



Maßliche Erstbemusterung auf der Basis von 3D-CAD-Daten

Definition von Punkten oder Flächen im Raum

INHALT 1. Allgemeines **S.1** | 2. CAD-Daten **S.3** | 3. Vereinfachte Rohteilzeichnung **S.4**
4. Toleranzen **S.6** | 5. Messverfahren **S.8** | 6. Auswertung und Darstellung **S.10** | 7. Literatur **S.14**

1 Allgemeines

In der Zusammenarbeit zwischen Gießerei und Abnehmer werden die Informationen zur Geometrie zunehmend über 3D-CAD-Daten ausgetauscht. Die maßliche Bemusterung von Bauteilen auf Basis dieser 3D-Dateien erfolgt über einen Soll-Ist-Vergleich, der über die Definition von Punkten oder Flächen im Raum stattfindet. Die maßliche Bemusterung eines Rohgussteiles erfordert eine abgestimmte Methode, bei der die gießereitechnischen Belange, wie z. B. Rohgusstoleranzen, Formschrägen, Bearbeitungszusätze usw., berücksichtigt werden. Dieses Merkblatt ist ein Leitfaden für eine effiziente Vorgehensweise bei der maßlichen Bemusterung von Gussteilen über 3D-CAD-Daten.

Die Vorteile eines zwischen Gießerei und Abnehmer abgestimmten Rohteil-Datensatzes sind:

- > Exakte Festlegung der Bestellgrundlage in Verbindung mit einer vereinfachten Rohteilzeichnung, welche alle notwendigen Normen und besonderen Merkmale enthält.
- > Verkürzung der Bestellzeiträume bis zum Vorliegen der vollständigen Erstmuster.
- > Verringerung des Aufwands für die Rohteilzeichnung.
- > Verwendung von Offline-Programmierung für taktile Messmaschinen, d. h. Messprogramme werden vor Erstellung der Erstmuster unter Verwendung der CAD-Datensätze vom Rohteil erstellt und nicht wie bisher durch Teach-In-Programmierung.
- > Sofortiger Soll-Ist-Vergleich des erzeugten Gussteils mit der Sollgeometrie des vereinbarten Rohteildatensatzes nach dem ersten Abguss.
- > Geschlossene Prozesskette durch Verwendung des gleichen Datensatzes für die Bauteiluntersuchungen durch den Kunden (Festigkeit, Lebensdauer, Kollision, Funktion) und den Lieferanten (Prozess-Simulation), für die Konstruktion der Modellwerkzeuge und die geometrische Überprüfung der Gusserzeugnisse.

Vom Arbeitskreis CAD-Daten im Fachausschuss „Konstruieren in Guss“ erstellt



- > Es erfolgt eine exakte Festlegung aller Formschrägen, so dass damit sämtliche Wandstärken definiert werden.
- > Einbeziehung der vollständig beschriebenen Rohteilgeometrie in numerische Festigkeits- und Lebensdaueruntersuchungen.
- > Möglichkeit der Kollisionsbetrachtung (Bearbeitung, Montage, Funktion) durch Integration des Rohteildatensatzes in die virtuelle(n) CAD-Baugruppe(n).
- > Die Erstaufspannung zur Bearbeitung ist rechtzeitig festgelegt und geometrisch überprüft, wodurch es möglich wird, Vorrichtungen zur Rohteilprüfung und für die Fertigbearbeitung parallel zu erstellen.
- > Korrekturschleifen bezogen auf den Prozess zur Anpassung der Geometrie nach dem Rohteilabguss können vermieden werden.
- > Die gießereispezifischen Änderungen der Geometrie (Hohlkehlen, Entformhilfen) werden mit dem Datensatz definiert.
- > Ggf. können mit einem abgestimmten Modellkonzept die Bearbeitungszugabe minimiert bzw. einige Flächen unbearbeitet verwendet werden.
- > Anschnitte, Speiseransatzflächen und Kennzeichnungen befinden sich nicht an den Flächen für die Erstaufspannung.

1.1 VORGABENDEFINITION (ABSPRACHEN/SPEZIFIKATIONEN/LASTENHEFT)

Erforderliche Abstimmungen zwischen Kunde und Gießerei vor Erstellung des Rohteil-Datensatzes:

- > Normen und Standards
- > Toleranzen
- > Erstaufnahmepunkte, Bearbeitungsstrategie, Bearbeitungszugaben
- > Freigänge (Montage, Bearbeitung, Funktion)
- > Formschrägen
- > Wandstärken, ggf. Mindestwandstärken

Die Abstimmung zur Erstellung des vollständigen Rohteildatensatzes hat so früh wie möglich zu erfolgen, um alle genannten Vorteile nutzen zu können.



2 CAD-Daten

Der vollständige Rohteil-Datensatz (RT-DS) ist die Grundlage für eine Modellerstellung nach CAD-Daten und beschreibt vollständig die Sollgeometrie des zu erzeugenden Gussrohteils.

