



- i Berechnung fehlerfrei.
- ii Projektinformationen

Kapitel der Eingangsparameter

1.0 Materialauswahl und Einstellung der Einheiten

1.1	Berechnungseinheiten	SI Units (N, mm, kW...)	
1.2	Material	Baustahl EC 3, EN 10025; Fe 360 / Sy=235 MPa	
1.3	Elastizitätsmodul	E	210000 [MPa] <input checked="" type="checkbox"/>
1.4	Schubelastizitätsmodul	G	80769 [MPa]
1.5	Poisson-Konstante	v	0.300
1.6	Wärmeausdehnungszahl	γ	11.700 [m/m/C*e-6]
1.7	Reindichte	Ro	7850.00 [kg/m^3]
1.8	Biegefestigkeitsgrenze	σ_y	235.00 [MPa]

2.0 Zylinderschalen (dünnwandig)

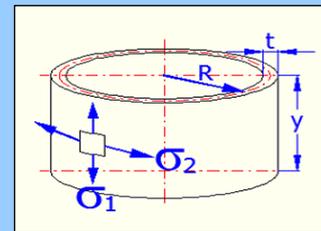
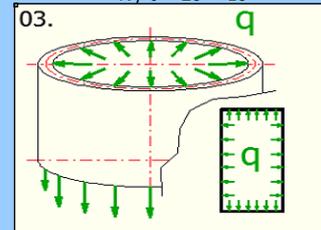
2.1 Form und Beanspruchungsweise

03. Einheitlicher Innen- oder Außenüberdruck (geschlossene Enden)

2.2	Schalendicke	t	10.000	[mm]
2.3	Abrundungsradius (Mittenradius)	R	200.000	[mm]
2.4	Länge der Zylinderschale	y	508.000	[mm]
2.5	Länge der Zylinderschale	l		[mm]
2.6	Kraft pro Längeneinheit / Gesamtkraft	P		[N]
2.7	Belastung pro Flächeneinheit	q	10.000	[MPa]
2.8	Geschwindigkeit	ω		[rpm]

Bedingungen:

$R / t = 20 > 10$



2.9 Ergebnisse

2.10	Verhältnis des Abrundungsradius und der Wanddicke	R / t	20.000	
2.11	Schalengewicht	m	50.11	[kg]
2.12	Meridianspannung	σ_1	100.00	[MPa]
2.13	Umfangsspannung	σ_2	200.00	[MPa]
2.14	Radialänderung der Umfangskreislinie	dR	0.1619048	[mm]
2.15	Änderung des Höhenmaßes	dy	0.0967619	[mm]
2.16	Drehung der Oberflächengeraden aus der nicht beanspruchten P	Ψ	0.0000E+00	[deg]

3.0 Konussschalen (dünnwandig)

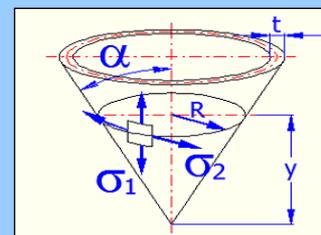
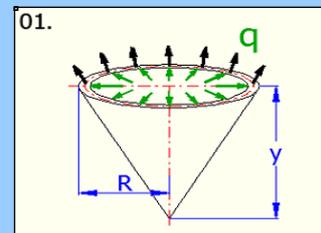
3.1 Form und Beanspruchungsweise

01. Einheitlicher Innen- oder Außenüberdruck, Tangentialstütze

3.2	Schalendicke	t	10.000	[mm]
3.3	Abrundungsradius (Mittenradius)	R	200.000	[mm]
3.4	Länge der konischen Schale	y	549.495	[mm]
3.5	Halbwinkel des Konus	α	20.000	[deg]
3.6	Abrundungsradius (Mittenradius)	r		[mm]
3.7	Tiefe der Flüssigkeitsfüllung	d		[mm]
3.8	Spezifisches Gewicht der Flüssigkeit	Ro		[kg/m^3]
3.9	Kraft pro Längeneinheit / Gesamtkraft	p		[N/mm]
3.10	Belastung pro Flächeneinheit	q	10.000	[MPa]
3.11	Geschwindigkeit	ω		[rpm]

