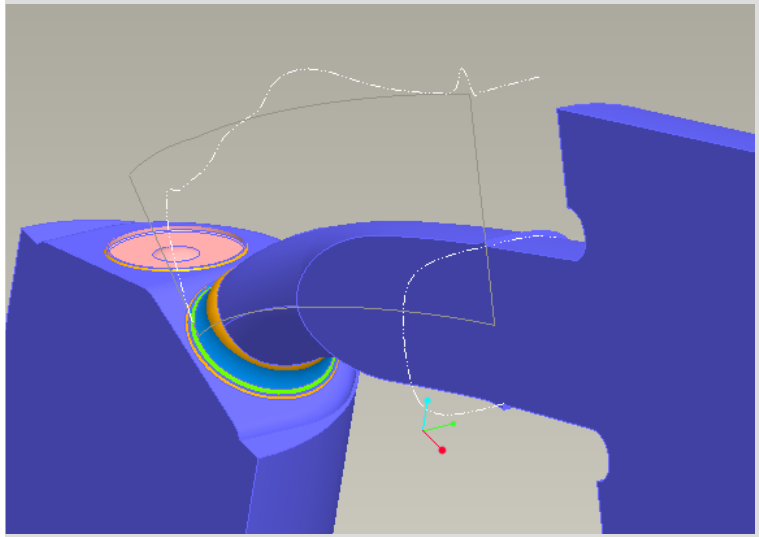
IAV GmbH
Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr



Kanalentwicklung bei der IAVC

Konstruktion, Berechnung, Versuch

SAXON SIMULATION MEETING (TU Chemnitz)

Dipl.-Ing. Wolfgang Berg

Chemnitz, 27.04.10

IAV Firmenprofil

Überblick

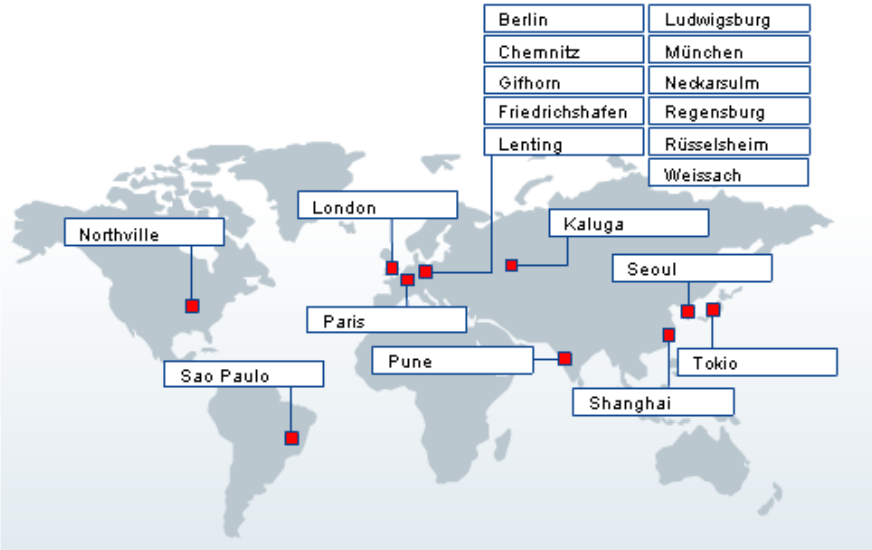
- Gründungsjahr: 1983
- Mitarbeiter 2008: 3850
- Branche / Produkte
  - Automotive-Engineering
  - Forschung
  - Vorentwicklung
  - Serienentwicklung
- Geschäftsfelder
  - Fahrzeug
  - Antriebsstrang
  - Automobilelektronik

IAV Firmenprofil

Standorte

Wir sind da, wo Sie uns brauchen

Innovationen in Serie und dabei den Kundennutzen stets im Focus – das ist das Konzept der IAV. Deshalb sind wir überall dort auf der Welt zu finden, wo uns unsere Kunden brauchen: bei Ihnen vor Ort.



Standort Chemnitz

- ca. 500 Mitarbeiter
- Motorenentwicklung
- Getriebeentwicklung
- Prüfstände
- Motorenbau
- Teilefertigung

Kanalentwicklungsprozess

Übersicht

Erstellung eines robusten vollparametrischen Kanalmodells (bis zu 10 variable, ansteuerbare Parameter → Diese werden inkl. des zu betrachtenden Wertebereich, für den zu betrachtenden Anwendungsfall, vor Projektstart definiert / abgestimmt. → Beachtung der Bauraum- und Schnittstellenrestriktionen)

CFD-Strömungssimulation zur Stützstellenermittlung für DOE-Modell (Rechenläufe mit automatisierter Ansteuerung des CAD-Modells zur Generierung von Geometrievarianten, Anzahl der Rechenläufe abhängig von Anzahl der Geometrie-Parameter, z.B. 320 CFD-Rechnungen bei 10 variablen Geometrie-Parametern)

Erstellung mathematisches Ersatzmodell (Anzahl der DOE-Terme abhängig von Anzahl der Geometrie-Parameter z.B. 286 DOE-Terme bei 10 variablen Geometrie-Parametern)

Ermittlung Paretokurve

Auswahl Zielkonfiguration / Zielkonfigurationen des Kanals hinsichtlich Durchfluß / Tumble mittels Ersatzmodell (Geometrieparamter zur Zielerreichung ablesbar)

Anfertigung Flow-Box und Ergebnisvalidierung mittels **DGV-Strömungsversuch**

Motorversuch

Kanalentwicklungsprozess

Schritt 1

Erstellung eines robusten vollparametrischen Kanalmodells (bis zu 10 variable, ansteuerbare Parameter → Diese werden inkl. des zu betrachtenden Wertebereich, für den zu betrachtenden Anwendungsfall, vor Projektstart definiert / abgestimmt. → Beachtung der Bauraum- und Schnittstellenrestriktionen)

CFD-Strömungssimulation zur Stützstellenermittlung für DOE-Modell (Rechenläufe mit automatisierter Ansteuerung des CAD-Modells zur Generierung von Geometrievarianten, Anzahl der Rechenläufe abhängig von Anzahl der Geometrie-Parameter, z.B. 320 CFD-Rechnungen bei 10 variablen Geometrie-Parametern)

Erstellung mathematisches Ersatzmodell (Anzahl der DOE-Terme abhängig von Anzahl der Geometrie-Parameter z.B. 286 DOE-Terme bei 10 variablen Geometrie-Parametern)

Ermittlung Paretokurve

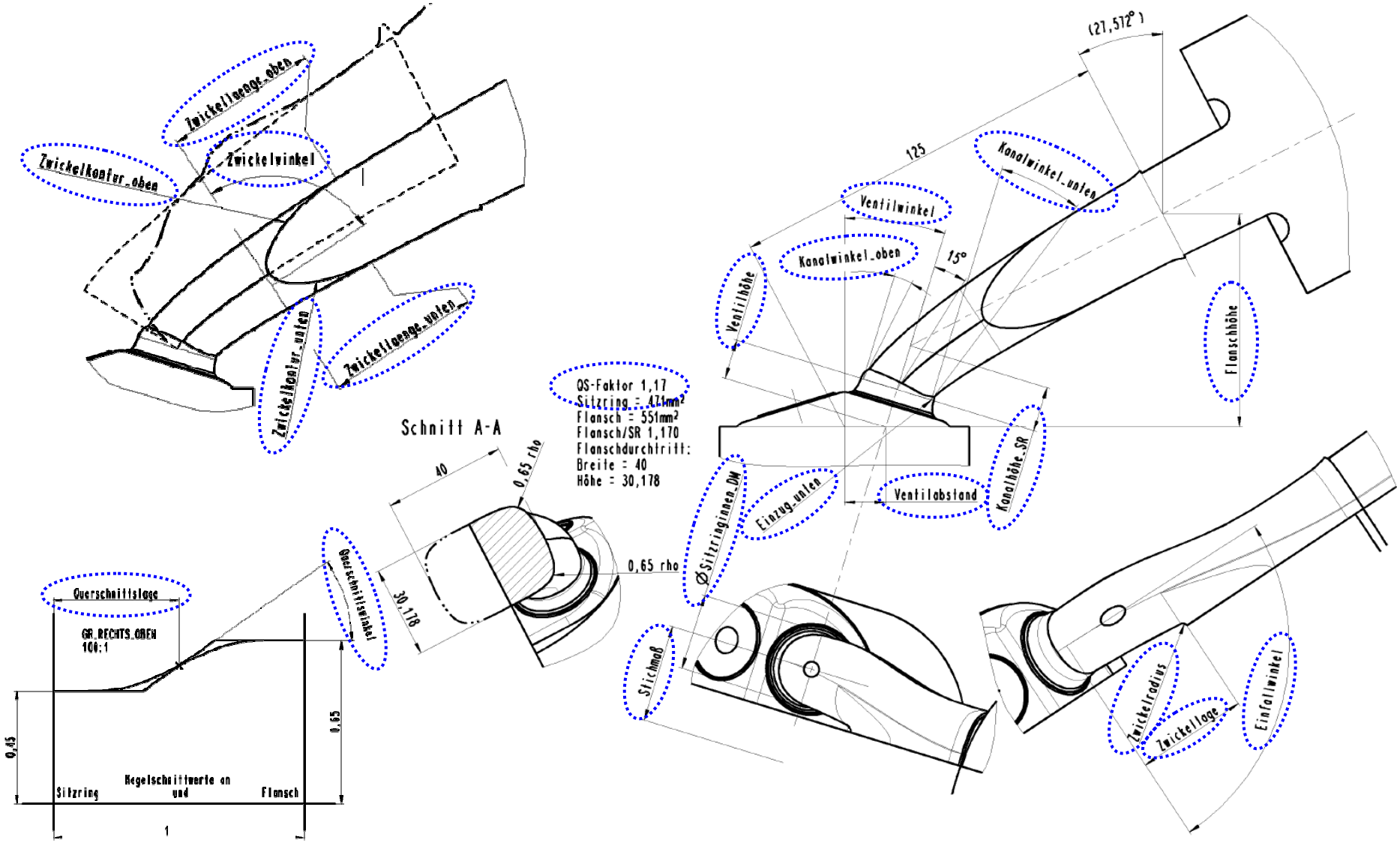
Auswahl Zielkonfiguration / Zielkonfigurationen des Kanals hinsichtlich Durchfluß / Tumble mittels Ersatzmodell (Geometrieparamter zur Zielerreichung ablesbar)

Anfertigung Flow-Box und Ergebnisvalidierung mittels **DGV-Strömungsversuch**

Motorversuch

Entwurfszeichnung parametrischer Kanal

insgesamt 21 mögliche Parameter



Variationsparameter, Wertebereiche

Versuchsplan als Familientabelle

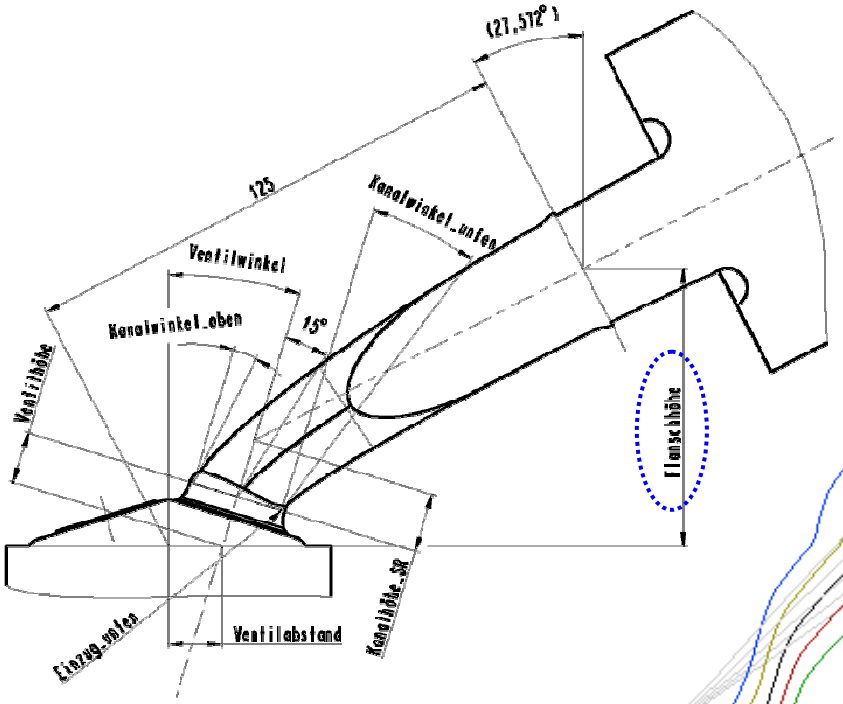
	Parameter	Basis	Wertebereich				aktuell
Variationsparameter	Flanschhöhe [mm]	70	60 ... 80				70,000
	Kanalhöhe, Sitzring [mm]	20	10 ... 30				20,000
	Einzug, unten [mm]	0	0 ... 4				0,000
	Einfallwinkel [°]	90	80 ... 95				90,000
	Kanalwinkel, oben [°]	10	0 ... 40				10,000
	Kanalwinkel, unten [°]	20	0 ... 40				20,000
	rel. Zwickellage [-]	0,35	0,25 ... 0,6				0,350
	Zwickelradius [mm]	1,5	1 ... 4				1,500
	Zwickelform [-]	1	1 / 2 / 3 / 4 / 5				1,000
		1	2	3	4	5	
Zwickelformen	Zwickelwinkel [°]	90	90	90	60	120	90,000
	Zwickellänge, oben [mm]	35	35	25	30	30	35,000
	Zwickellänge, unten [mm]	30	30	20	30	28	30,000
	Zwickelkontur, oben [-]	0,4	0,2	0,6	0,4	0,6	0,400
	Zwickelkontur, unten [-]	0,4	0,2	0,6	0,6	0,4	0,400
weitere Parameter	Ventilabstand	13,5	beliebig				13,500
	Ventilhöhe	13,0	beliebig				13,000
	Ventilwinkel	17,0	beliebig				17,000
	Stichmaß [mm]	32,0	beliebig				32,000
	Sitzringinnen-Ø [mm]	25,0	beliebig				25,000
	Querschnittsfaktor [-]	1,1	1,0 ... 1,2				1,170
	Querschnitt, Lage [-]	0,5	0,25 ... 0,75				0,500
	Querschnitt, Winkel [°]	35,0	15 ... 90				35,000