Der RT-DS beinhaltet:

- > Bearbeitungszugaben nach Norm DIN EN ISO 10135 und/oder im Speziellen nach Absprache.
- > Radien, Formteilung entsprechend dem Modellkonzept.
- > Formschrägen nach der Norm DIN EN ISO 10135 und/oder im Speziellen nach Absprache.
- > Punkte oder Flächen für die Erstaufspannung (evtl. ausführlich in vereinfachter Rohteil-Zeichnung).
- > Kennzeichnungen (Schriftzüge, Anschlusskennzeichnungen, Modell-/Rohteil-Nr., Gießdatum, Nestnummer, Werkstoff, Gießerei-Kennzeichnung, Kunden-Kennzeichnung), mind. Kennzeichnungslinie/-kurven, (evtl. ausführlich in vereinfachter Rohteil-Zeichnung).
- > Gießspezifische Eigenheiten wie Putzrippen, Anschnitte und Auffüllungen, soweit sie am Gussteil verbleiben.
- > Generell muss die Geometrie auf Nennmaß konstruiert werden.
Bei asymmetrischen Toleranzen muss eine Nennmaßenpassung durchgeführt werden, um eine symmetrische Toleranz zu generieren.

Der Rohteil-Datensatz sollte **nicht** beinhalten: Erforderliche Geometrieänderungen an den Modellwerkzeugen, welche zur Herstellung maßgerechter Gussteile erforderlich sind (z. B. Schwindungskompensation) und keinen Einfluss auf das Design haben.

2.1 IDENTIFIKATION

Folgende Informationen müssen eindeutig hinterlegt sein:

- > Indexstand des Rohteildatensatzes, (mind. eindeutige Benennung des Datensatzes; besser Eintrag im Header der Datei wenn möglich), z. B. VDG-Musterteil V 04.
- > Kopplung mit der vereinfachten Rohteil-Zeichnung. Auf dieser muss eindeutig auf den Rohteildatensatz inkl. Indexstand Bezug genommen werden.

2.2 PRÜFUNG UND FREIGABE

Dieser Rohteildatensatz ist sowohl durch den Konstrukteur des Abnehmers (ggf. mit Hilfestellung durch eine Gießerei) oder durch die Gießerei selbst (bzw. Modellbau) zu erzeugen. In letzterem Fall ist dieser Datensatz vom Abnehmer zu prüfen und schriftlich freizugeben. Die Freigabe muss vor der Modellerstellung erfolgen.

Durch die Prüfung muss sichergestellt werden, dass alle Vorgaben (siehe Pkt. 1.1) eingehalten wurden. Die Einhaltung der Vorgaben ist entsprechend zu dokumentieren.

2.3 BESCHAFFUNG

Hinweise zur Datenbasis für die Bestellung der Modelleinrichtung und Rohteile:

Modellbestellung → Datenbasis: Rohteildatensatz

Rohteilbestellung → Datenbasis: Rohteildatensatz und vereinfachte Rohteilzeichnung

Vermessung/Erstbemusterung → Datenbasis: Rohteildatensatz und vereinfachte Rohteilzeichnung



3 Vereinfachte Rohteilzeichnung

Die vereinfachte Rohteilzeichnung enthält alle Informationen, die nicht im Datensatz enthalten sind und die für die maßliche Überprüfung relevant sind. Aus diesem Grunde ist die Zeichnung Bestandteil der Prüfung und bedarf der Freigabe vom Kunden.

Folgende Informationen müssen aufgeführt sein:

- > Bauteilkennzeichnung
- > Werkstoff
- > Rohteilgewicht
- > Allgemeine Gusstoleranzen nach VDG-Merkblatt P 510
- > Größtmaß und Toleranzklasse/Bezugselemente
- > Erstaufnahme
- > Sondertoleranzen wie z. B. eingeengte Toleranzen, Form- und Lagetoleranzen
- > Wichtige und kritische Merkmale (z. B. Dokumente mit besonderer Aufbewahrungsfrist DMBA)

Zugehörige(r) Datensatz/Datensätze

Folgende Informationen können aufgeführt sein:

- > Werkstoffprüferte - Lage der Probenahme
- > Spann- und Hilfsanlagepunkte
- > Bereiche für Handlingsysteme
- > Reste des Gießsystems (z. B. Anschnitt)
- > Zulässiger Grat
- > Informationen über die Bearbeitungszugaben (Fertigmaße)
- > Schweißstandard
- > Hinweise auf Oberflächenbeschichtung (z. B. Lackierung)
- > Hinweise auf Druckdichtigkeit
- > Oberflächenrauigkeit
- > Angaben zum Restschmutz

Ein Beispiel für eine vereinfachte Rohteilzeichnung ist in **Bild 1** auf der Folgeseite dargestellt. Die Symbolik ist firmenspezifisch oder kann der DIN EN ISO 10135 entnommen werden.



4 Toleranzen

4.1. ALLGEMEINES

Für die maßliche Überprüfung wird generell eine Allgemeintoleranz für das Gussteil in Abhängigkeit von der Gussteilgröße und dem Form- und Gießverfahren verwendet. Die Toleranzwerte basieren auf der DIN EN ISO 8062.

Sondertoleranzen für gusspezifische Merkmale wie z. B. Wandstärken oder kundenspezifische Anforderungen wie z. B. Rundlaufeigenschaften werden bei der Überprüfung mit gesondert festgelegten Toleranzen kontrolliert. Für die Prüfung der Rohkontur ist es notwendig, das Gussteil an den Erstaufspannungen auszurichten.