Bedingungen:

$R / t = 20 > 10$



3.12 Ergebnisse

3.13	Verhältnis des Abrundungsradius und der Wanddicke	R / t	20.000	
3.14	Schalengewicht	m	28.842	[kg]
3.15	Meridianspannung	σ_1	106.42	[MPa]
3.16	Umfangsspannung	σ_2	212.83	[MPa]
3.17	Radialänderung der Umfangskreislinie	dR	0.172295449	[mm]
3.18	Änderung des Höhenmaßes	dy	0.0003588	[mm]
3.19	Drehung der Oberflächengeraden aus der nicht beanspruchten P	Ψ	0.0317033	[deg]
3.20	Meridianspannung - Höchstwert	σ_{1max}	~	[MPa]
3.21	Umfangsspannung - Höchstwert	σ_{2max}	~	[MPa]

4.0 Kugelschalen (dünnwandig)

4.1 Form und Beanspruchungsweise

01. Einheitlicher Innen- oder Außenüberdruck, Tangentialstütze

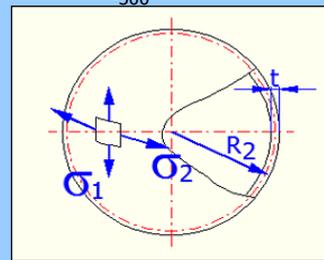
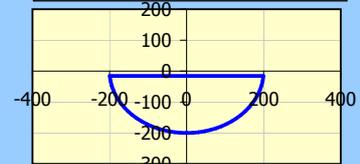
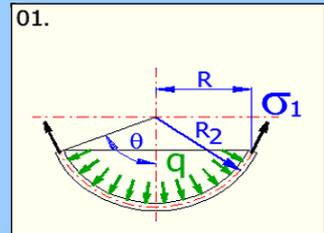
4.2 Schalendicke	t	10.000	[mm]
4.3 Mittenradius der Kugelschale	R2	200.000	[mm]
4.4 Winkel von der Achse zum Rand	θ	90.000	[deg]
4.5 Winkel von der Achse zum Rand	θ_0		[deg]
4.6 Abstand von der Achse zur Kante	R	200.000	[mm]
4.7 Abstand von der Achse zur Kante	r		[mm]
4.8 Sektionshöhe	y	200.000	[mm]
4.9 Tiefe der Flüssigkeitsfüllung	d		[mm]
4.10 Spezifisches Gewicht der Flüssigkeit	Ro		[kg/m ³]
4.11 Kraft pro Längeneinheit / Gesamtkraft	p		[N/mm]
4.12 Belastung pro Flächeneinheit	q	10.000	[MPa]
4.13 Geschwindigkeit	ω		[rpm]



Kraft/mm

Bedingungen:

$R_2 / t = 20 > 10$



4.14 Ergebnisse

4.15 Verhältnis des Abrundungsradius und der Wanddicke	R_2 / t	20.000	
4.16 Schalengewicht	m	19.729	[kg]
4.17 Meridianspannung	σ_1	100.00	[MPa]
4.18 Umfangsspannung	σ_2	100.00	[MPa]
4.19 Radialänderung der Umfangskreislinie	dR	0.0666667	[mm]
4.20 Radialänderung der Umfangskreislinie	dR2	0.0666667	[mm]
4.21 Änderung des Höhenmaßes	dy	0.0666667	[mm]
4.22 Drehung der Oberflächengeraden aus der nicht beanspruchten P	Ψ	0.0000000	[deg]
4.23 Flüssigkeitsgewicht	mL		[kg]

5.0 Zylinder und Kugelschalen (dickwandig)

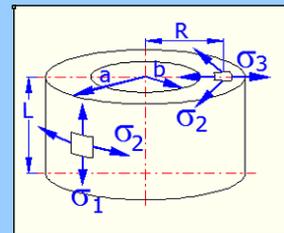
5.1 Form und Beanspruchungsweise

01. Zylinder - Einheitlicher innerer Radialdruck, Axialdruck gleich Null (oder extern gestört), für Scheibe oder Schale

5.2 Außenradius	a	200.000	[mm]
5.3 Innenradius	b	160.000	[mm]
5.4 Länge der Zylinderschale	L	500.000	[mm]
5.5 Belastung pro Flächeneinheit	q	10.000	[MPa]