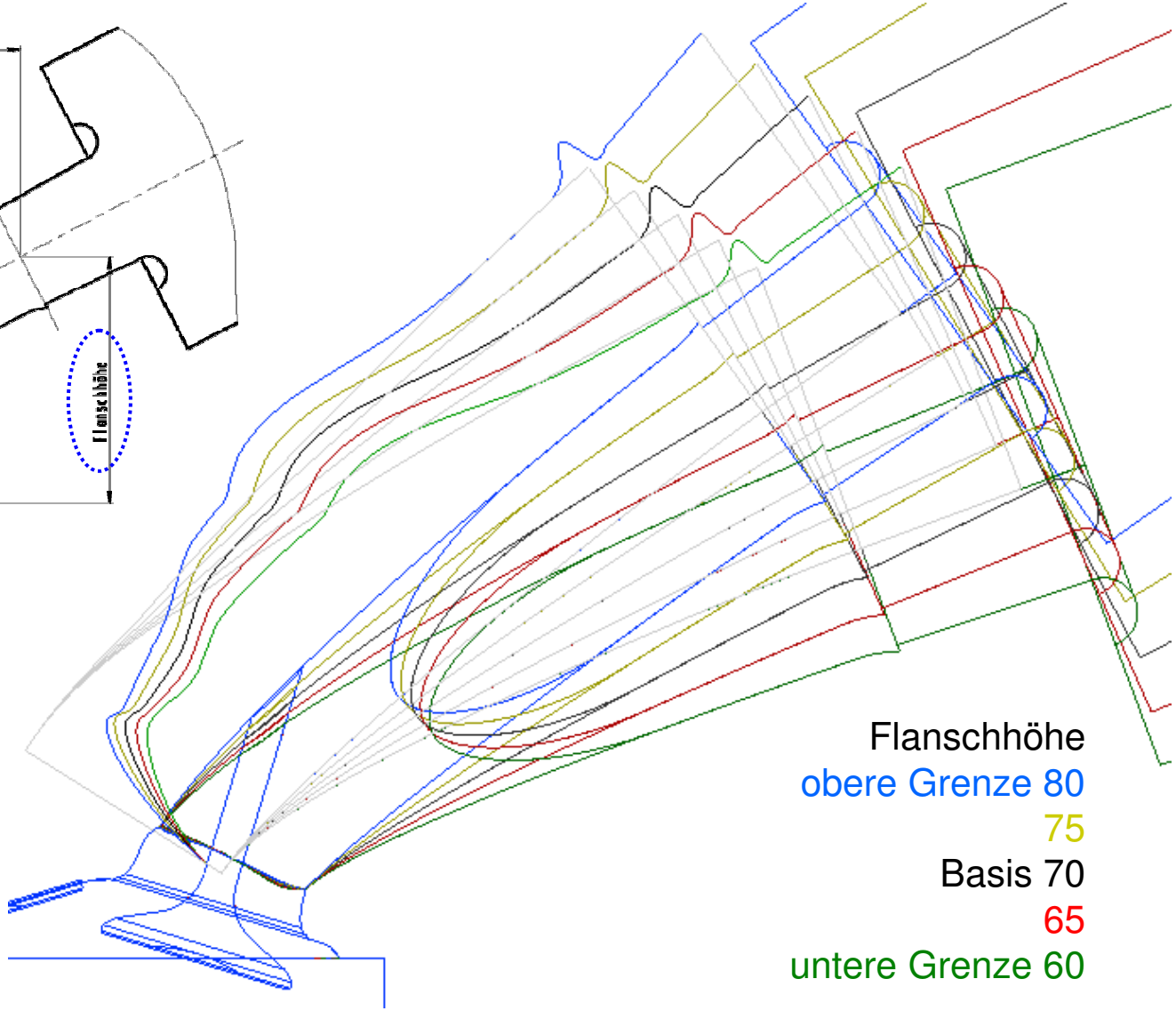
	E_KANAL...	E_KANAL...	E_EINZUG...	E_EINFAL...	E_ZWICKE...	E_ZWICKE...	E_ZWICKE...	E_QS_LA...	E_QS_WI...
KANAL	30.500000	35.000000	4.000000	100.000000	0.530000	1.000000	1.0	0.900000	135.000000
KANAL_266	30.910314	31.154022	1.672220	90.322886	0.266356	3.424251	1.0	0.647796	59.989529
KANAL_267	39.216739	31.870631	1.843279	96.642544	0.492519	2.358942	2.0	0.893675	45.974049
KANAL_268	37.909664	33.986911	2.509717	89.837904	0.288683	3.583524	1.0	0.623178	48.029353
KANAL_269	38.784796	35.036531	1.196588	98.559716	0.257225	2.734150	3.0	0.844109	103.137178
KANAL_270	26.781362	27.438005	1.225766	94.969007	0.497780	3.304161	3.0	0.595568	47.796449
KANAL_271	34.629717	43.037023	2.364460	85.467312	0.248155	3.252215	4.0	0.517482	72.149386
KANAL_272	23.791561	34.259031	2.428653	95.765529	0.299190	1.029679	4.0	0.619324	83.078945
KANAL_273	25.266618	39.324823	3.813128	97.726036	0.216511	3.923464	4.0	0.684664	94.444478
KANAL_274	27.096143	36.396534	1.753188	93.714180	0.513487	3.179096	4.0	0.562264	127.063931
KANAL_275	34.406253	27.498880	2.558911	95.048875	0.348547	1.224461	4.0	0.319003	127.523005
KANAL_276	32.229542	28.732661	3.885593	90.954350	0.466802	3.519952	2.0	0.637534	79.749167
KANAL_277	39.708559	39.558315	2.236964	85.614917	0.345919	2.479002	3.0	0.762429	68.730538
KANAL_278	20.745805	27.252066	3.218292	96.453603	0.336021	2.804264	4.0	0.824477	45.883810
KANAL_279	35.929956	32.849404	2.111887	87.826599	0.264256	2.131505	4.0	0.831395	114.542264
KANAL_280	39.394324	35.834754	2.223991	91.530858	0.404900	2.957278	2.0	0.410047	86.159155
KANAL_281	28.707295	36.169135	2.903673	94.005111	0.378048	2.983271	3.0	0.485589	100.854572
KANAL_282	29.590337	29.663382	3.629641	86.078315	0.368798	1.042568	1.0	0.454851	105.116230
KANAL_283	30.405773	40.490921	1.032981	99.031072	0.249221	3.637167	3.0	0.436682	62.561055
KANAL_284	24.164898	30.909725	1.902942	88.372107	0.415639	3.495353	3.0	0.856344	98.095909
KANAL_285	22.055371	38.519659	3.315293	87.356643	0.451336	2.196556	4.0	0.408012	67.669703
KANAL_286	29.083242	44.191120	1.430015	93.979481	0.429964	2.891569	1.0	0.805269	131.042759
KANAL_287	26.995731	27.315592	1.638171	97.583656	0.428831	3.553435	4.0	0.790801	79.322627
KANAL_288	37.516278	29.367078	2.820341	86.832149	0.417296	3.576741	4.0	0.428325	110.699102
KANAL_289	29.974903	40.024296	3.201945	98.923952	0.518379	2.878488	2.0	0.841447	64.520692
KANAL_290	24.104756	41.021277	3.643709	88.866229	0.304887	1.932016	1.0	0.590552	75.223099
KANAL_291	32.916797	26.126744	3.894565	94.620159	0.369202	1.432749	3.0	0.727416	88.956344
KANAL_292	29.360166	25.947239	3.043670	85.235955	0.383781	3.413440	2.0	0.509265	100.399853
KANAL_293	36.987401	28.914074	3.910779	98.745334	0.407716	1.948464	4.0	0.724038	46.756527
KANAL_294	32.386293	39.178711	2.090881	92.018485	0.366429	2.573242	1.0	0.321862	84.693871
KANAL_295	21.316260	35.642921	3.420954	97.601050	0.303544	2.027837	4.0	0.823793	126.811778
KANAL_296	34.119862	41.791740	3.185437	97.493832	0.252162	3.597954	2.0	0.470958	101.810202
KANAL_297	30.037687	29.190842	2.433922	87.431442	0.393146	1.370972	3.0	0.699424	87.968461

Zur Reduktion der Variationsparameter werden Zwickelwinkel, Zwickellängen und Zwickelkonturen zu 5 unterschiedlichen Zwickelformen zusammengefasst.