4.2. ERMITTLUNG DES GRÖSSTEN GESAMTMASSES

Das größte Gesamtmaß soll nach DIN EN ISO 8062-1 wie folgt ermittelt werden:

„Das größte Gesamtmaß ist der Durchmesser der kleinsten Kugel, die das endbearbeitete Formteil (Gussteil) aufnehmen kann, wobei nur die Nennmaße berücksichtigt werden.“

Beispiel: siehe **Bild 2**

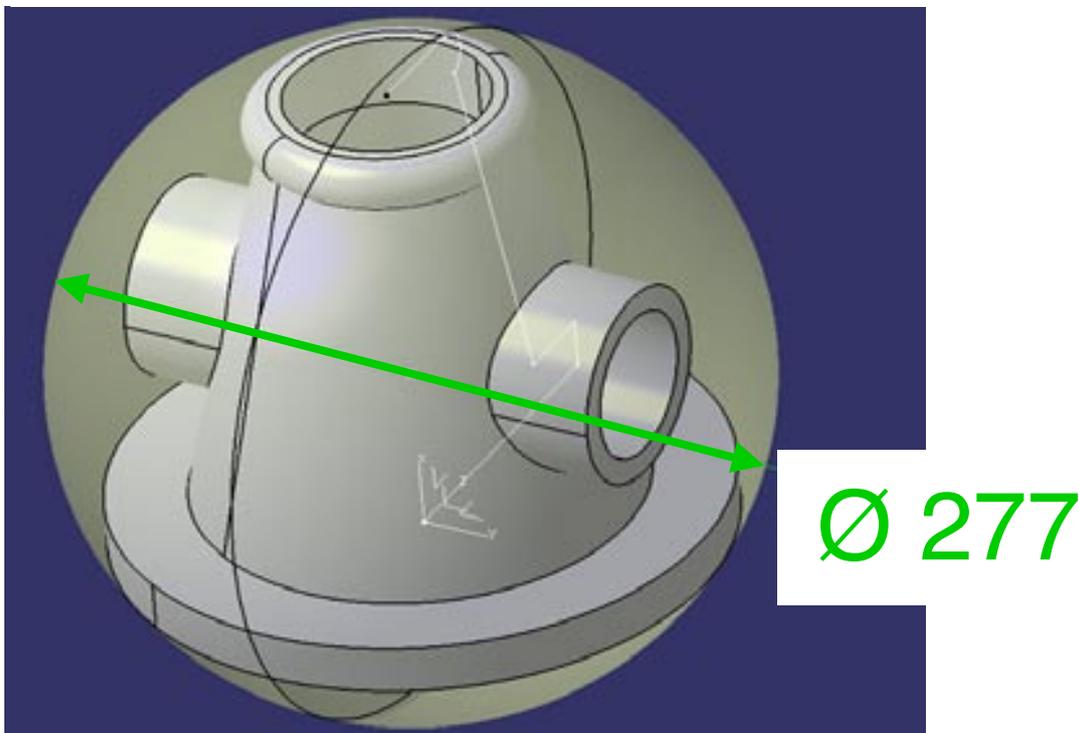


Bild 2: Anwendungsbeispiel: Größtes Gesamtmaß = 277 mm



4.3. FLÄCHENFORMTOLERANZEN FÜR FORMTEILE BEIM MESSEN GEGEN DAS 3D-DATENMODELL

Die Gusstoleranzen sollen symmetrisch zu der CAD-Konstruktion angesetzt werden. Die Maßtoleranzklasse ist in Abhängigkeit vom Gießverfahren (DIN EN ISO 8062-3) in Abstimmung mit der Gießerei zu wählen, siehe nachstehende **Tabelle 1** (Die Zahlenwerte und Toleranzklassen entsprechen der Tabelle 2 aus der DIN EN ISO 8062-3.)

Die Flächenformtoleranz wird aus der entsprechenden Maßgruppe des ermittelten größten Gesamtmaßes und des angegebenen Maßtoleranzgrades DCTG ermittelt, z. B. größte Gesamtmaßgruppe 250 - 400 mm, DCTG 10, Flächenformtoleranz = 4,4 mm.

Merkmale mit Sondertoleranzen müssen in **besonderen Protokollen** nachgewiesen werden.

Größtes Gesamtmaß		Maße in mm															
		Flächenformtoleranzen für Maßtoleranzgrade von Gussteilen															
		DCTG *)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
≤ 10	≤ 10	0,09	0,13	0,18	0,26	0,36	0,52	0,74	1,0	1,5	2	2,8	4,2				
>10	≤ 16	0,10	0,14	0,20	0,28	0,38	0,54	0,78	1,1	1,6	2,2	3,0	4,4				
>16	≤ 25	0,11	0,15	0,22	0,30	0,42	0,58	0,82	1,2	1,7	2,4	3,2	4,6	6	8	10	12
>25	≤ 40	0,12	0,17	0,24	0,32	0,46	0,64	0,90	1,3	1,8	2,6	3,6	5,0	7,0	9,0	11,0	14,0
>40	≤ 63	0,13	0,18	0,26	0,36	0,50	0,70	1,00	1,4	2,0	2,8	4,0	5,6	8,0	10,0	12,0	16,0
>63	≤ 100	0,14	0,20	0,28	0,40	0,56	0,78	1,10	1,6	2,2	3,2	4,4	6,0	9,0	11,0	14,0	18,0
>100	≤ 160	0,15	0,22	0,30	0,44	0,62	0,88	1,20	1,8	2,5	3,6	5,0	7,0	10,0	12,0	16,0	20,0
>160	≤ 250		0,24	0,34	0,50	0,70	1,00	1,40	2,0	2,8	4,0	5,6	8,0	11,0	14,0	18,0	22,0
>250	≤ 400			0,40	0,56	0,78	1,10	1,60	2,2	3,2	4,4	6,2	9,0	12,0	16,0	20,0	25,0
>400	≤ 630				0,64	0,90	1,20	1,80	2,6	3,6	5,0	7,0	10,0	14,0	18,0	22,0	28,0
>630	≤ 1000					1,00	1,40	2,00	2,8	4,0	6,0	8,0	11,0	16,0	20,0	25,0	32,0
>1000	≤ 1600						1,60	2,20	3,2	4,6	7,0	9,0	13,0	18,0	23,0	29,0	37,0
>1600	≤ 2500							2,60	3,8	5,4	8,0	10,0	15,0	21,0	26,0	33,0	42,0
>2500	≤ 4000								4,4	6,2	9,0	12,0	17,0	24,0	30,0	38,0	49,0
>4000	≤ 6300									7,0	10,0	14,0	20,0	28,0	35,0	44,0	56,0
>6300	≤ 10000										11,0	16,0	23,0	32,0	40,0	50,0	64,0