5.6 Ergebnisse

5.7 Schalengewicht	m	177.562	[kg]
5.8 Spannung in der Längsrichtung	σ_{1max}	0.00	[MPa]
5.9 Spannung in der Umfangsrichtung	σ_{2max}	45.56	[MPa]
5.10 Spannung in der Radialrichtung	σ_{3max}	-10.00	[MPa]
5.11 Schubspannung (max.) am Innenradius	τ_{max}	27.78	[MPa]
5.12 Änderung des Außenradius	da	0.03386243	[mm]
5.13 Änderung des Innenradius	db	0.03699471	[mm]
5.14 Änderung der Länge	dL	-0.02540	[mm]
5.15 Interessenpunkt entlang des Radius	R [mm]	161.600	<160...200>
5.16 Spannung in der Längsrichtung	σ_1	0.00	[MPa]
5.17 Spannung in der Umfangsrichtung	σ_2	45.01	[MPa]
5.18 Spannung in der Radialrichtung	σ_3	-9.45	[MPa]



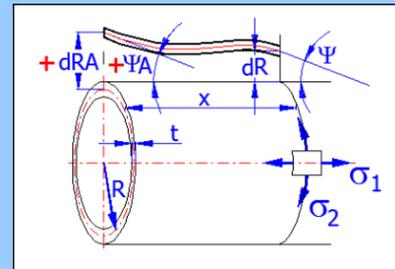
6.0 Mit Endmoment, Radialkraft, Überdruck und Axialkraft belastete Zylinderschalen

6.1 Erste Berechnung (linke Seite)

6.2	Elastizitätsmodul	E	210000	[MPa]	<input checked="" type="checkbox"/>
6.3	Poisson-Konstante	ν	0.300		
6.4	Abrundungsradius (Mittenradius)	R	200.000	[mm]	
6.5	Schalendicke	t	5.000	[mm]	
6.6	Belastung pro Flächeneinheit	q	10.000	[MPa]	
6.7	Axialkraft durch die Einwirkung des Drucks q	Fx	975.156	[N/mm]	
6.8	Kraft pro Längeneinheit / Gesamtkraft	p	0.000	[N/mm]	
6.9	Kraft pro Längeneinheit (Umfang)	Vo	53.741	[N/mm]	
6.10	Moment pro Längeneinheit (Umfang)	Mo	0.422	[Nm/mm]	

Bedingungen:

$L > 148.53$ [mm]; $R / t = 40 > 10$

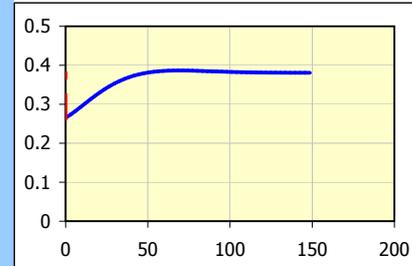


6.11 Ergebnisse

6.12	Änderung des Umfangsradius (A)	dRA	0.265148591	[mm]	
6.13	Änderung des Meridianverdrehung (A)	ΨA	-0.143595281	[deg]	
6.14	Koordinaten, bei denen die Werte berechnet werden	x	0.00000	[mm]	
6.15	Ergebnisse für die Beanspruchungsart und den Typ der Grafik	Sum			
6.16	Radiale Meridianschiebekraft	V(x)	-53.74089	[N/mm]	
6.17	Meridianbiegemoment	M(x)	0.42180	[Nm/mm]	
6.18	Änderung des Umfangsradius	dR(x)	0.26515	[mm]	
6.19	Änderung des Meridianverdrehung	$\Psi(x)$	-0.14360	[deg]	
6.20	Meridianmembranspannung	$\sigma_1(x)$	0.00	[MPa]	
6.21	Umfangsmembranspannung	$\sigma_2(x)$	279.91	[MPa]	
6.22	Meridianbiegespannung	$\sigma_1'(x)$	-101.23	[MPa]	
6.23	Umfangsbiegespannung	$\sigma_2'(x)$	-30.37	[MPa]	
6.24	Meridianschubspannung	$\tau_1(\omega)$	-10.75	[MPa]	