Veränderung der Flanschhöhe

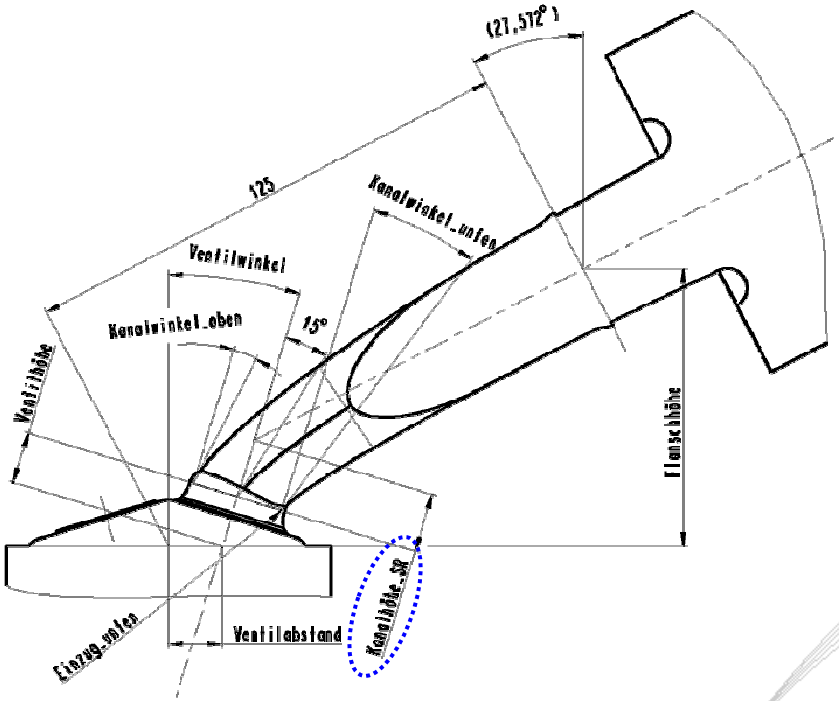
Querschnittsverlauf annähernd konstant

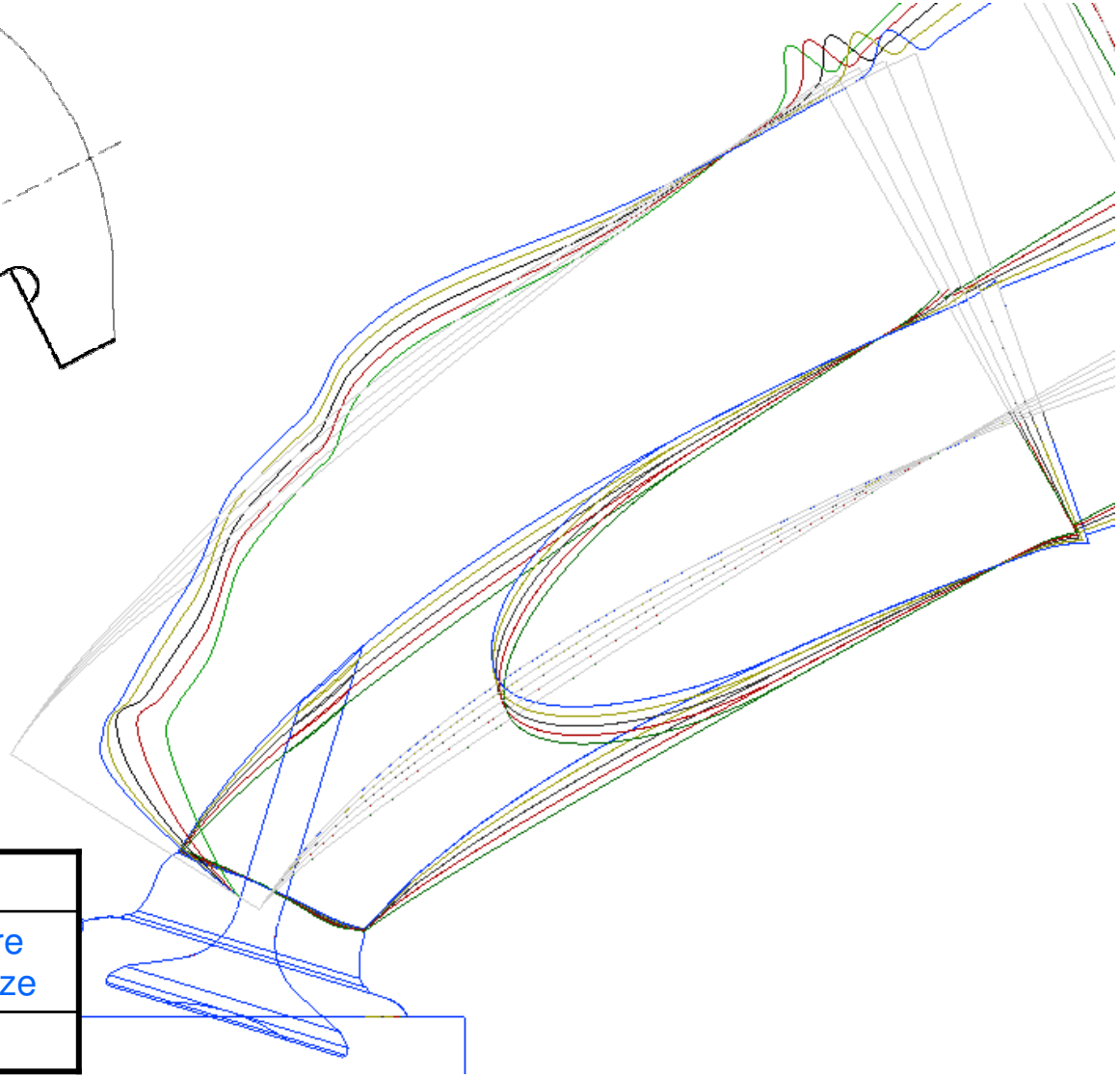




Veränderung der Kanalhöhe am Sitzring

Kanalverlauf vor Ventil, kein Einfluss auf Querschnittsverlauf

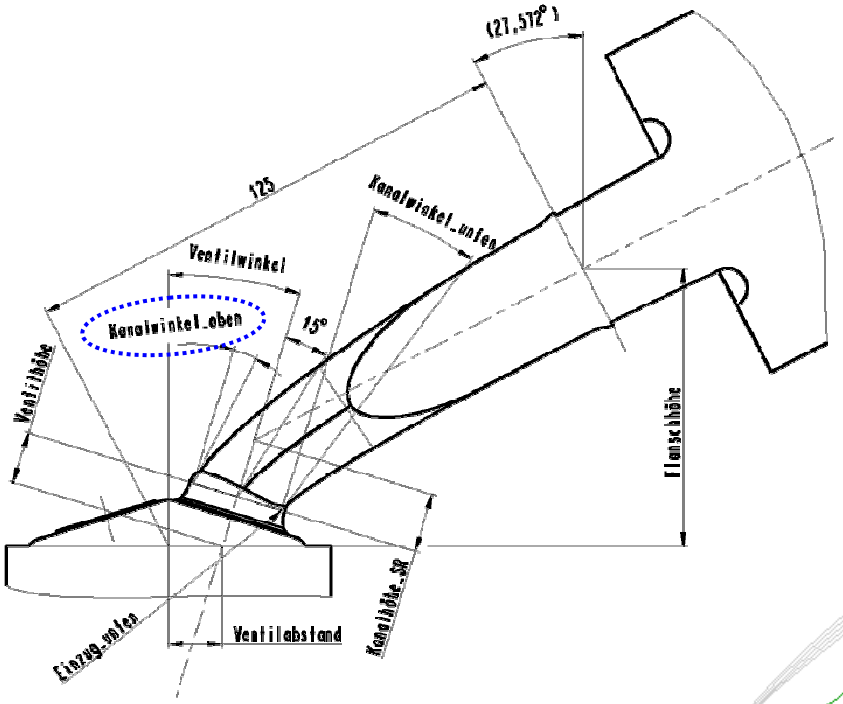


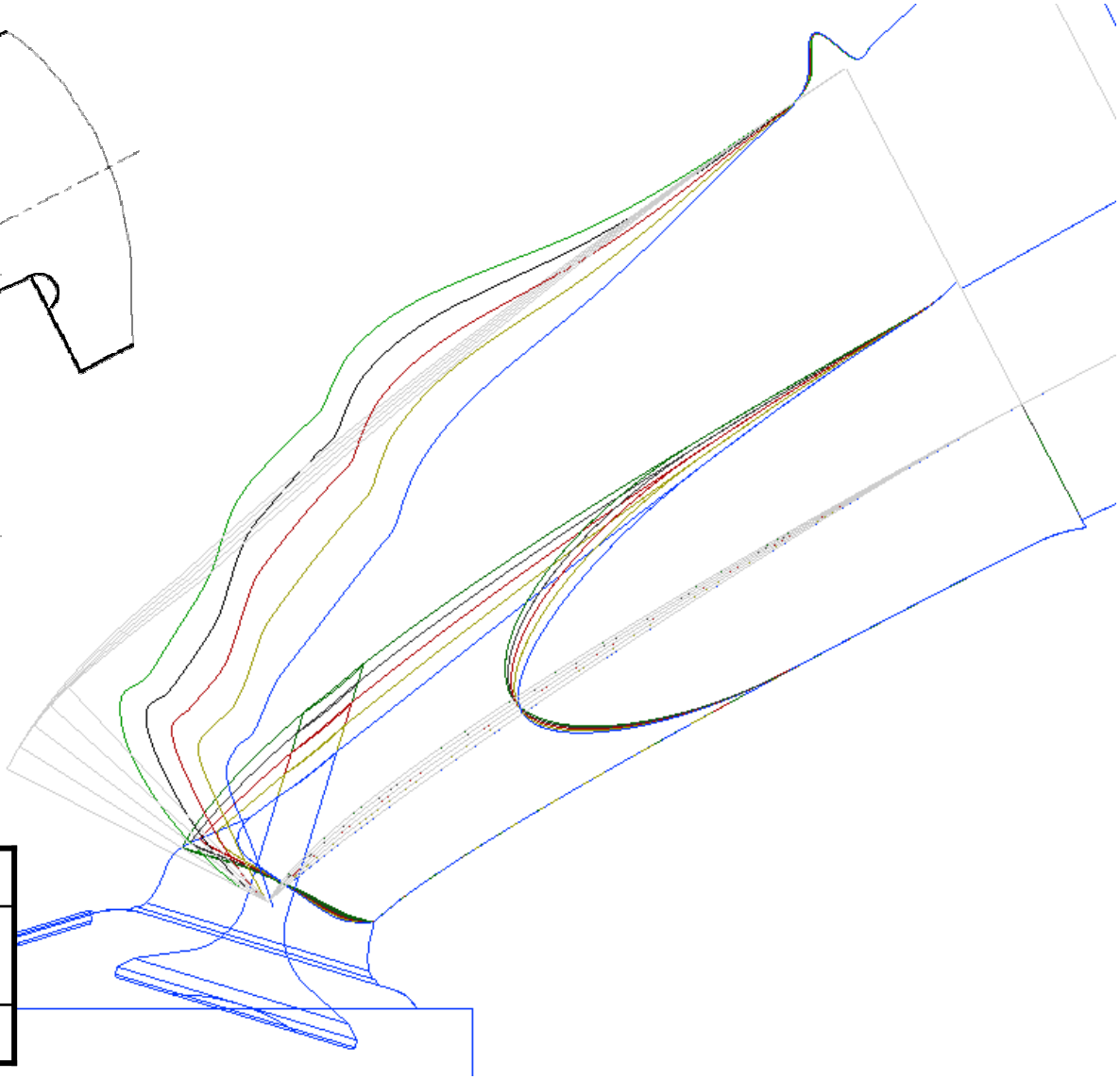


Kanalhöhe, Sitzring [mm]				
untere Grenze		Basis		obere Grenze
10	15	**20**	25	30