*) DCTG = Maßtoleranzgrade von Gussteilen

- Für Wanddicken in den Graden DCTG 2 bis DCTG 16 gilt der nächst niedrigere Grad

4.4 WANDDICKEN

Wenn Wanddicken nicht mit Sondertoleranzen angegeben sind oder ausdrücklich aus bekannten Normen (z. B. DIN EN ISO 8062-3) entnommen werden sollen, so wird die Wanddickentoleranz wie folgt ermittelt: Es wird die Toleranz aus dem **nächst niedrigeren DCTG-Grad** als der für das gesamte Gussteil geltende verwendet.

Beispiel: Für ein Gussteil mit einem größten Gesamtmaß im Bereich von 250-400 mm und einem Genauigkeitsgrad DCTG 10 - dies entspricht einer allgemeinen Flächenformtoleranz von 4,4 mm - wird für die Wandstärken die Toleranz aus dem Genauigkeitsgrad DCTG 9 verwendet, d. h. die Wandstärken haben eine Gesamttoleranz von 3,2 mm und das ergibt eine symmetrische Toleranz von ± 1,6 mm.

4.5 ZURÜCKWEISUNG

Falls nicht anders festgelegt sollen Gussteile, die die Flächenformtoleranzen überschreiten, nicht automatisch abgelehnt werden. Die für die Funktion zulässige Toleranz ist oft größer als die Flächenformtoleranz. Die Funktion der Gussteile ist daher nicht immer beeinträchtigt, wenn die Toleranz (gelegentlich) an beliebigen Stellen von Formelementen des Gussteils überschritten wird. Ein Überschreiten der Toleranz sollte nur dann zu einer Zurückweisung des Gussteils führen, wenn seine Funktion beeinträchtigt ist.



5 Messverfahren

5.1 MESSVERFAHREN – GROBEINTEILUNG

Zurzeit sind folgende Verfahren möglich:

- > taktile Erfassung
- > optische Erfassung
- > Computer-Tomografie (CT) mit maßlicher Auswertung

Die *taktile* Messung ermittelt eine endliche, vorher definierte Anzahl von Punkten auf der Bauteilgeometrie durch Heranführen eines Tast-Sensors, der bei Kontakt mit der Bauteiloberfläche die räumliche Koordinate ermittelt. Die gemessene Punktposition wird gegen die Position des entsprechenden Punktes des Rohteil-Datensatzes verglichen und die Abweichung wird ausgewertet und dargestellt. Über eine angemessene Anzahl von Messpunkten oder einen Kontur-Scan lassen sich auch Form und Lage von Regelgeometrien vermessen und auswerten.

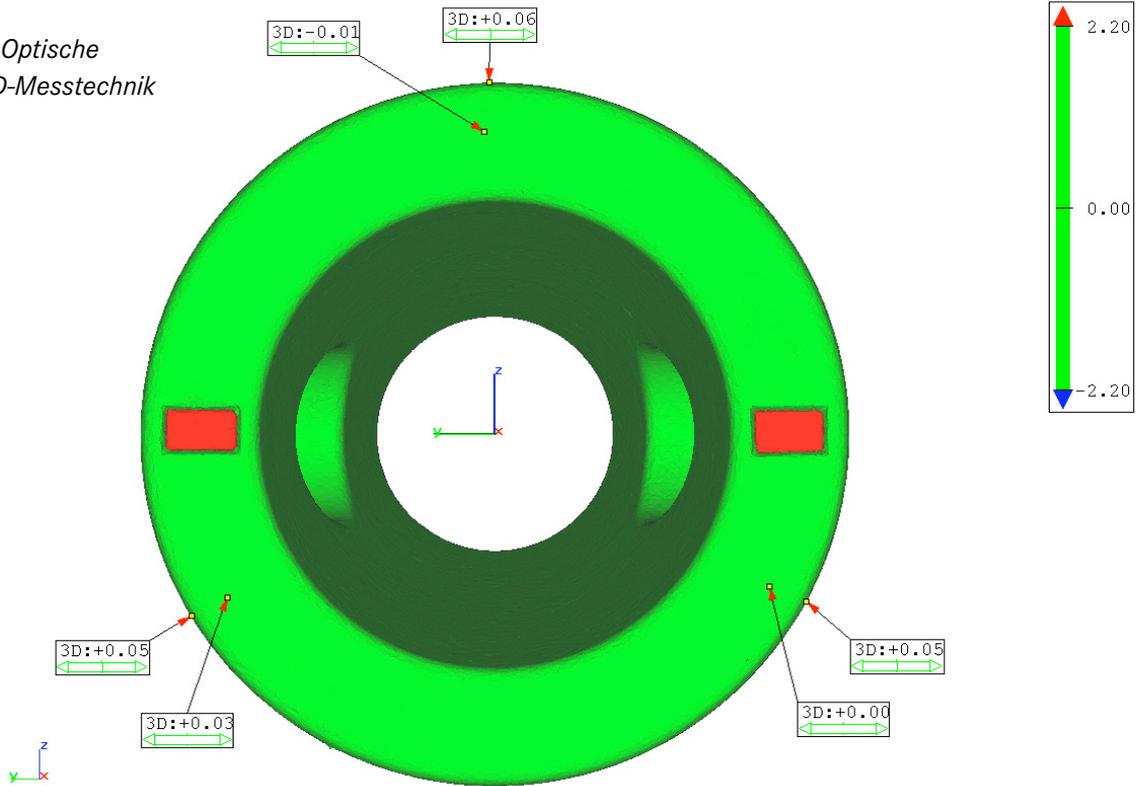
Innenbereiche sind allgemein nicht zerstörungsfrei überprüfbar, über Sondertaster sind aber einige von außen nicht sichtbare Punkte zu erreichen. Durch Auftrennen des Bauteils lassen sich Innenkonturen jedoch vermessen; dazu sind Referenzpunkte erforderlich.