◀ bis zu: 148.53000

Änderung des Umfangsradius (dR)



6.25 Zweite Berechnung (rechte Seite)

6.26	Elastizitätsmodul	E	210000	[MPa]	<input checked="" type="checkbox"/>
6.27	Poisson-Konstante	ν	0.300		
6.28	Abrundungsradius (Mittenradius)	R	200.000	[mm]	
6.29	Schalendicke	t	10.000	[mm]	
6.30	Belastung pro Flächeneinheit	q	10.000	[MPa]	
6.31	Axialkraft durch die Einwirkung des Drucks q	Fx	950.625	[N/mm]	
6.32	Kraft pro Längeneinheit / Gesamtkraft	p	0.000	[N/mm]	
6.33	Kraft pro Längeneinheit (Umfang)	Vo	-53.741	[N/mm]	
6.34	Moment pro Längeneinheit (Umfang)	Mo	0.422	[Nm/mm]	

Bedingungen:

$L > 211.34$ [mm]; $R / t = 20 > 10$

6.35 Ergebnisse

6.36	Änderung des Umfangsradius (A)	dR	0.265147667	[mm]	
6.37	Änderung des Meridianverdrehung (A)	ΨA	0.143595281	[deg]	

7.0 Mit Endmoment, Radialkraft, Überdruck und Axialkraft belastete Kugelschalen

7.1 Erste Berechnung (linke Seite)

7.2	Elastizitätsmodul	E	210000	[MPa]	<input checked="" type="checkbox"/>
7.3	Poisson-Konstante	ν	0.300		
7.4	Winkel von der Achse zum Rand	ϕ	150.000	[deg]	
7.5	Schalendicke	t	6.350	[mm]	
7.6	Mittenradius der Kugelschale	R2	304.800	[mm]	
7.7	Abstand von der Achse zur Kante	R	152.400	[mm]	
7.8	Belastung pro Flächeneinheit	q	0.069	[MPa]	
7.9	Tangentialkraft durch die Einwirkung des Drucks q	Ft	9.650	[N/mm]	
7.10	Radialkomponente der Tangentialkraft Ft	Fty	-8.357	[N/mm]	
7.11	Axialkomponente der Tangentialkraft Ft	Ftx	4.825	[N/mm]	
7.12	Kraft pro Längeneinheit / Gesamtkraft	p	4.825	[N/mm]	
7.13	Kraft pro Längeneinheit (Umfang)	Vo	-4.312	[N/mm]	
7.14	Moment pro Längeneinheit (Umfang)	Mo	-0.038	[Nm/mm]	

7.15 Ergebnisse

7.16	Änderung des Umfangsradius	dRA($\omega=0$)	0.003330745	[mm]	
7.17	Änderung des Meridianverdrehung	Ψ A($\omega=0$)	-0.000307044	[deg]	
7.18	Koordinaten, bei denen die Werte berechnet werden	ω	0.000	[deg]	
7.19	Ergebnisse für die Beanspruchungsart und den Typ der Grafik	Sum			
7.20	Radiale Meridianschiebekraft	V(ω)	2.15618	[N/mm]	
7.21	Meridianbiegemoment	M1(ω)	-0.03770	[Nm/mm]	
7.22	Umfangsbiegemoment	M2(ω)	-0.01117	[Nm/mm]	
7.23	Änderung des Umfangsradius	dR(ω)	0.0033307	[mm]	
7.24	Änderung des Meridianverdrehung	Ψ (ω)	-0.0003070	[deg]	
7.25	Meridianmembranspannung	σ_1 (ω)	1.07	[MPa]	
7.26	Umfangsmembranspannung	σ_2 (ω)	4.91	[MPa]	
7.27	Meridianbiegespannung	σ_1' (ω)	5.61	[MPa]	
7.28	Umfangsbiegespannung	σ_2' (ω)	1.66	[MPa]	
7.29	Meridianschubspannung	τ_2 (ω)	0.34	[MPa]	