Veränderung von Kanalwinkel, oben

Einfluss auf Zwickelkontur und Querschnittsverlauf

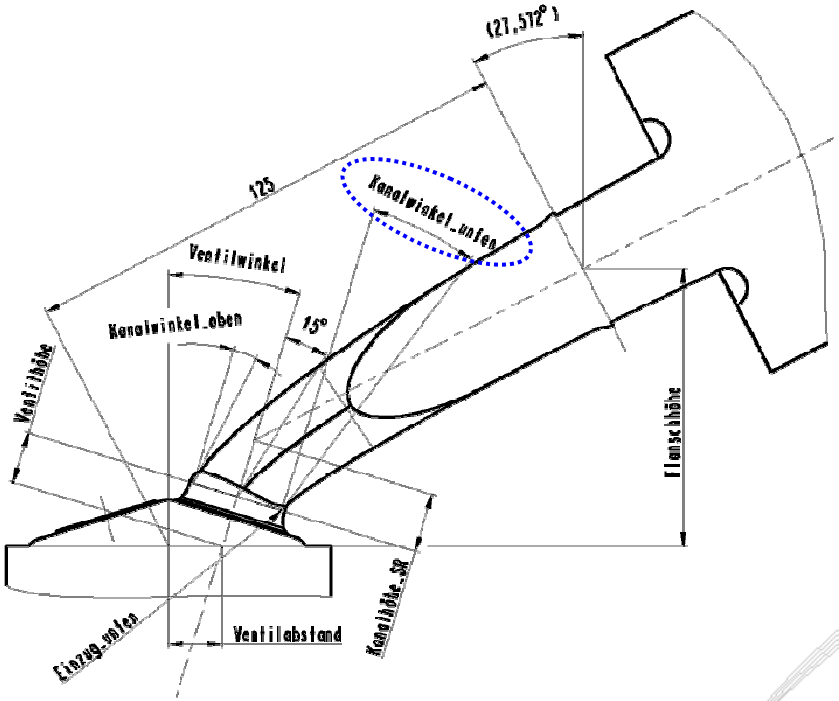


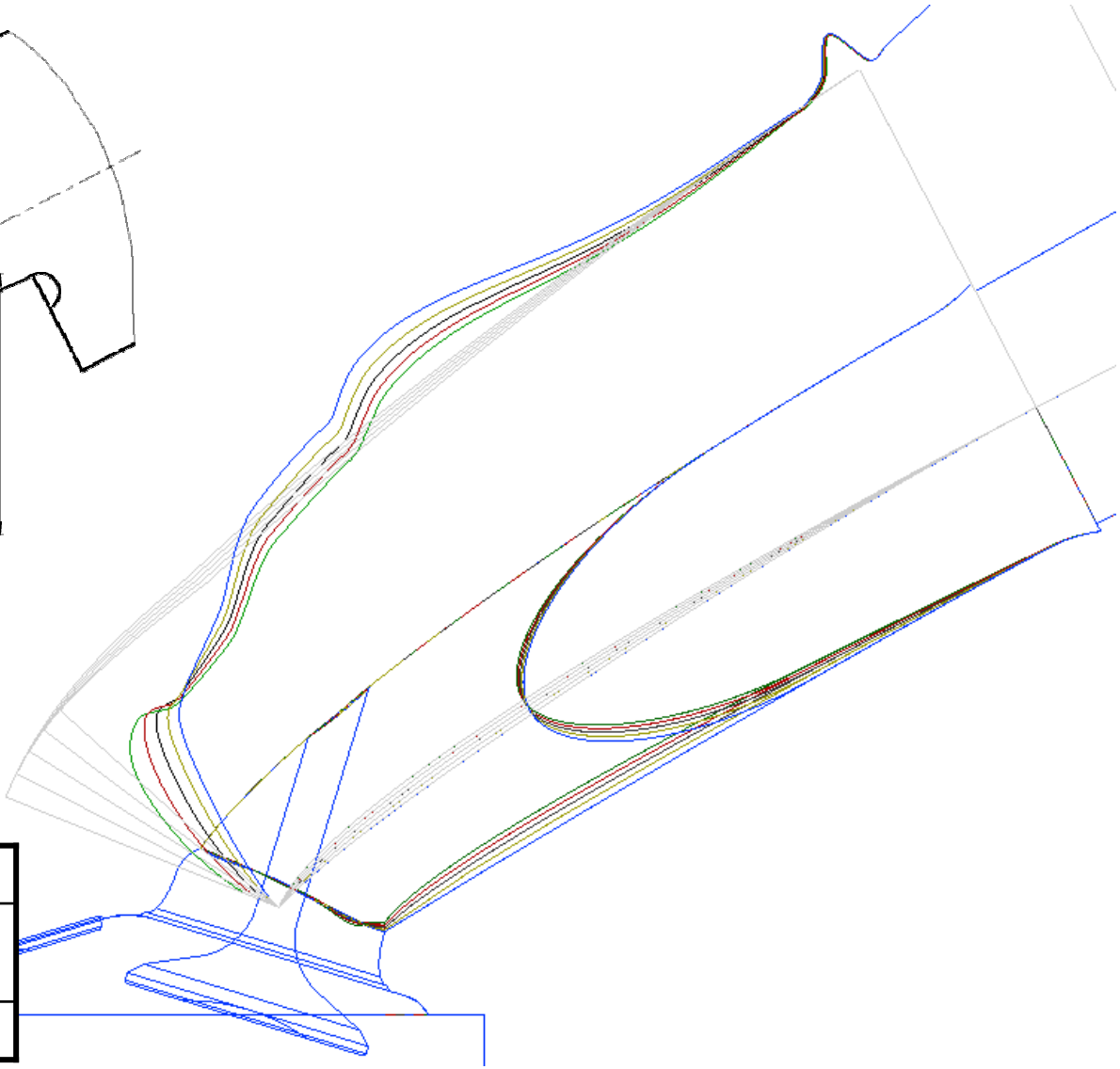


Kanalwinkel, oben [°]				
untere Grenze	Basis			obere Grenze
0	**10**	20	30	40

Veränderung von Kanalwinkel, unten

Einfluss auf Zwickelkontur und Querschnittsverlauf

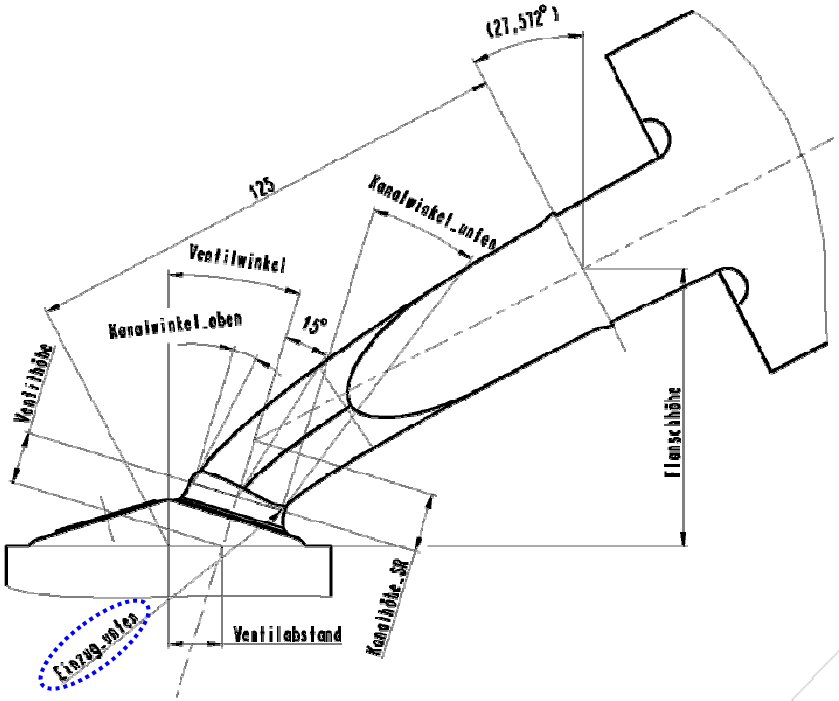


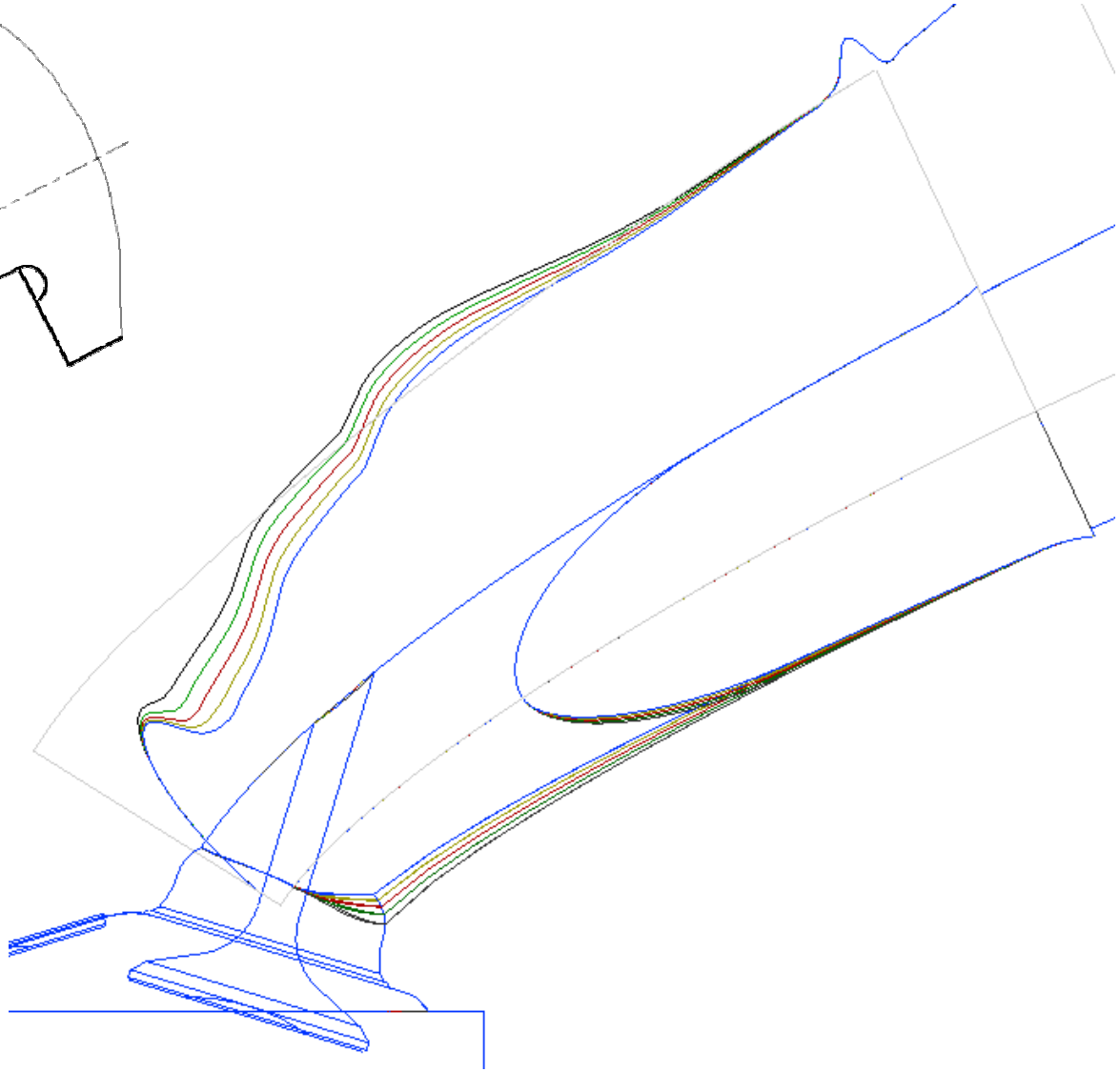


Kanalwinkel, oben [°]				
untere Grenze		Basis		obere Grenze
0	10	**20**	30	40

Veränderung von Einzug, unten

Abrisskante an Kanalunterseite

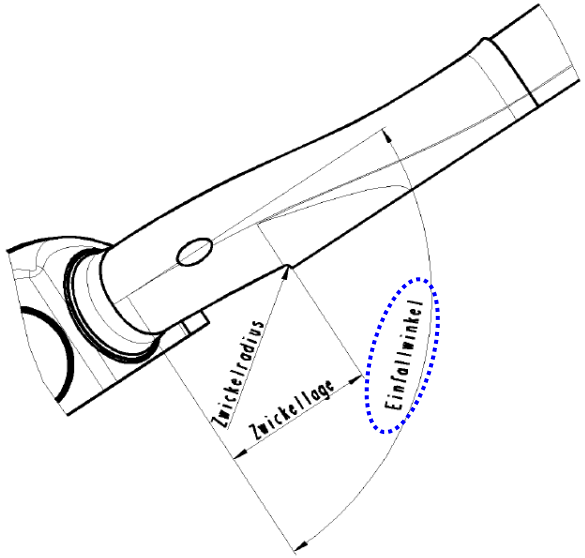




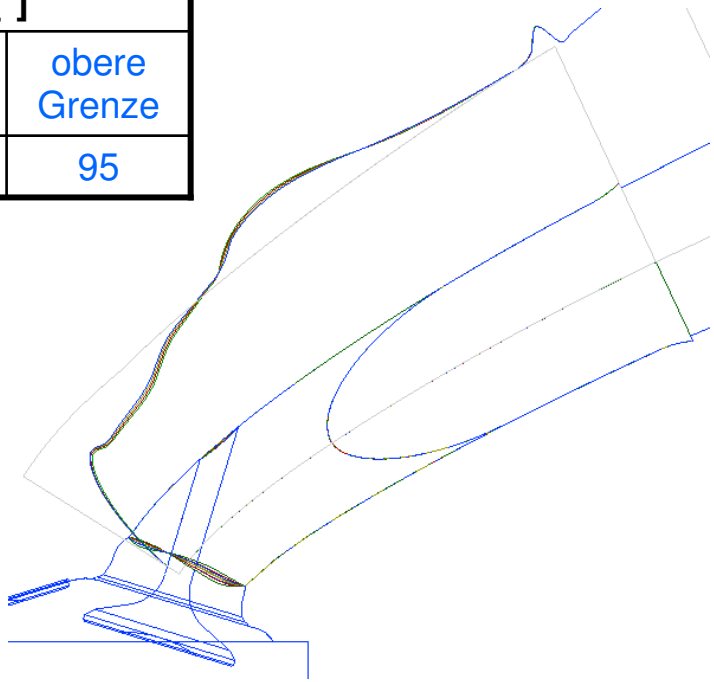
Einzug, unten [mm]				
Basis				obere Grenze
0	1	2	3	4

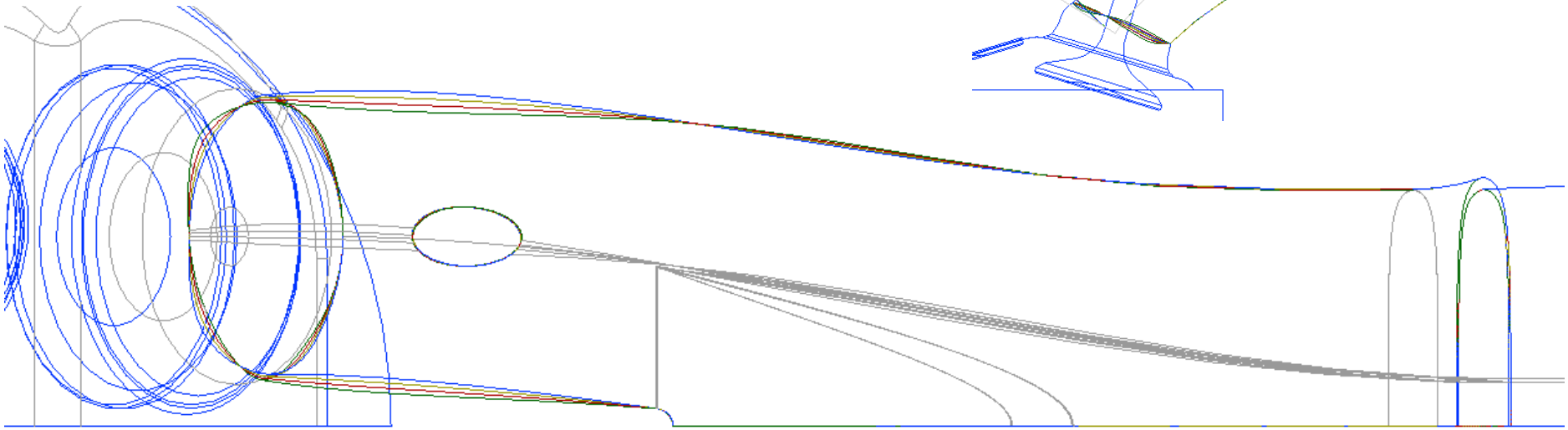
Veränderung des Einfallwinkels

direkte Ventilanströmung



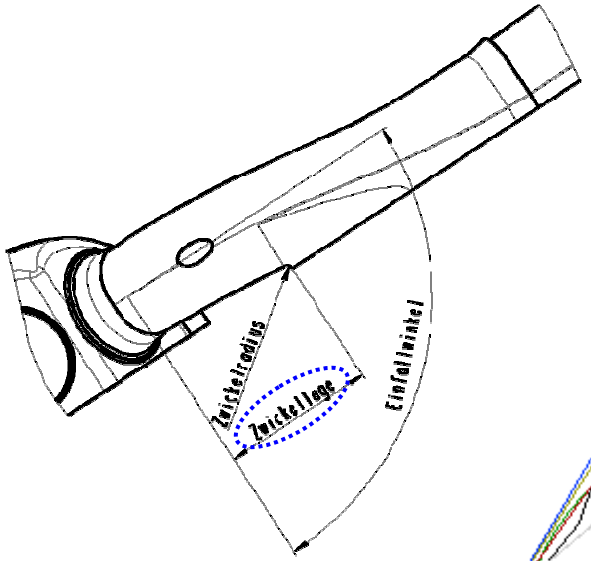
Kanalwinkel, oben [°]				
untere Grenze		Basis		obere Grenze
80	85	**90**	90	95



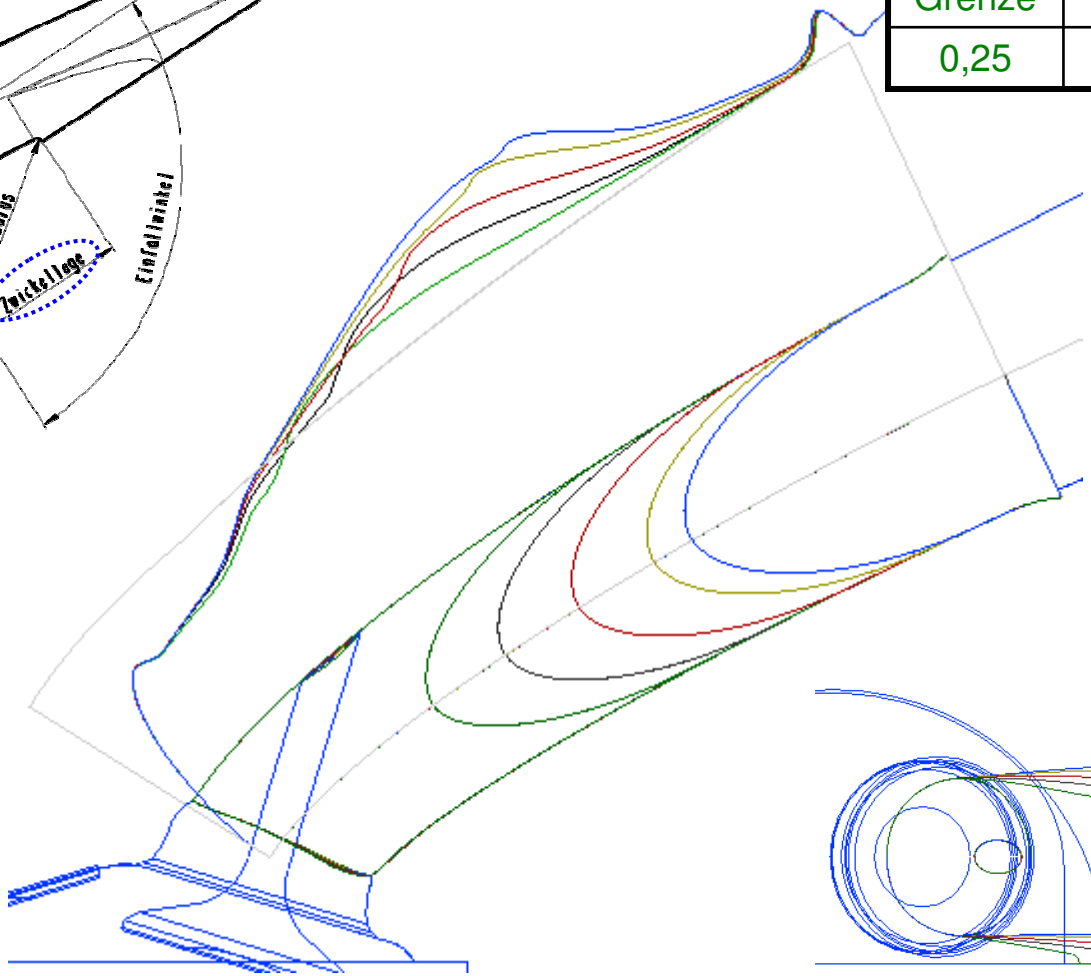


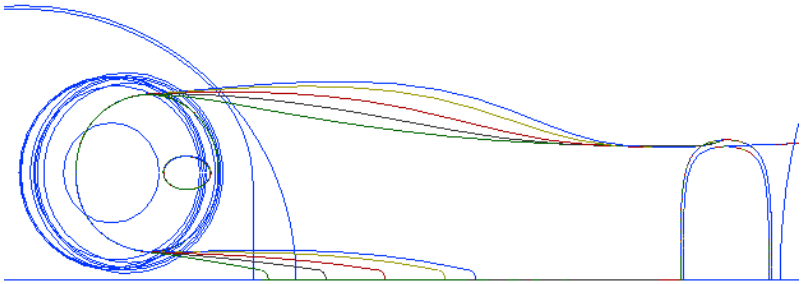
Veränderung der Zwickellage

Verschieben der Kanalaufteilung



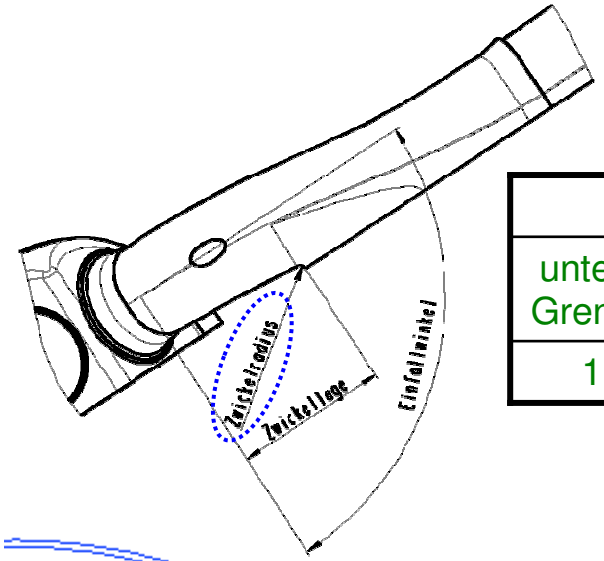
relative Zwickellage [-]				
untere Grenze	Basis			obere Grenze
0,25	**0,35**	0,45	0,55	0,6



