



veoCAST Benutzerhandbuch

Teraport GmbH
Kellerstraße 29
D-81667 München
support@teraport.de

21. Januar 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
1.1	Die veoCAST-Workbench	4
1.2	Export von Ergebnisgeometrien	4
2	Bauteilvorbereitung	5
3	Analysereiter	7
3.1	Verwaltung	7
3.2	Maxima	8
3.2.1	Gestaltungsregeln und Grenzwerte	8
3.2.2	Maxima-Analyse in <i>veoCAST</i>	8
3.2.3	Farbcodierung der Maxima-Kugeln	10
3.2.4	Funktionen der Ergebnistabelle	10
3.2.5	Mögliche Probleme bei der Dickeberechnung	13
3.2.6	Dickebestimmung durch manuelle Messung	13
3.3	Minima	13
3.3.1	Gestaltungsregeln und Grenzwerte	13
3.3.2	Minima-Analyse in <i>veoCAST</i>	14
3.3.3	Mögliche Probleme bei der Minimaberechnung	15
3.3.4	Dickebestimmung durch manuelle Messung	15
3.4	Spaltmaße	16
3.5	Isoflächen	17
3.5.1	Vorverarbeitung	17
3.5.2	Isoflächenerzeugung	18
3.5.3	Mögliche Probleme bei der Isoflächenerzeugung	19
3.6	Oberflächentiefe	19
3.7	Hinterschnitte	21

3.7.1	Gestaltungsrichtlinien	21
3.7.2	Ablauf	21
3.7.3	Trennebene erstellen	22
3.7.4	Hinterschnittberechnung	24
3.7.5	Schieber- und Einsätze	25
3.8	Abmaße	26
3.8.1	Hüllquader	27
3.8.2	Projizierte Fläche und Auftreibkraft	27
3.8.3	Werkzeughälften	27
3.9	Verdeckung	28
3.9.1	Gestaltungsrichtlinien für Aushebeschrägen (Druckguss)	29
3.10	Innenkanten	30
3.11	Außenkanten	30
3.12	Reporting	30
3.12.1	Screenshot-Erstellung	31
3.12.2	Export eines Reports	32
3.13	Schnellprüfung	32
3.13.1	Konfiguration der Parameter für die Schnellprüfung	32
3.13.2	Schnellprüfung Isoflächen	32
4	Fortgeschrittene Themen	33
4.1	Benutzervorgaben	33
4.1.1	Berechnungsverzeichnis	33
4.1.2	Grundeinstellungen	33
5	Weitere Gestaltungsrichtlinien	34
5.1	Bohrungen und Durchbrüche	34
5.2	Normen für Druckguss-Bauteile	34
5.3	Sonstiges	35
6	Feedback und Support zu <i>veoCAST</i>	36
6.1	Fehlermeldungen	36
6.2	Verbesserungsvorschläge	36
6.3	Telefon-Hotline	36
7	Quellen	37

Kapitel 1

Einführung

Teraport veoCAST ist ein Tool zur Analyse von Geometriedaten in Bezug auf Gussgerechtigkeit. Das Programm stellt eine Prozesskette von (halb-)automatisierten Berechnungsschritten zur Verfügung. *Teraport veoCAST* basiert auf dem 3D-Viewer *veoBASE*. Für diese Anwendung liegt ebenfalls ein Handbuch vor, das Sie im Hilfeinhalt finden. Zu zahlreichen Analysefunktionen existieren bereits Hands-On-Videos, besuchen Sie dazu den *Teraport-Channel auf YouTube* .

1.1 Die veoCAST-Workbench

Die *veoCAST-Workbench* ist die zentrale Berechnungs- und Eingabeschnittstelle zur Bauteilanalyse. Sie ist so aufgebaut, dass alle Themenbereiche über eigene Reiter (z.B. Maxima-Analyse) abgearbeitet werden. Jeder Reiter beinhaltet die jeweils benötigten Tools und Buttons. Die wichtigsten Parameter sind jeweils **fettgedruckt** beschriftet. Da die Reiter inhaltlich aufeinander aufbauen, wird empfohlen, sie von links nach rechts abzuarbeiten.