7.30 Zweite Berechnung (rechte Seite)

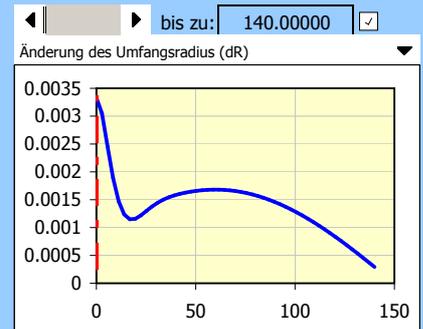
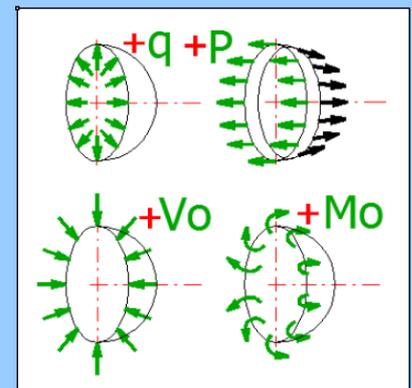
7.31	Elastizitätsmodul	E	210000	[MPa]	<input checked="" type="checkbox"/>
7.32	Poisson-Konstante	ν	0.300		
7.33	Winkel von der Achse zum Rand	ϕ	150.000	[deg]	
7.34	Schalendicke	t	6.350	[mm]	
7.35	Mittenradius der Kugelschale	R2	304.800	[mm]	
7.36	Abstand von der Achse zur Kante	R	152.400	[mm]	
7.37	Belastung pro Flächeneinheit	q	0.069	[MPa]	
7.38	Tangentialkraft durch die Einwirkung des Drucks q	Ft	9.650	[N/mm]	
7.39	Radialkomponente der Tangentialkraft Ft	Fty	-8.357	[N/mm]	
7.40	Axialkomponente der Tangentialkraft Ft	Ftx	4.825	[N/mm]	
7.41	Kraft pro Längeneinheit / Gesamtkraft	p	4.825	[N/mm]	
7.42	Kraft pro Längeneinheit (Umfang)	Vo	-8.357	[N/mm]	
7.43	Moment pro Längeneinheit (Umfang)	Mo	-0.072	[Nm/mm]	

7.44 Ergebnisse

7.45	Änderung des Umfangsradius	dR($\omega=0$)	0.005755321	[mm]	
7.46	Änderung des Meridianverdrehung	Ψ ($\omega=0$)	1.2424E-17	[deg]	

Bedingungen:

$$19.3 < \phi < 160.7 \quad R2 / t = 48 > 10$$



Bedingungen:

$$19.3 < \phi < 160.7 \quad R2 / t = 48 > 10$$

$$\phi = 30 \quad \phi = 150$$

8.0 Mit Endmoment, Radialkraft, Überdruck und Axialkraft belastete Kuschalen

8.1 Erste Berechnung (linke Seite)

8.2	Elastizitätsmodul	E	210000	[MPa]	<input checked="" type="checkbox"/>
8.3	Poisson-Konstante	ν	0.300		
8.4	Abrundungsradius (Mittenradius)	RA	200.000	[mm]	
8.5	Schalendicke	t	10.000	[mm]	
8.6	Halbwinkel des Konus	α	10.000	[deg]	
8.7	Belastung pro Flächeneinheit	q	10.000	[MPa]	
8.8	Tangentialkraft durch die Einwirkung des Drucks q	Ft	964.522	[N/mm]	
8.9	Radialkomponente der Tangentialkraft Ft	Fty	167.487	[N/mm]	
8.10	Axialkomponente der Tangentialkraft Ft	Ftx	949.868	[N/mm]	
8.11	Kraft pro Längeneinheit / Gesamtkraft	p	4.825	[N/mm]	Kraft/mm ▼
8.12	Kraft pro Längeneinheit (Umfang)	Vo	-3.194	[N/mm]	
8.13	Moment pro Längeneinheit (Umfang)	Mo	-0.038	[Nm/mm]	