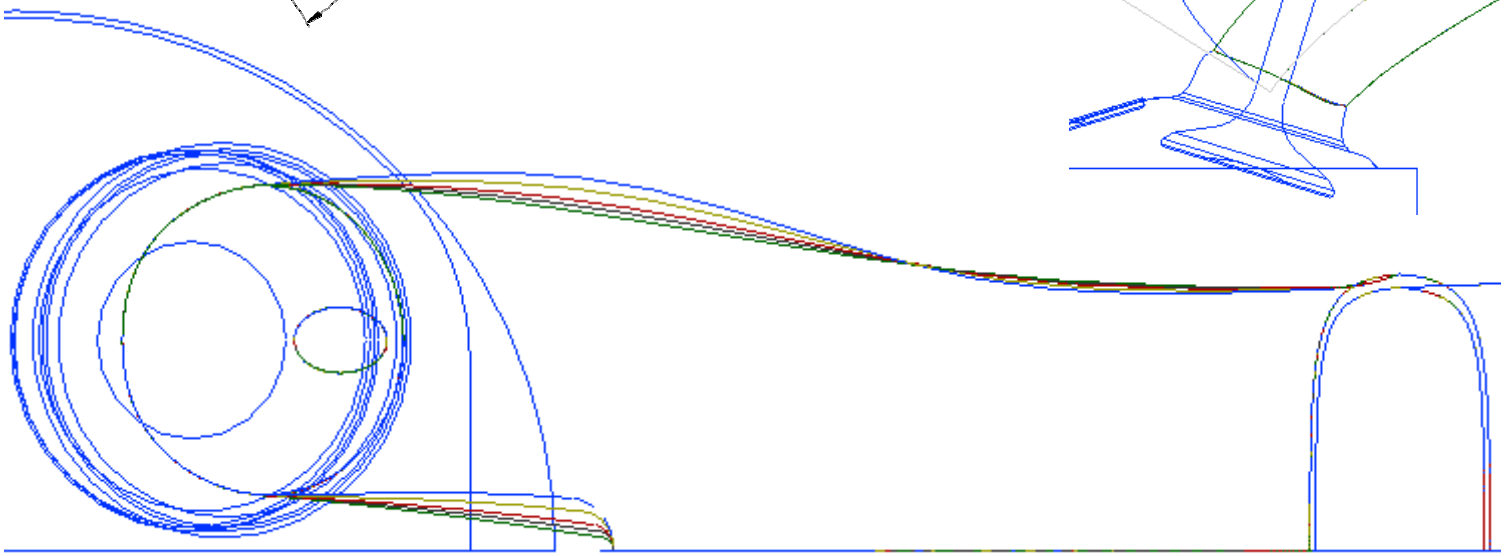


Veränderung des Zwickelradius

direkte Ventilanströmung

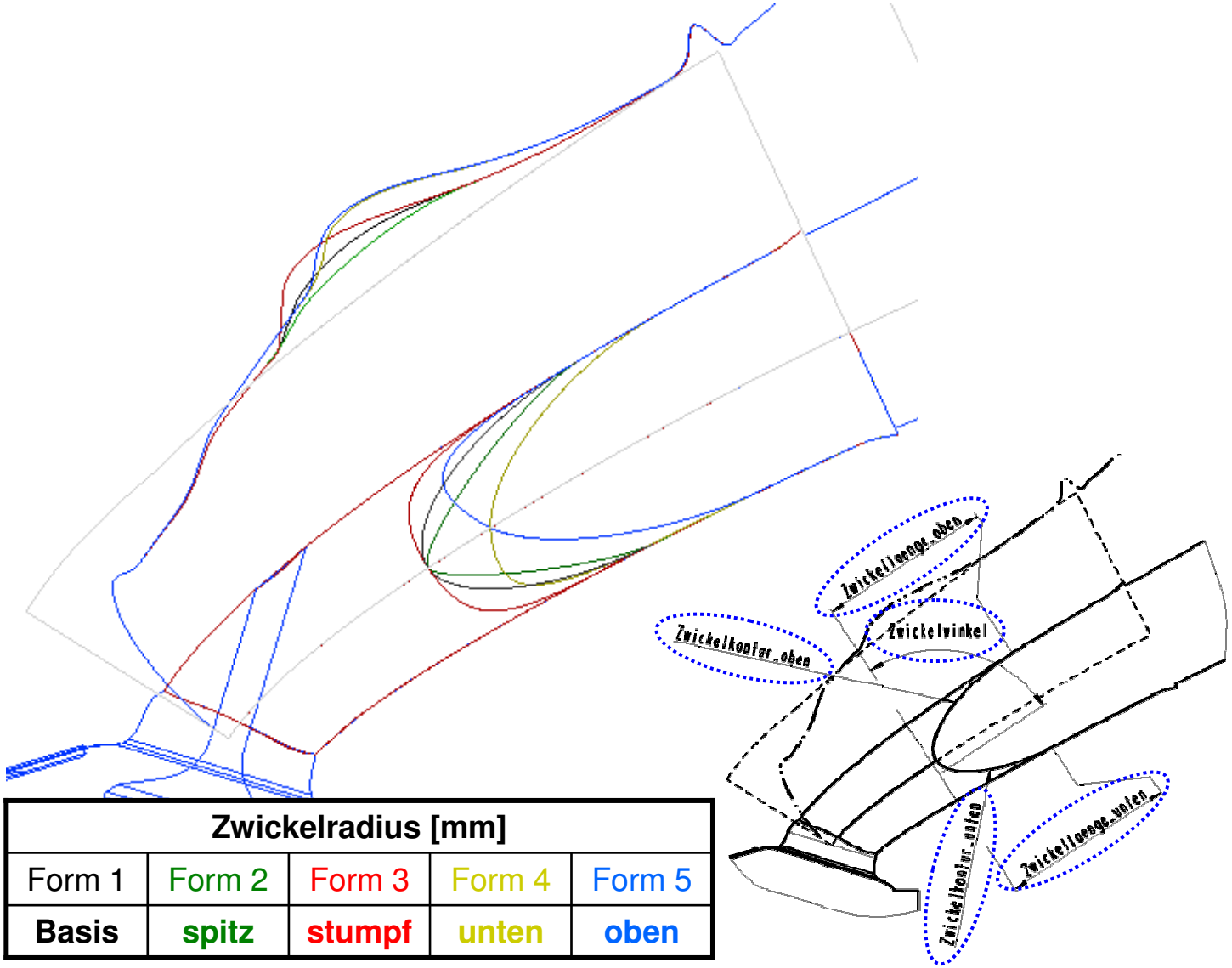


Zwickelradius [mm]				
untere Grenze	Basis			obere Grenze
1	**1,5**	2	3	4



Zwickelformen

Zusammenfassung von Parametern über Beziehungen



Zwickelradius [mm]				
Form 1	Form 2	Form 3	Form 4	Form 5
Basis	**spitz**	**stumpf**	**unten**	**oben**

Beziehungen

```
/* ----- ZWICKELFORM 1 (MITTEL) -----
IF (E_ZWICKEL_FORM == 1)
E_ZWICKEL_WINKEL = 90
E_ZWICKEL_LAENGE_O = 35
E_ZWICKEL_LAENGE_U = 30
E_ZWICKEL_KONTUR_O = 0.4
E_ZWICKEL_KONTUR_U = 0.4
ENDIF
/* ----- ZWICKELFORM 2 (SPITZ) -----
IF (E_ZWICKEL_FORM == 2)
E_ZWICKEL_WINKEL = 90
E_ZWICKEL_LAENGE_O = 35
E_ZWICKEL_LAENGE_U = 30
E_ZWICKEL_KONTUR_O = 0.2
E_ZWICKEL_KONTUR_U = 0.2
ENDIF
/* ----- ZWICKELFORM 3 (STUMPF) -----
IF (E_ZWICKEL_FORM == 3)
E_ZWICKEL_WINKEL = 90
E_ZWICKEL_LAENGE_O = 25
E_ZWICKEL_LAENGE_U = 20
E_ZWICKEL_KONTUR_O = 0.6
E_ZWICKEL_KONTUR_U = 0.6
ENDIF
/* ----- ZWICKELFORM 4 (UNTEN) -----
IF (E_ZWICKEL_FORM == 4)
E_ZWICKEL_WINKEL = 60
E_ZWICKEL_LAENGE_O = 30
E_ZWICKEL_LAENGE_U = 30
E_ZWICKEL_KONTUR_O = 0.4
E_ZWICKEL_KONTUR_U = 0.6
ENDIF
/* ----- ZWICKELFORM 5 (OBEN) -----
IF (E_ZWICKEL_FORM == 5)
E_ZWICKEL_WINKEL = 120
E_ZWICKEL_LAENGE_O = 30
E_ZWICKEL_LAENGE_U = 28
E_ZWICKEL_KONTUR_O = 0.6
E_ZWICKEL_KONTUR_U = 0.4
ENDIF
/* -----
```

Modellsteuerung

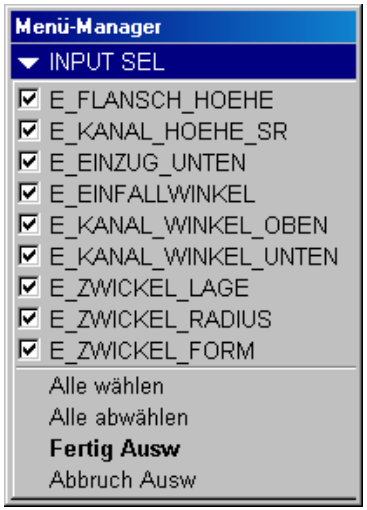
Pro/Program und/oder Familientabelle

```
VERSION 4.0
REVNUM 43136
Listing für generisches Teil IAV_KANALENTWICKLUNG

INPUT
 E_FLANSCH_HOEHE NUMBER
 "Höhe der Kanalmitte am Flansch eingeben"
 E_KANAL_HOEHE_SR NUMBER
 "Stützpunkthöhe der Kanalmitte am Sitzring eingeben"
 E_EINZUG_UNTEN NUMBER
 "Wert für Kanaleinzug Unterseite eingeben"
 E_EINFALLWINKEL NUMBER
 "Wert für Einfallwinkel eingeben"
 E_KANAL_WINKEL_OBEN NUMBER
 "Kanalwinkel, oben eingeben"
 E_KANAL_WINKEL_UNTEN NUMBER
 "Kanalwinkel, unten eingeben"
 E_ZWICKEL_LAGE NUMBER
 "relative Zwickellage eingeben"
 E_ZWICKEL_RADIUS NUMBER
 "Wert für Zwickelradius eingeben"
 E_ZWICKEL_FORM NUMBER
 "Nummer der Zwickelform 1,2,3,4,5 eingeben"
END INPUT
```

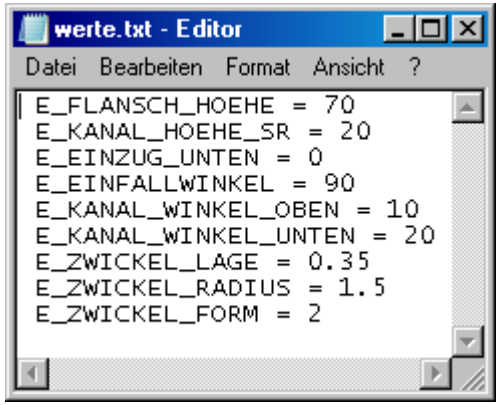
Auszug aus Pro/Program

oder manuelle Eingabe:



Wertquelle für Pro/PROGRAM Eingaben in das Modell IAV_KANALENTWICKLUNG wählen
Eingaben zur Angabe neuer Werte wählen.
Höhe der Kanalmitte am Flansch eingeben [70.0000]

Eingabe über Wertedatei aus aktuellem Verzeichnis:



	E_KANAL...	E_KANAL...	E_EINZUG...	E_EINFAL...	E_ZWICKE...	E_ZWICKE...	E_ZWICKE...	E_QS_LA...	E_QS_WI...
-KANAL_238	38.049700	37.875240	2.890330	92.150014	0.494615	1.898180	4.0	0.576839	99.769530
-KANAL_239	22.867047	43.897519	1.186160	89.254372	0.471509	3.615082	3.0	0.501436	111.934020
-KANAL_240	31.354053	43.759196	2.612895	95.942290	0.444747	3.762229	2.0	0.625529	134.959835
-KANAL_241	21.703979	38.904361	1.317289	93.441733	0.223964	2.089448	4.0	0.687979	96.299486
-KANAL_242	39.936050	39.965798	1.285108	93.491058	0.342495	1.260316	3.0	0.368541	51.703440
-KANAL_243	30.192943	44.064530	1.402690	93.191359	0.454249	3.388240	2.0	0.406241	96.621663
-KANAL_244	34.992356	26.699117	3.163856	90.505754	0.477259	3.026779	2.0	0.829160	133.301437
-KANAL_245	34.499355	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-KANAL_246	26.865934	28.508899	2.709285	99.578919	0.314667	3.283966	3.0	0.380444	65.552876
-KANAL_247	23.685536	34.741845	1.419312	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.481496	90.806025
-KANAL_248	32.844654	31.209312	2.257892	86.319290	0.367756	2.923023	2.0	0.341748	82.241060
-KANAL_249	38.444154	39.909875	2.876651	97.525705	0.325401	1.417201	2.0	0.877660	95.354279