Jeder Themenbereich wird in der *veoCAST-Hilfe* detailliert in einem Unterkapitel für die jeweilige Workbench behandelt. An der rechten oberen Ecke jeder Workbench wird das Symbol "Hilfe zum gewählten Reiter"  eingeblendet. Bei Klick auf dieses Symbol öffnet sich automatisch die *veoCAST-Hilfe* zum jeweiligen Unterkapitel. Das Unterkapitel **Bauteilvorbereitung** beschreibt, wie Sie die *Analyseworkbench* starten.

1.2 Export von Ergebnisgeometrien

Werden durch eine Analysefunktion neue Ergebnisgeometrien erstellt, so lassen sich diese (bei vorhandener Format-Lizenz) in folgende Austauschformate exportieren: JT, STL, WRL, TP. Einzeln selektierte Ergebnisgeometrien lassen sich über den Kontextmenü-Eintrag "Ergebnis exportieren" in ein beliebiges Verzeichnis schreiben. Vorhandene Dateien mit dem gleichen Namen werden beim Export überschrieben. Über die Funktion "Alle Ergebnisse exportieren"  in der rechten oberen Ecke der Workbench werden sämtliche Ergebnisse des momentan aktiven Reiters in eine einzige strukturierte Datei geschrieben.

Kapitel 2

Bauteilvorbereitung

Im folgenden Text werden alle Schritte erklärt, die zum Start einer Geometrieanalyse erforderlich sind.

- **CAD-Datei laden**

Zunächst muss eine CAD-Datei geladen werden. Wählen Sie dazu im *Strukturbaum* auf der linken Seite den Ordner *“Baugruppe”*. Öffnen Sie mit der rechten Maustaste das Kontextmenü und wählen Sie *“Bauteil(e) hinzufügen”*. Im Dateibrowser wählen Sie die gewünschte CAD-Datei. Aktivieren Sie im *Strukturbaum* den Haken neben dem Namen der CAD-Datei, um die Geometrie anzuzeigen. Um die Ansicht auf die geladene CAD-Geometrie zu fokussieren, klicken Sie in die *3D-Ansicht* und drücken Sie *“Strg+A”*. (vgl. Handbuch *veoBASE*, Kapitel *“Laden von Bauteilen, Strukturen und Pfaden”*)

- **Auswahl des Bauteils**

Beinhaltet die CAD-Datei nur das zu analysierende Bauteil, fahren Sie mit dem nächsten Punkt fort.

Beinhaltet die CAD-Datei unerwünschte Komponenten, müssen diese erst ausgeblendet werden. Öffnen Sie dazu die Bauteilstruktur in der Werkzeugleiste über *“Bauteilstruktur*

öffnen” . Auf der linken Seite öffnet sich der Reiter *“Bauteilstruktur”*, der die CAD-Geometrie als Baum darstellt. In der *3D-Ansicht* wählen Sie mit der linken Maustaste das Bauteil, das analysiert werden soll. Dieses wird rot eingefärbt. Über das Kontextmenü (rechte Maustaste) wählen Sie *“Andere ausblenden”*. Besteht das gewünschte Bauteil aus mehreren Komponenten, halten Sie *“Strg”* gedrückt, während Sie die Komponenten auswählen.

Alternativ können Sie Komponenten über die Baumansicht im Reiter *“Bauteilstruktur”* aus- bzw. einblenden.

- **Start der Geometrieanalyse mit veoCAST**

Wählen Sie die CAD-Geometrie im *Strukturbaum* im Ordner "*Baugruppe*" aus. Mit der rechten Maustaste öffnen Sie das Kontextmenü. Hier wählen Sie "*Veo*" und selektieren im Untermenü veoCAST. Daraufhin öffnet sich die *veoCAST Workbench*. Alternativ selektieren Sie das Bauteil und wählen Sie die veoCAST über den entsprechenden Button in der Toolbar. Befüllen Sie die Datenfelder "*Verwaltung*" und führen Sie im Anschluss eine detaillierte Analyse durch. Das Unterkapitel *Analyseleiter* beschreibt die zur Verfügung stehenden Tools.