8.14 Ergebnisse

8.15	Änderung des Umfangsradius (A)	dRA	0.194074528	[mm]	
8.16	Änderung des Meridianverdrehung (A)	Ψ_A	0.02108924	[deg]	
8.17	Koordinaten, bei denen die Werte berechnet werden	x	0.00000	[mm]	
8.18	Ergebnisse für die Beanspruchungsart und den Typ der Grafik	Sum			
8.19	Abrundungsradius (Mittenradius) im Punkt x	R	200.00000	[mm]	
8.20	Tangentiale Meridianschiebekraft	N1(x)	56.35401	[N/mm]	
8.21	Tangentiale Umfangsschiebekraft	N2(x)	2054.67397	[N/mm]	
8.22	Meridianbiegemoment	M1(x)	-0.03770	[Nm/mm]	
8.23	Umfangsbiegemoment	M2(x)	-0.01083	[Nm/mm]	
8.24	Änderung des Umfangsradius	dR(x)	0.19407	[mm]	
8.25	Änderung des Meridianverdrehung	$\Psi(x)$	0.02109	[deg]	
8.26	Meridianmembranspannung	$\sigma_1(x)$	5.64	[MPa]	
8.27	Umfangsmembranspannung	$\sigma_2(x)$	205.47	[MPa]	
8.28	Meridianbiegespannung	$\sigma'_1(x)$	2.26	[MPa]	
8.29	Umfangsbiegespannung	$\sigma'_2(x)$	0.65	[MPa]	
8.30	Radiale Meridianschiebekraft	V1(x)	0.12	[N/mm]	

8.31 Zweite Berechnung (rechte Seite)

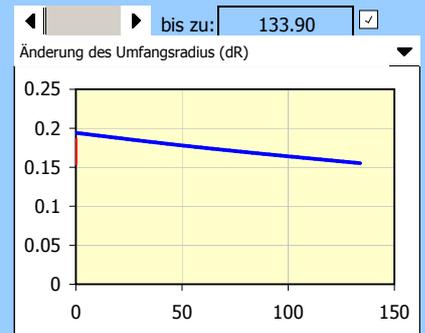
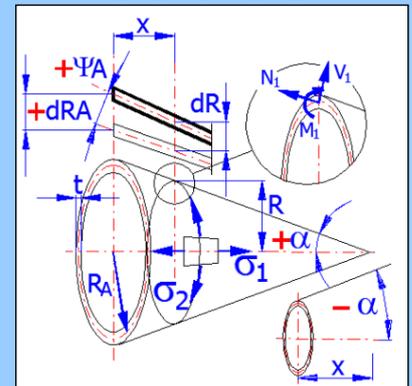
8.32	Elastizitätsmodul	E	210000	[MPa]	<input checked="" type="checkbox"/>
8.33	Poisson-Konstante	ν	0.300		
8.34	Abrundungsradius (Mittenradius)	RA	200.000	[mm]	
8.35	Schalendicke	t	5.000	[mm]	
8.36	Halbwinkel des Konus	α	20.000	[deg]	
8.37	Belastung pro Flächeneinheit	q	10.000	[MPa]	
8.38	Tangentialkraft durch die Einwirkung des Drucks q	Ft	1036.049	[N/mm]	
8.39	Radialkomponente der Tangentialkraft Ft	Fty	354.350	[N/mm]	
8.40	Axialkomponente der Tangentialkraft Ft	Ftx	973.568	[N/mm]	
8.41	Kraft pro Längeneinheit / Gesamtkraft	p	852.493	[N/mm]	Kraft/mm ▼
8.42	Kraft pro Längeneinheit (Umfang)	Vo	310.282	[N/mm]	
8.43	Moment pro Längeneinheit (Umfang)	Mo	4.735	[Nm/mm]	

8.44 Ergebnisse

8.45	Änderung des Umfangsradius (A)	dR	0.027168865	[mm]	
8.46	Änderung des Meridianverdrehung (A)	Ψ_A	0.691257072	[deg]	