Kanalvarianten zur besseren Kontrolle in einer Familientabelle

Kanalentwicklungsprozess

Schritt 2

Erstellung eines robusten vollparametrischen Kanalmodells (bis zu 10 variable, ansteuerbare Parameter → Diese werden inkl. des zu betrachtenden Wertebereich, für den zu betrachtenden Anwendungsfall, vor Projektstart definiert / abgestimmt. → Beachtung der Bauraum- und Schnittstellenrestriktionen)

CFD-Strömungssimulation zur Stützstellenermittlung für DOE-Modell (Rechenläufe mit automatisierter Ansteuerung des CAD-Modells zur Generierung von Geometrievarianten, Anzahl der Rechenläufe abhängig von Anzahl der Geometrie-Parameter, z.B. 320 CFD-Rechnungen bei 10 variablen Geometrie-Parametern)

Erstellung mathematisches Ersatzmodell (Anzahl der DOE-Terme abhängig von Anzahl der Geometrie-Parameter z.B. 286 DOE-Terme bei 10 variablen Geometrie-Parametern)

Ermittlung Paretokurve

Auswahl Zielkonfiguration / Zielkonfigurationen des Kanals hinsichtlich Durchfluß / Tumble mittels Ersatzmodell (Geometrieparamter zur Zielerreichung ablesbar)

Anfertigung Flow-Box und Ergebnisvalidierung mittels **DGV-Strömungsversuch**

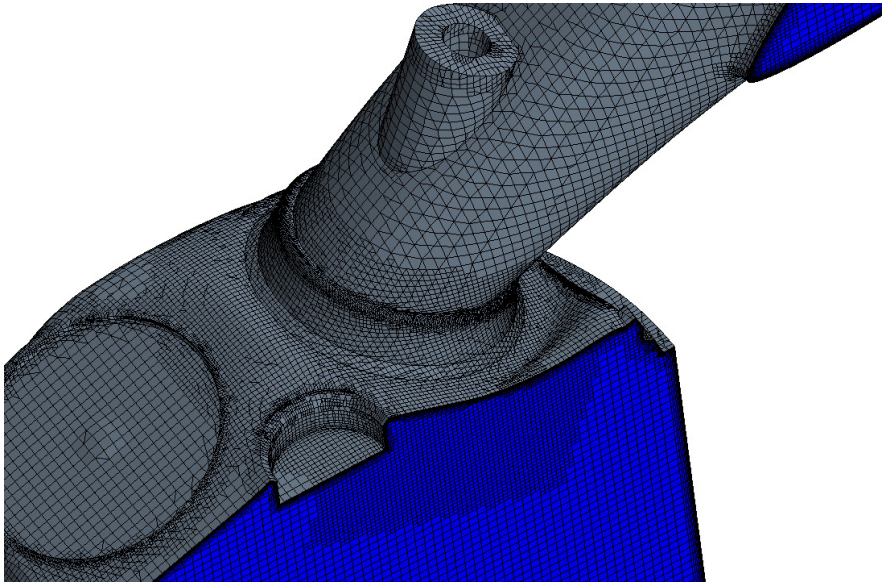
Motorversuch

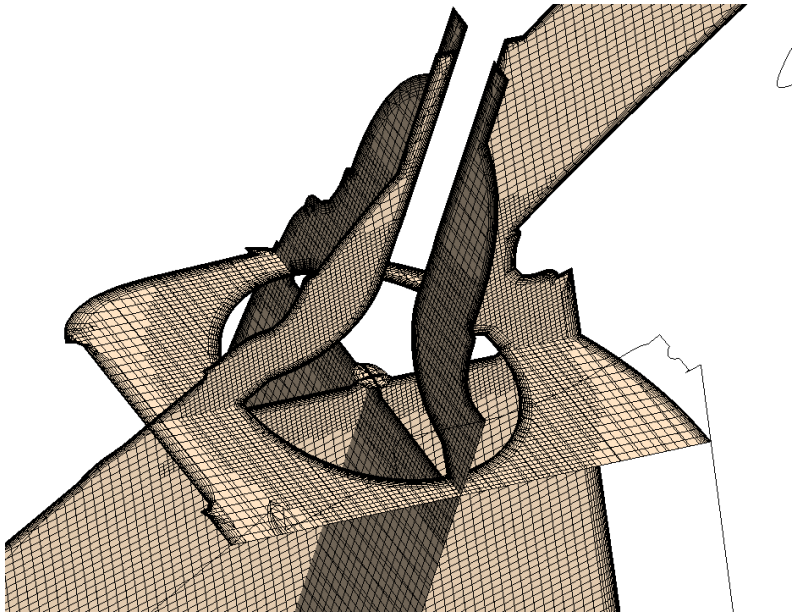
Berechnungsmodell

Ablauf automatische Modellgenerierung

Volumenvernetzung in StarCCM+:

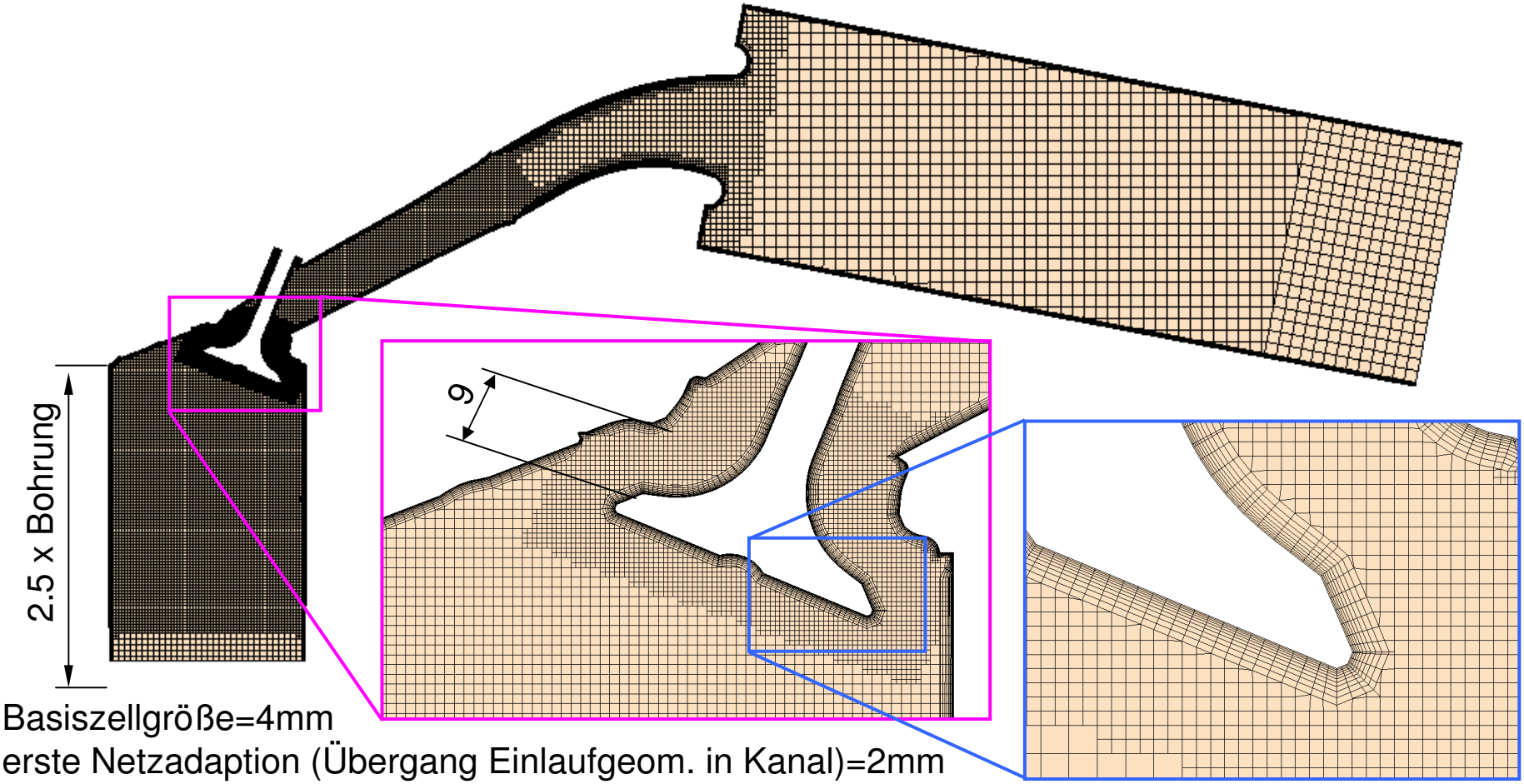
- Import des NASTRAN-Oberflächennetzes in eine bestehende StarCCM+ Template-Datei
- Netzparameter und Zuordnung der Randbedingungen sind bereits in Template enthalten
- Steuerung der StarCCM+ - Vernetzung über Java- Macro
- Export des Volumennetzes als CCM-Format





Berechnungsmodell

Exemplarisches Ausgangsnetz für α_K – Zahl und Tumble- Bestimmung



- Basiszellgröße=4mm
- erste Netzadaption (Übergang Einlaufgeom. in Kanal)=2mm
- zweite Netzadaption (Kanal+Zyl)=1mm
- dritte Netzadaption (Ventilspalt)=0.5mm
- 10 Randschichten, Randschichthöhe über Wand=1.2mm
  ca. 1.3-1.5 Mio Zellen

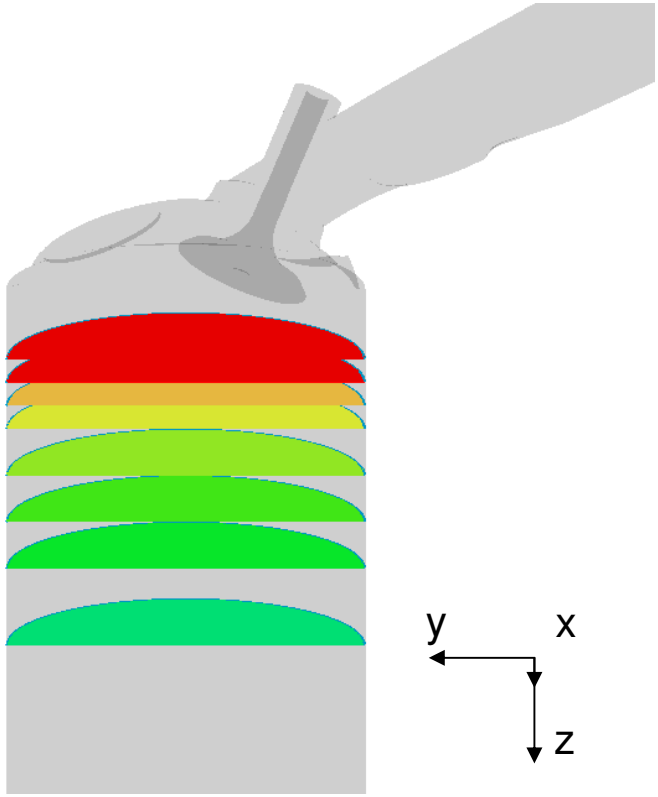
Berechnungsmodell

Auswertung von α_K und Tumble

Durchflussbeiwert:

$$\alpha_K = \frac{\dot{m}_{real}}{\dot{m}_{theor}} = \frac{\dot{m}_{real}}{A_K \; p_{Umg} \sqrt{\frac{2}{RT}} \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa - 1}\left[\left[\frac{p_{Syst}}{p_{Umg}}\right]^{\frac{2}{\kappa}} - \left[\frac{p_{Syst}}{p_{Umg}}\right]^{\frac{\kappa+1}{\kappa}}\right]}}$$

- in Anlehnung an DGV Messung Auswertung der Tumblezahl auf Schnittebenenen
- Volumentumblezahl ergibt sich aus Summe der Einzeltumblezahlen normiert auf Anzahl der Schnittebenen



Volumentumblezahl:

$$T_{Vol} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{u,i}}{n} \quad \text{mit} \quad T_u = \frac{r_{zyl}\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}{\rho \dot{V}^2}$$

$p_{Umg/Syst}$ – Umgebungs- /Systemdruck
n – Anzahl Schnittebenen
r_{zyl} – Zylinderradius
$M_{x,y}$ – Moment um x,y – Achse
$m_{real/theo}$ – theo./tats. ermittelter Massenstrom
A_K – Kolbenfläche

Kanalentwicklungsprozess

Schritt 3

Erstellung eines robusten vollparametrischen Kanalmodells (bis zu 10 variable, ansteuerbare Parameter → Diese werden inkl. des zu betrachtenden Wertebereich, für den zu betrachtenden Anwendungsfall, vor Projektstart definiert / abgestimmt. → Beachtung der Bauraum- und Schnittstellenrestriktionen)

CFD-Strömungssimulation zur Stützstellenermittlung für DOE-Modell (Rechenläufe mit automatisierter Ansteuerung des CAD-Modells zur Generierung von Geometrievarianten, Anzahl der Rechenläufe abhängig von Anzahl der Geometrie-Parameter, z.B. 320 CFD-Rechnungen bei 10 variablen Geometrie-Parametern)

Erstellung mathematisches Ersatzmodell (Anzahl der DOE-Terme abhängig von Anzahl der Geometrie-Parameter z.B. 286 DOE-Terme bei 10 variablen Geometrie-Parametern)

Ermittlung Paretokurve

Auswahl Zielkonfiguration / Zielkonfigurationen des Kanals hinsichtlich Durchfluß / Tumble mittels Ersatzmodell (Geometrieparamter zur Zielerreichung ablesbar)