Die *optische* Erfassung ist derzeit unter anderem sowohl über *bildgebende Verfahren* als auch über *Laserabtastung* möglich. Dabei wird automatisch eine Vielzahl von Messpunkten generiert, die in ein Polygonnetz umgewandelt oder zur Flächenrückführung genutzt werden können. Diese werden in einer Auswertesoftware gegen den Rohteil-Datensatz verglichen und stellen in allen gescannten Bereichen die Abweichungen mit hoher Detailauflösung vollständig dar.

Über die Auswertesoftware lassen sich auch Form und Lage von Regelgeometrien vermessen und auswerten. Die Erfassbarkeit hängt von den optischen Eigenschaften der Oberfläche und der optischen Zugänglichkeit der konkreten Geometriebereiche ab. Von außen nicht sichtbare Bereiche können nicht erfasst werden. Um diese zu ermitteln ist ein Auftrennen des Bauteils erforderlich.

Bei der *Computer-Tomografie* (CT) mit maßlicher Auswertung werden jeweils zweidimensionale Durchstrahlungsbilder (Röntgenstrahlung) erzeugt; über eine große Anzahl solcher Bilder lassen sich diese dann mit einer speziellen Auswertesoftware für die Erzeugung von Messpunkten in ein Polygonnetz umwandeln oder zur Flächenrückführung nutzen. Diese werden in einer Auswertesoftware gegen den Rohteil-Datensatz verglichen und stellen in allen gescannten Bereichen die Abweichungen dar. Über die Auswertesoftware lassen sich auch Form und Lage von Regelgeometrien vermessen und auswerten. Mit dieser Messtechnologie werden auch verdeckte Kanten erkennbar gemacht, ohne das Teil zu zerstören. Das Verfahren hat eine begrenzte Anwendbarkeit, abhängig von Material und durchstrahlter Wandstärke.

1. Optische
3D-Messtechnik



2. Taktile 3D-
Messtechnik

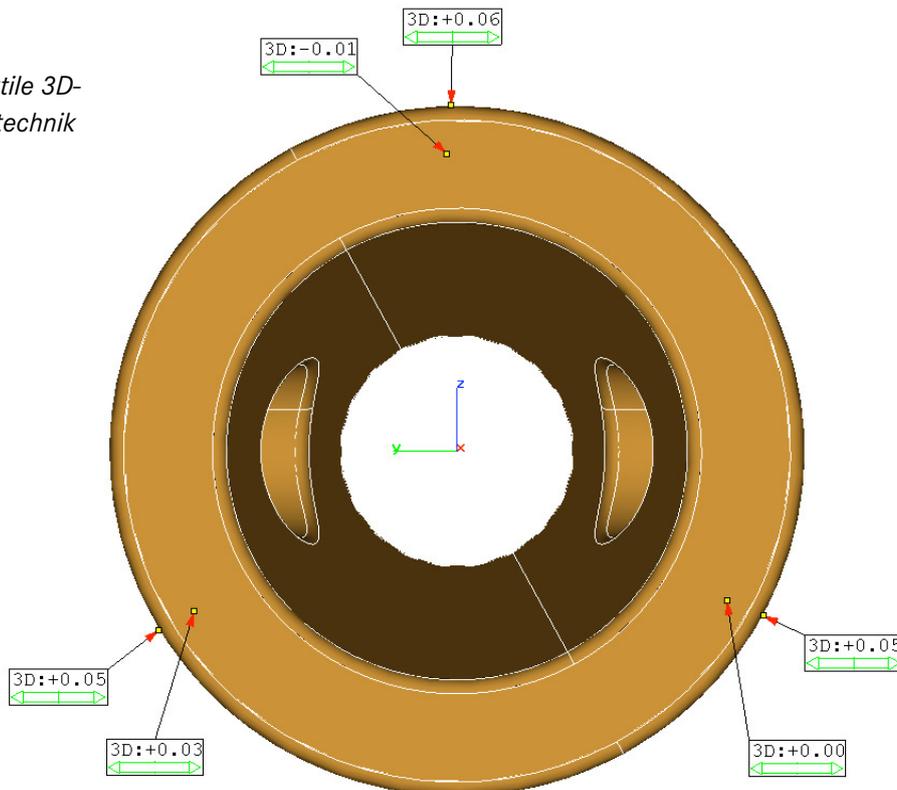


Bild 3: Auswertung/Darstellung der Erstausrichtung



5.2 ZU DEFINIERENDE PARAMETER

Bei *taktiler* Erfassung:

Es sollten möglichst nur die für den Endabnehmer wichtigen Punkte am Teil gemessen werden; damit wird von ihm festgelegt, welche Bereiche für die Funktion und/oder für mögliche Kollisionen wichtig sind.

Wenn keine definitiven Aussagen zu den gewünschten Messpunkten gemacht werden können, sollte für die erste Vermessung eine Größenordnung von Punkten je Gussteil (z. B. 50) oder Punkten je Fläche (z. B. 0,25/cm²) festgelegt werden.

Bei *optischer* Erfassung und *Computer-Tomografie* (CT):

Die Auflösung und damit die Anzahl der erfassten Punkte wird durch die Bauteilgröße und das Verfahren bestimmt. Es sollte abgestimmt werden, ob das ganze Teil oder ggf. welche Bereiche zu scannen sind.

Ausrichtung:

Mögliche Ausrichtung von ermittelten Punkten/gescannter Punktwolke zum Rohteil-Datensatz zur Auswertung sind:

- > „3-2-1“-Methode (definierte Ausrichtung nach Erstaufspannung) oder
- > „Bestfit“ (automatische Ausrichtung der ermittelten Punkte/Flächen, so dass die geringsten Abweichungen erreicht werden).

6 Auswertung und Darstellung

6.1 ALLGEMEINTOLERANZ

Die Auswertung erfolgt gemäß den Toleranzvorgaben auf der vereinfachten Rohteilzeichnung. Die Basisauswertung ist ein Soll/Ist-Vergleich zwischen Rohteildatensatz und Gussteil mit der angegebenen allgemeinen Flächenformtoleranz. Die Darstellung der Messpunkte (Optische 3D-Messtechnik oder taktile 3D-Messtechnik) erfolgt z. B. durch die Farben.

Grün - innerhalb der Toleranz

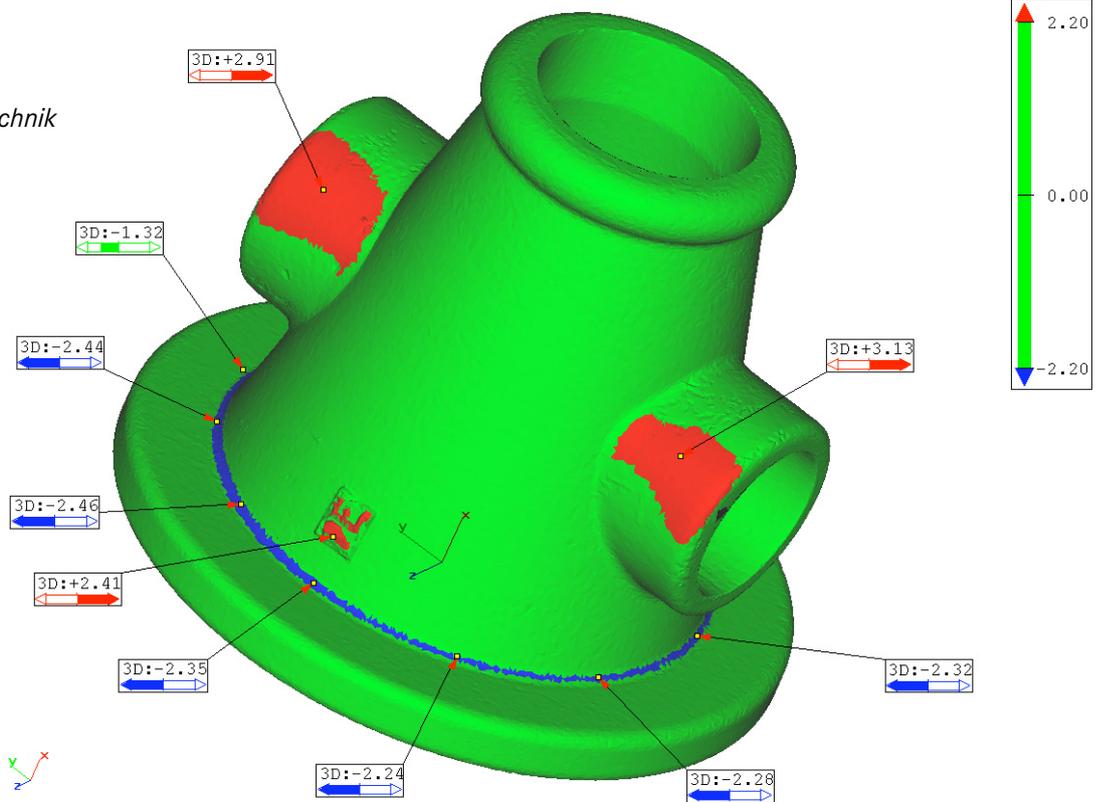
Blau - Abweichung außerhalb der unteren Toleranzgrenze (weniger Material)