Bedingungen: $\text{abs}(k)=87.3>5$

$L>133.9$ [mm]; $R/(t*\cos(\alpha))=17.9>10$



Bedingungen: $\text{abs}(k)=59.5>5$

$L>91.25$ [mm]; $R/(t*\cos(\alpha))=35.5>10$

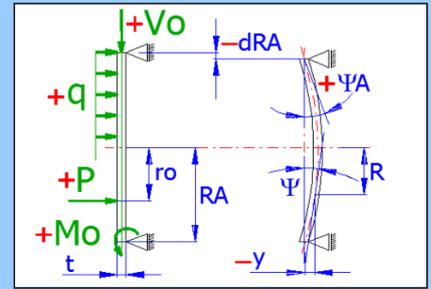
9.0 Mit Endmoment, Radialkraft, Überdruck und Axialkraft belastete Kreisplatten

9.1 Kreisplatte

9.2 Elastizitätsmodul	E	210000	[MPa]	<input checked="" type="checkbox"/>
9.3 Poisson-Konstante	v	0.300		
9.4 Außenradius	RA	200.000	[mm]	
9.5 Plattenstärke	t	10.000	[mm]	
9.6 Belastung pro Flächeneinheit	q	0.500	[MPa]	
9.7 Gesamtgröße der Kraft	P	0.000	[N]	
9.8 Belastungsradius P	ro	0.000	[mm]	
9.9 Kraft pro Längeneinheit (Umfang)	Vo	0.000	[N/mm]	
9.10 Moment pro Längeneinheit (Umfang)	Mo	0.000	[Nm/mm]	

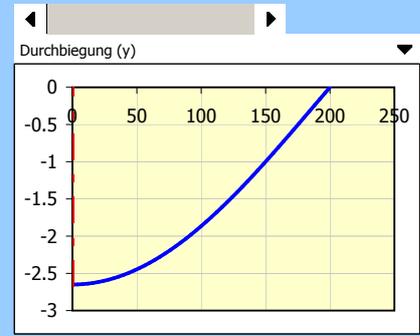
Bedingungen:

$Ra / t = 20 > 10; y_{max} < t / 2$



9.11 Ergebnisse

9.12 Änderung des Umfangsradius (A)	dRA	-0.021547348	[mm]
9.13 Änderung der Verdrehung (A)	PsiA	1.14591559	[deg]
9.14 Koordinaten, bei denen die Werte berechnet werden	R	0.00000	[mm]
9.15 Ergebnisse für die Beanspruchungsart und den Typ der Grafik	Sum		
9.16 Durchbiegung	y(R)	-2.65000	[mm]
9.17 Verdrehung	Psi(R)	0.00002	[deg]
9.18 Radialmoment	Mr(R)	4.12497	[Nm/mm]
9.19 Tangentialmoment	Mt(R)	4.12497	[Nm/mm]
9.20 Scherspannung	tau(R)	-0.00063	[MPa]
9.21 Biegespannung radial	sigma_r(R)	247.499	[MPa]
9.22 Biegespannung tangential	sigma_t(R)	247.499	[MPa]
9.23 Durchbiegung max.	y(max)	0.00000	[mm]
9.24 Durchbiegung min.	y(min)	-2.65000	[mm]



Ergänzungskapitel

10.0 Lösung der Verbindung von zwei Schalen und Lösung der anderen statisch unbestimmten Aufgaben

10.1 Typ der Verbindung, der Entlastung, der Formel 10.2 Formeln beseitigen

01. Zylinder - Zylinder (Innen-/Außenüberdruck + Achsbeanspruchung), $R1=R2, dR1=dR2, Psi1=-Psi2$

10.3 Anzahl der Approximationsschritte	i	10
10.4 Empfindlichkeit der Gleichungsauswertung		1000 100000
10.5 Zu ändernder Parameter 1	Variable1	53.74100242
10.6 Zu ändernder Parameter 2	Variable2	0.421801016
10.7 Zu ändernder Parameter 3	Variable3	0
10.8 Gleichung 1		0.000924072
10.9 Ergebnis 1	=	0.000
10.10 Gleichung 2		0.000000
10.11 Ergebnis 2	=	0.000
10.12 Gleichung 3		0.000000
10.13 Ergebnis 3	=	0.000