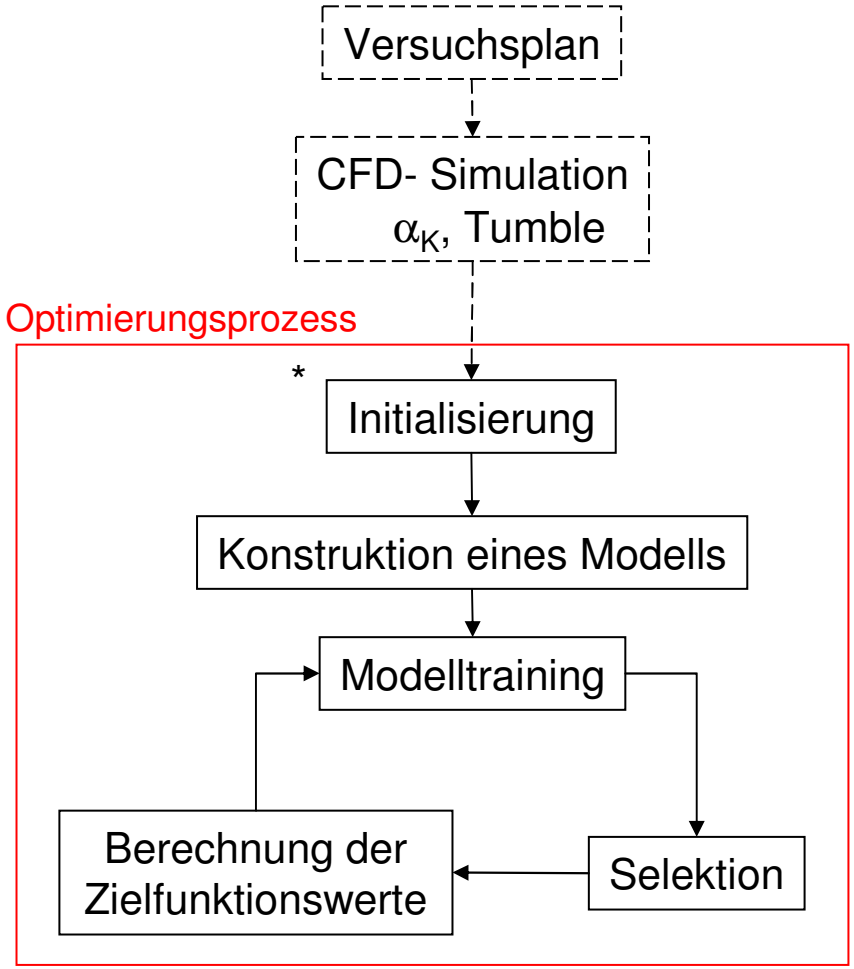
Anfertigung Flow-Box und Ergebnisvalidierung mittels **DGV-Strömungsversuch**

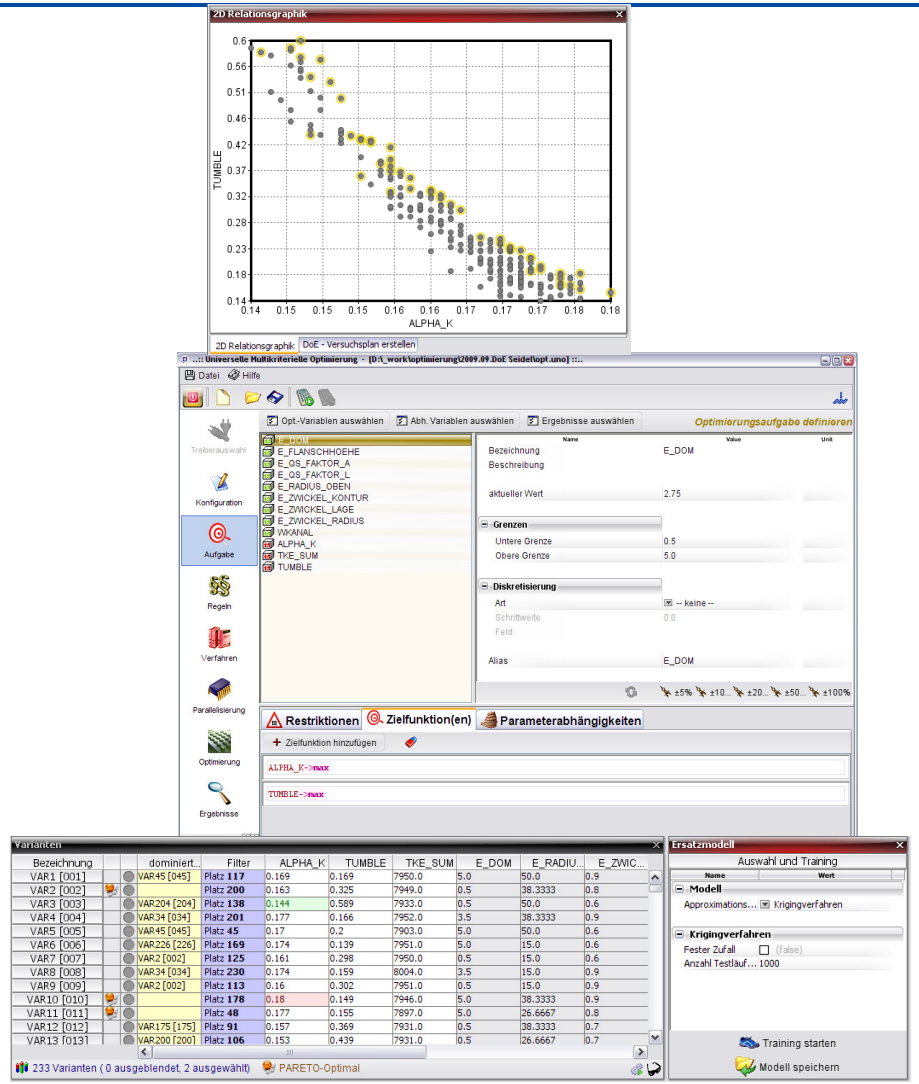
Motorversuch

mathematisches Ersatzmodell

Übersicht

Ersatzmodellgestützte Algorithmen



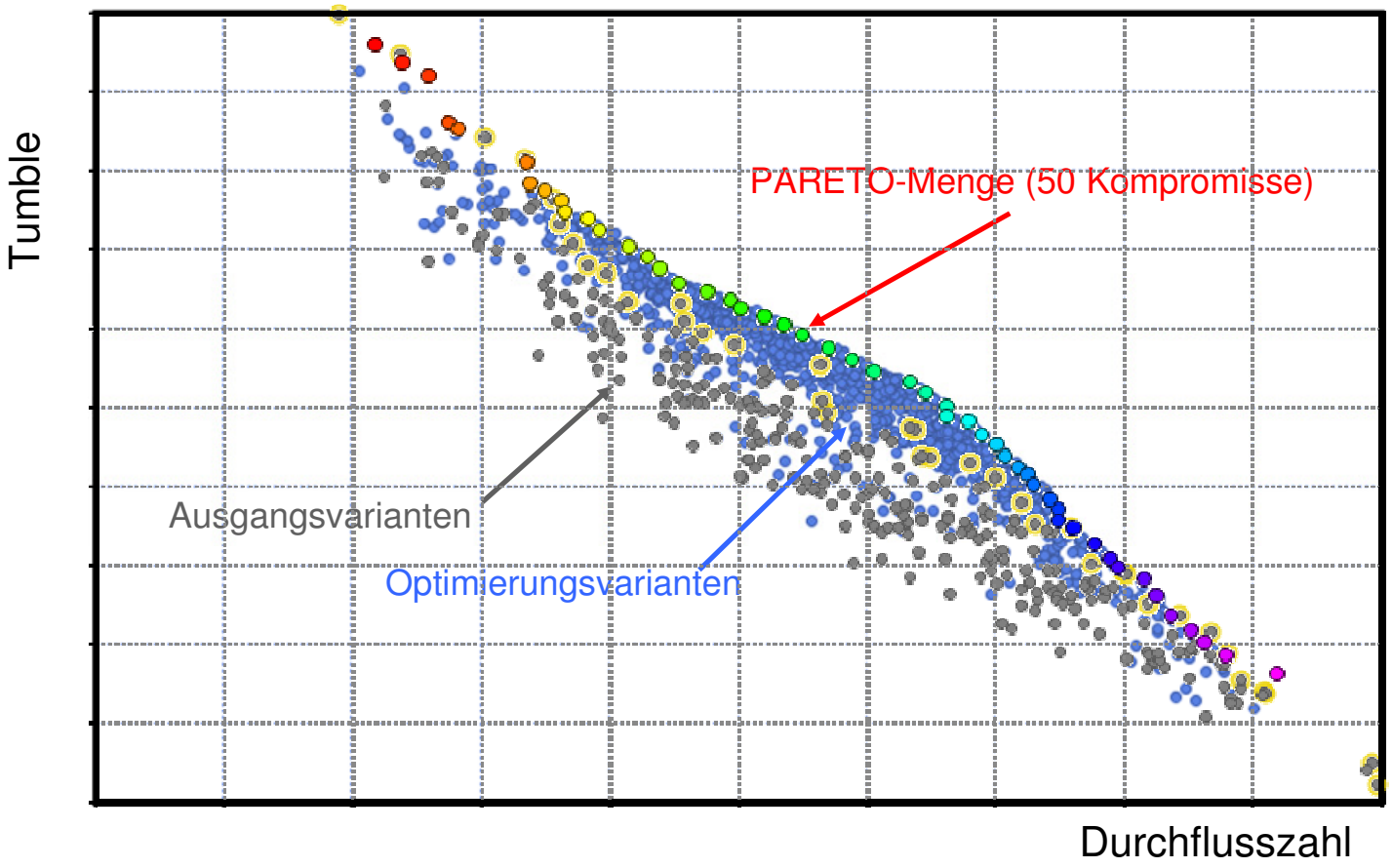


*Kux, Steffen; Parsche, Uwe: „Effektive Optimierungverfahren im Auslegungsprozess für Kettentriebe“, MTZ 01/2009 S.58ff

Optimierung mit mathematischem Ersatzmodell

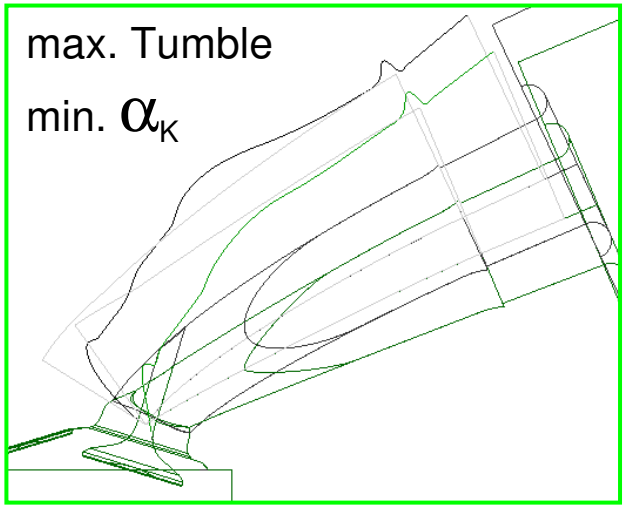
Ergebnisse

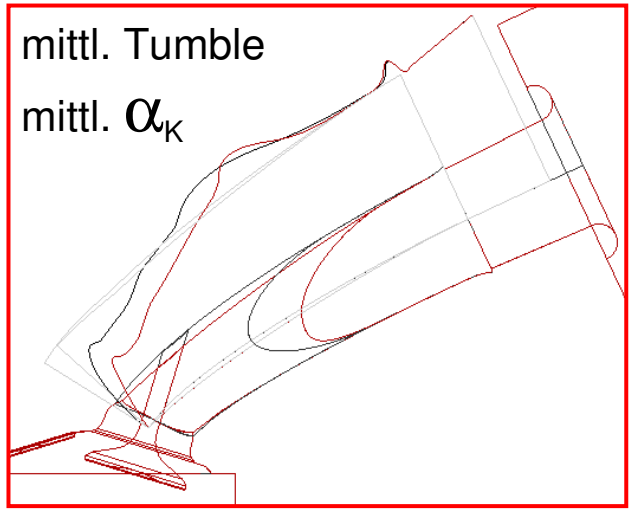
- deutliche Ausbildung der Paretofront
- CFD- Varianten des Versuchsplanes befinden sich bereits sehr nahe an Paretofront
  Parameterbereich für Optimierer hinreichend gut gewählt

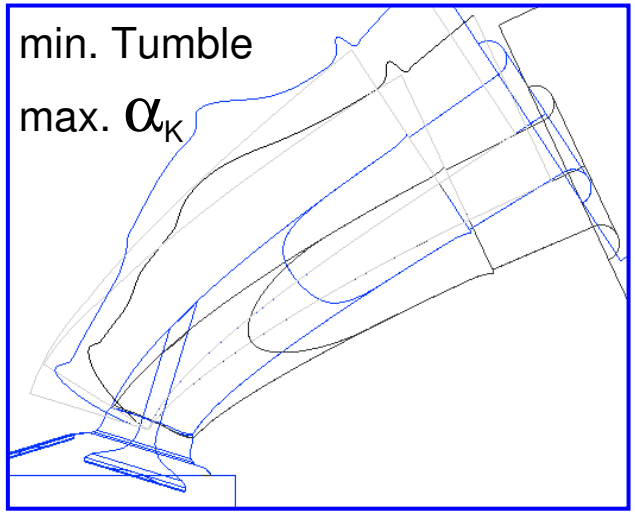


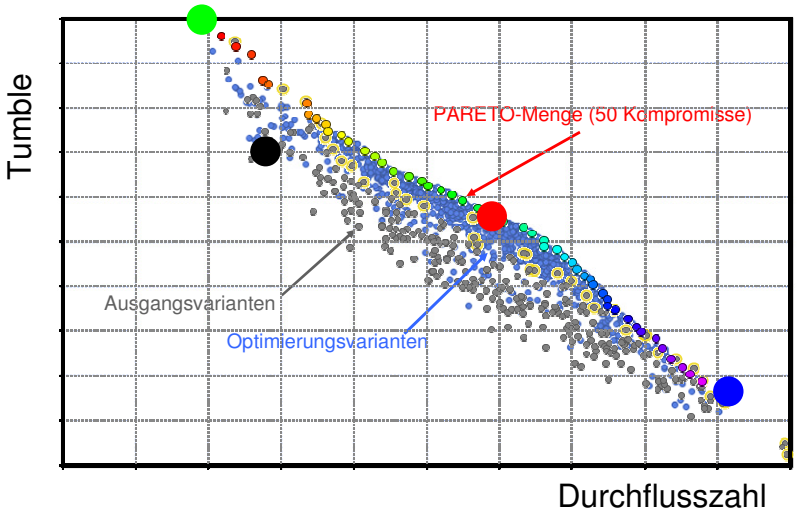
Geometrieänderungen an der Paretofront

Basis **opti_001** **opti_025** **opti_050**









Auswahl der Flowboxvarianten

Variante	Flansch-höhe	Kanalhöhe Sitzring	Einzug, unten	Einfall-winkel	Kanalwinkel, oben	Kanalwinkel, unten	relative Zwickellage	Zwickel-radius	Zwickelform
Basis	70	20	0	90	10	20	0,35	1,5	1
opti_001	60	10	3	85	35	40	0,3	2	2
opti_025	70	20	1	90	25	25	0,5	3	4
opti_050	80	20	0	92	0	0	0,55	2	3