Rot - Abweichung außerhalb der oberen Toleranzgrenze (mehr Material)

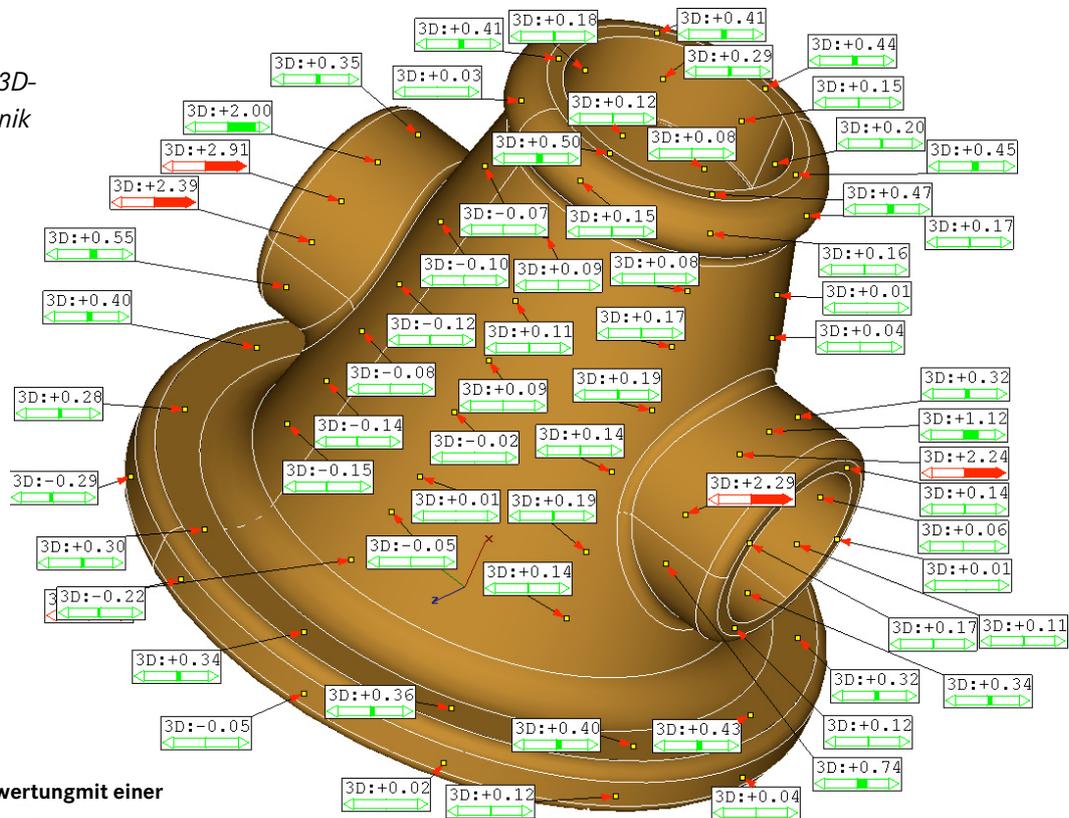
Im ersten Teil der Auswertung wird, wenn nicht mit „Bestfit“ gearbeitet wird, die Erstausrichtung des Gussteiles dargestellt. Hierzu ist es notwendig, die Scandaten der Erstanlage mit dem Rohteildatensatz in Übereinstimmung zu bringen. Es ist nur die kleinste prozessbedingte Abweichung zulässig.

Im zweiten Teil erfolgt die angesprochene Auswertung mit der allgemeinen Flächenformtoleranz. Werden bei der Geometrieprüfung Abweichungen (Toleranzüberschreitungen oder nicht im Datensatz enthaltene gießereispezifische Änderungen) erkannt, können diese zur besseren Bewertung mit zusätzlichen Maßangaben versehen werden (siehe **Bild 4** auf der Folgeseite).

1. Optische
3D-Messtechnik



2. Taktile 3D-
Messtechnik



**Bild 4: Auswertung mit einer
Flächenformtoleranz**



6.2 SONDERTOLERANZEN

Im dritten Teil der Auswertung werden die Sondertoleranzen dargestellt:

Wandstärken

Die Auswertung der Wandstärkentoleranz ist bei den gängigen Messsystemen für den Soll/Ist-Vergleich nicht direkt möglich. Bei den Oberflächenscannsystemen gibt es die Möglichkeit, dass man eine obere und untere Wandstärke vorgibt oder an geeigneten Stellen Schnitte legt und analysiert (siehe **Bild 5** auf der Folgeseite).

Beim taktilen und optischen Messverfahren kann eine gesonderte Auswertung mit herkömmlichen Mitteln (Dickenmesstaster, Ultraschall, Gussteilschnitt) sinnvoller sein.

Bereiche mit eingeschränkter Flächenformtoleranz

Bereiche mit eingeschränkter Flächenformtoleranz werden mit dem vorgegebenen Toleranzwert geprüft. Die Auswertung entspricht der Vorgehensweise der Basisauswertung. Zum besseren Verständnis sollen in der Darstellung nur die angesprochenen Bereiche dargestellt werden.

