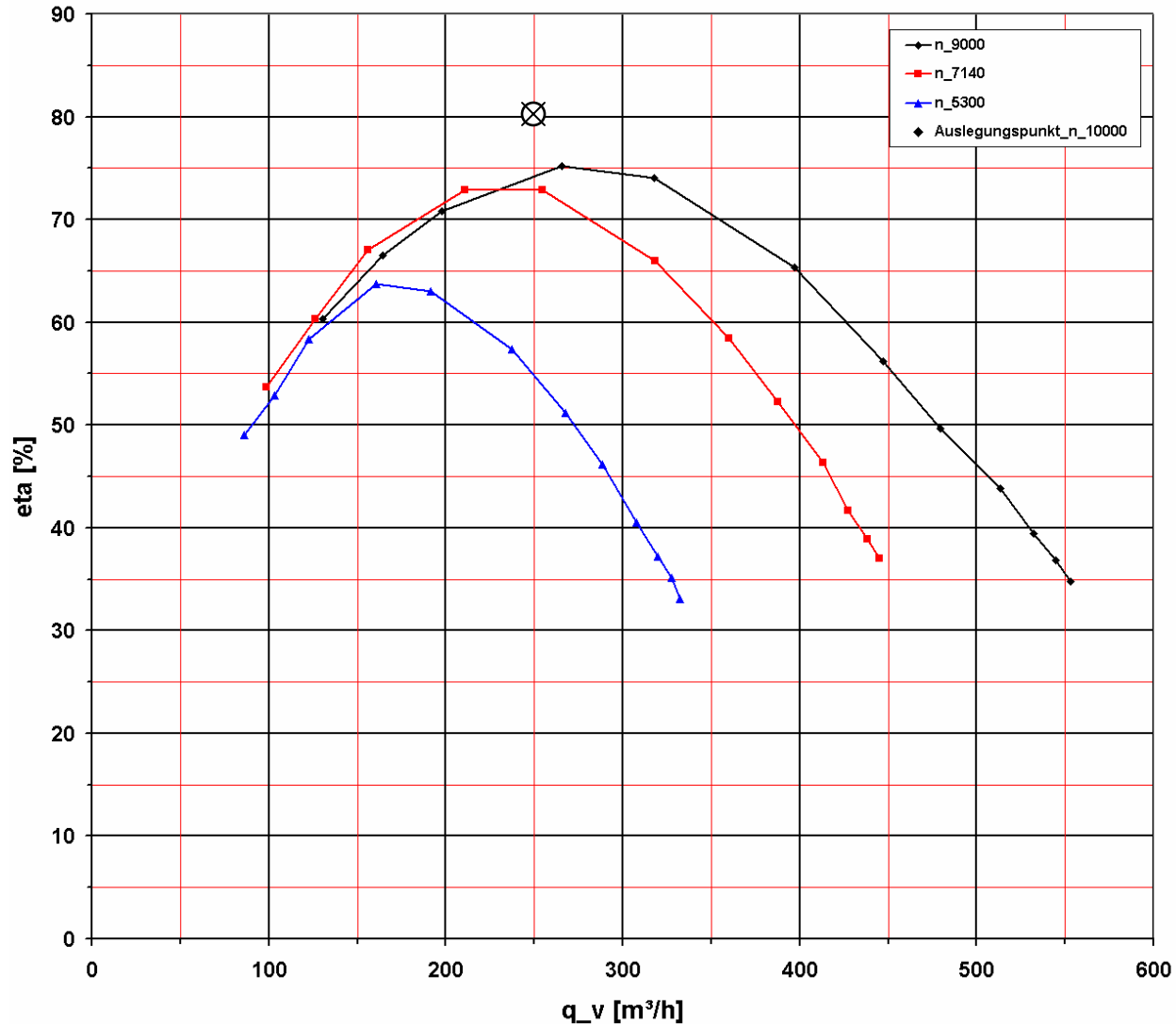
**Auslegungspunkt:**

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