Kanalentwicklungsprozess

Schritt 4

Erstellung eines robusten vollparametrischen Kanalmodells (bis zu 10 variable, ansteuerbare Parameter → Diese werden inkl. des zu betrachtenden Wertebereich, für den zu betrachtenden Anwendungsfall, vor Projektstart definiert / abgestimmt. → Beachtung der Bauraum- und Schnittstellenrestriktionen)

CFD-Strömungssimulation zur Stützstellenermittlung für DOE-Modell (Rechenläufe mit automatisierter Ansteuerung des CAD-Modells zur Generierung von Geometrievarianten, Anzahl der Rechenläufe abhängig von Anzahl der Geometrie-Parameter, z.B. 320 CFD-Rechnungen bei 10 variablen Geometrie-Parametern)

Erstellung mathematisches Ersatzmodell (Anzahl der DOE-Terme abhängig von Anzahl der Geometrie-Parameter z.B. 286 DOE-Terme bei 10 variablen Geometrie-Parametern)

Ermittlung Paretokurve

Auswahl Zielkonfiguration / Zielkonfigurationen des Kanals hinsichtlich Durchfluß / Tumble mittels Ersatzmodell (Geometrieparamter zur Zielerreichung ablesbar)

Anfertigung Flow-Box und Ergebnisvalidierung mittels **DGV-Strömungsversuch**

Motorversuch

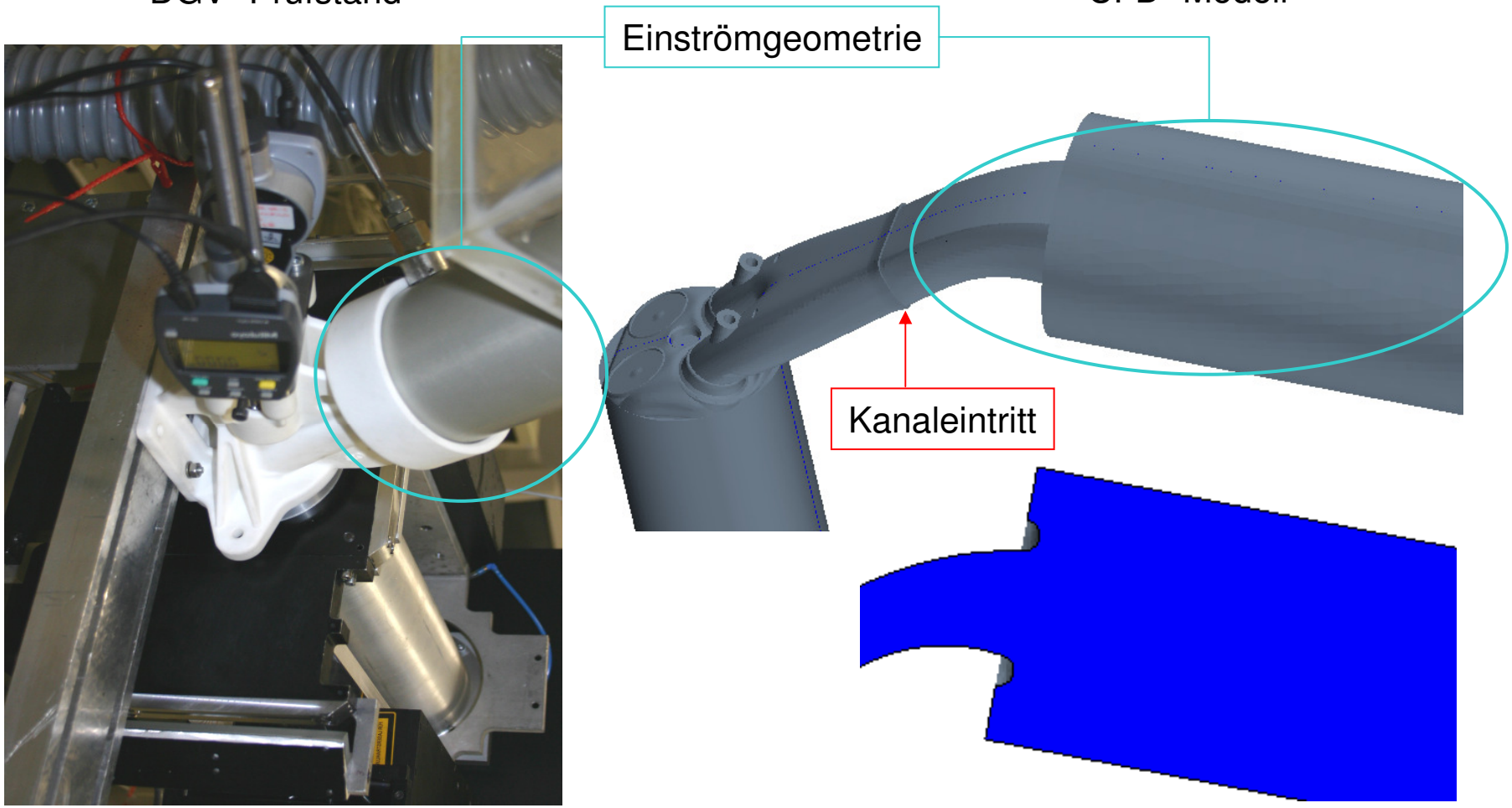
Strömungsversuche

DGV Prüfstand

Modellierung der Strömungseinlaufgeometrie für bessere Validierung mit DGV und realistischere Strömungsbedingung am Kanaleintritt

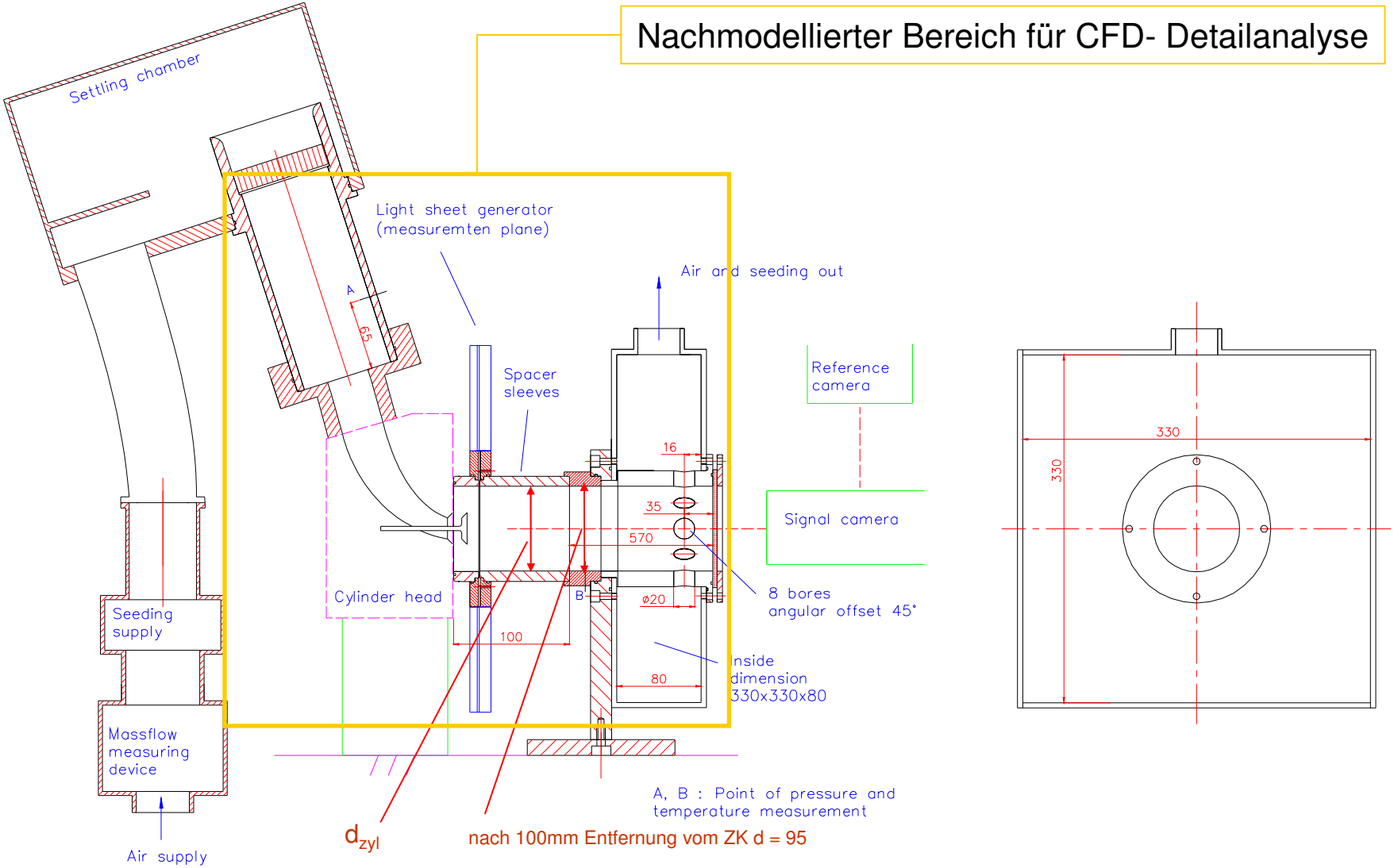
DGV- Prüfstand

CFD- Modell



Prüfstandsaufbau

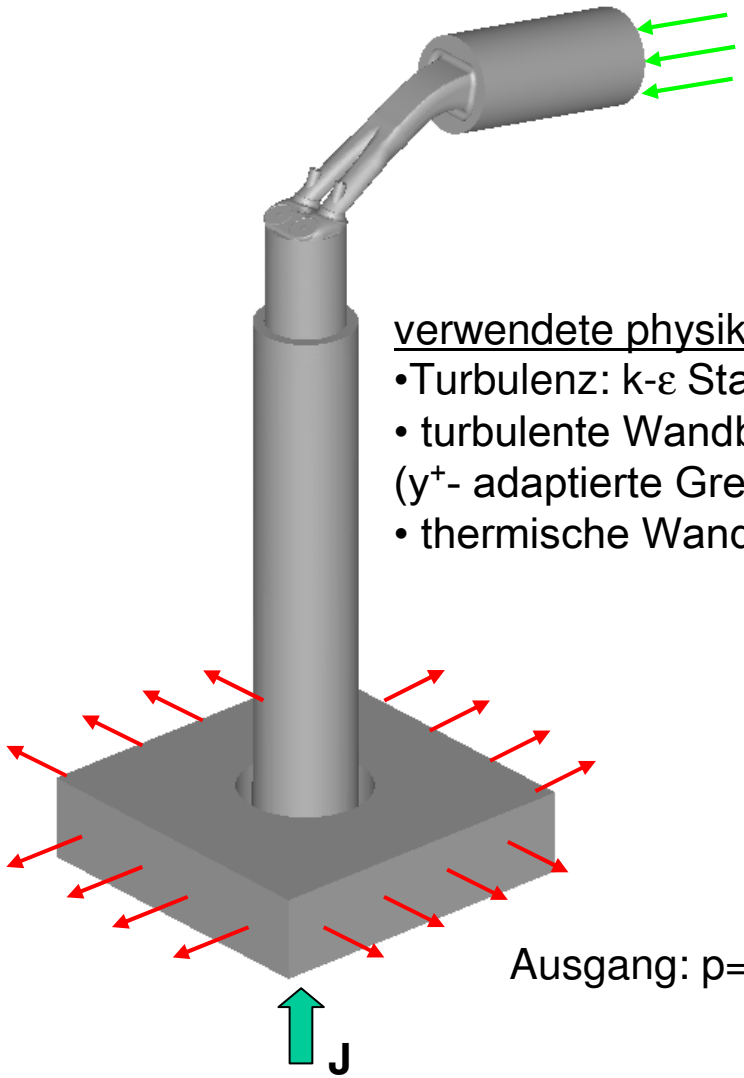
DGV-Messungen



Abgleich des Berechnungsmodelles mit dem Prüfstand

Modellierung Prüfstandsnaher Aufbau

Modell / Randbedingung



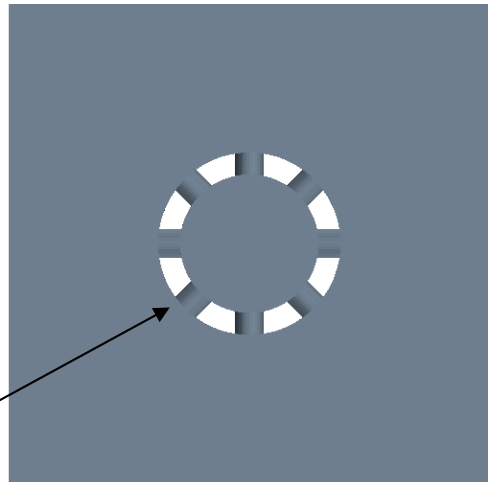
Eingang: p= 0mbar

<u>verwendete physikalische Modelle:</u>

- Turbulenz: k-ε Standard, Low-Reynolds
- turbulente Wandbehandlung: Hybrid-Modell (y^+- adaptierte Grenzschichtberechnung)
- thermische Wandbehandlung: adiabat

Ausgang: p= -50mbar

Ansicht J



Überströmbohrungen

Vielen Dank

Dipl.-Ing. Wolfgang Berg

IAV GmbH
Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr

Kauffahrtei 25, 09120 Chemnitz
Telefon: +49 371 2373-4263

wolfgang.berg@iav.de