Bereiche mit zusätzlichen Toleranzen

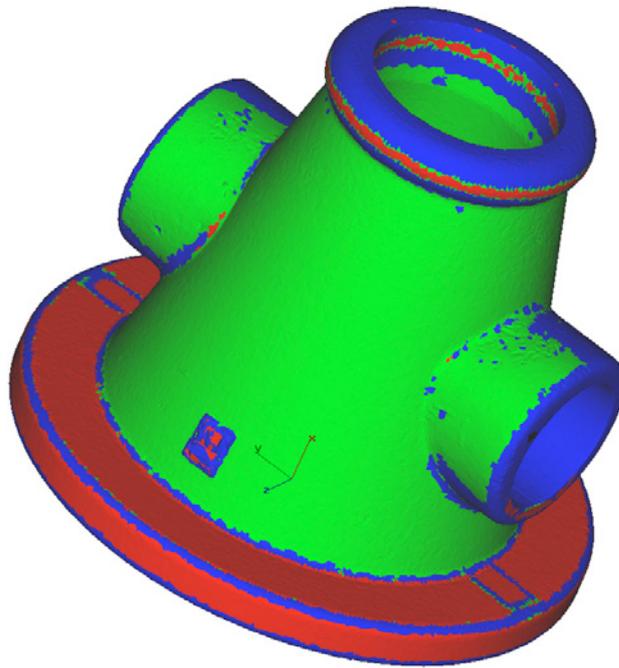
Gibt es Bereiche am Gussteil mit zusätzlichen Toleranzen (z. B. Form- und Lagetoleranzen) müssen diese über geometrische Messungen untersucht und gesondert protokolliert werden.

6.3 BEMUSTERUNG (MESSBERICHT)

Zu jeder Bemusterung gehören Messberichte und wenn gefordert Fähigkeitsnachweise. Im Messbericht werden die unter Punkt 6.1 und 6.2 beschriebenen Auswertungen in das kundenspezifische Formular (z. B. VDA-Formular) eingebunden.



1. Optische
3D-Messtechnik
Gesamtmessung



2. Taktile 3D-
Messtechnik
Schnittmessung

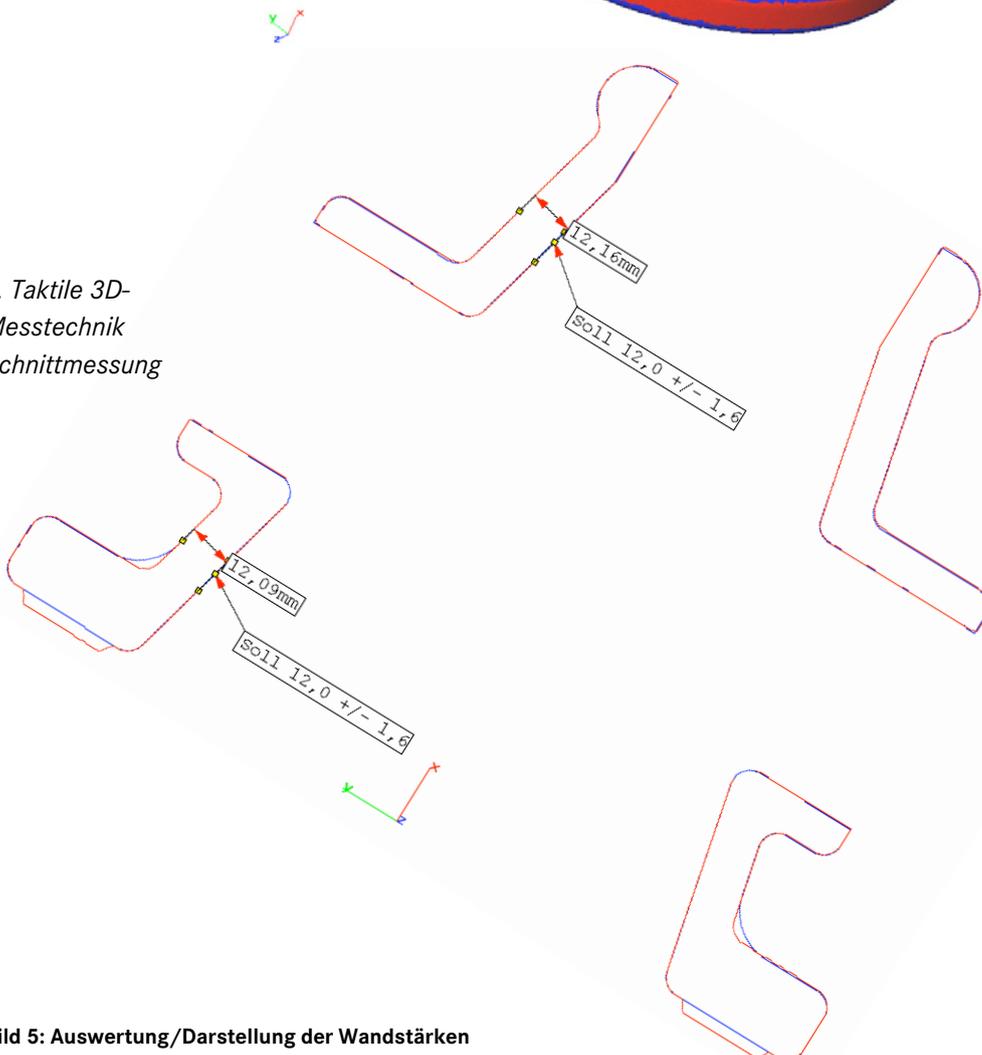


Bild 5: Auswertung/Darstellung der Wandstärken



7 Literatur

Normen

DIN EN ISO 8062

DIN EN ISO 10135