Kapitel 3

Analysereiter

Die Workbench „*veoCAST*“ bündelt Analyseverfahren für Einzelbauteile, die mit dem urformenden Verfahren „Guss“ hergestellt werden. Es wird dabei nicht unterschieden, welches Gussverfahren (Spritzguss, Druckguss, Schwerkraftguss etc.) und welches Material (Kunststoff, Aluminium usw.) zum Einsatz kommen. Daher liegt es in der Verantwortung des Anwenders, die jeweiligen Grenzwerte der Analysen (z.B. zulässige Wandstärken) entsprechend zu konfigurieren. Ziel der Workbench ist es, die nötige Anzahl an Iterationen für die Entwicklung von Gussbauteilen zu reduzieren und die Prozesskette nachhaltig zu verkürzen. In den folgenden Unterkapitel werden die (in Reiter aufgeteilten) Eingabefelder und Analysewerkzeuge im Detail beschrieben.

3.1 Verwaltung

Der Reiter „*Verwaltung*“ dient zur Protokollierung administrativer Daten über die VEO-Analyse. Gespeichert werden die eingegebenen Daten im Text-Format, es finden momentan keine Prüfungen zur Einhaltung von Benennungsregeln statt. Als Analysedatum wird automatisch das aktuelle Datum vorgeschlagen. Sie können die Datumsangabe von Hand überschreiben oder über das Drop-Down Menü auf der rechten Seite einen Kalender zur Eingabe verwenden. **Kontaktieren** Sie Teraport, falls Sie geänderte oder zusätzliche Datenfelder für Ihre Verwaltungsdaten benötigen.

3.2 Maxima

3.2.1 Gestaltungsregeln und Grenzwerte

Materialanhäufungen sind bei der Gestaltung von Gussteilen zu vermeiden, da große Wanddicken zu folgenden Problemen führen, siehe [1](#):

- Porositäten (Erstarrungslunker)
- Überhitzung der Form (verlängerte Zykluszeiten, reduzierte Formstandzeiten, Auswaschungen)
- Verzug der Gussstücke
- Erhöhter Materialbedarf und höheres Bauteilgewicht

Gussbauteile sollten mit einem gleichmäßigen Wanddickenverlauf konstruiert werden. Dicke Wände lassen sich oft mit Rippenkonstruktionen auflösen, um Material einzusparen und ein besseres Gefüge mit höherer Festigkeit zu erzeugen.

Bei **Druckguss**-Bauteilen sind folgende Regeln zu beachten:

- Bei der Gestaltung der Rippen ist eine konstante Wanddicke unzweckmäßig, es sollte eine Konizität von mehr als 2 Grad angestrebt werden.
- Die Außenkonturen der Rippen sollten verrundet werden (nach [2](#)).
- Die Wanddicke sollte sich möglichst vom Anguss zum Gussstückende hin verjüngen.
- Dickwandige Bereiche sollten anschnittnah liegen, um optimale Speisung und Erstarrung zu gewährleisten.

3.2.2 Maxima-Analyse in *veoCAST*

Ziel der Maxima-Analyse ist das Aufdecken möglicher Materialanhäufungen. Definiert ist die *maximale Wanddicke* in *veoCAST* als der Durchmesser der maximal einbeschreibbaren Kugel, angelehnt an die sog. "Kreismethode" nach Heuvers. Die lokal dickste Stelle wird dargestellt als Kugel, die vollständig innerhalb der Geometrie liegt. Zusätzlich angezeigt wird ein Kegel, der auf der Bauteiloberfläche aufsetzt. Die Kegelspitze zeigt in Richtung Kugelmittelpunkt, siehe Abbildung.

Der Parameter *Rastergröße* gibt an, wie groß die Suchzellen sind, für die eine Maxima-Analyse durchgeführt wird. Pro Suchzelle wird höchstens eine Dickenkugel erzeugt. Beachten Sie daher, dass bei zu großer *Rastergröße* ggf. nicht alle Wertüberschreitungen des Bauteils angezeigt werden. Eine kleine *Rastergröße* bewirkt eine genauere Analyse, es werden mehr Kugel gefunden. Gleichzeitig erhöht sich jedoch die Rechenzeit.

Die *Mindestdicke* definiert, ab welchem Durchmesser Dickenkugeln angezeigt werden. Gefundene Dickenkugeln mit einem kleineren Durchmesser erscheinen nicht in der 3D-Ansicht oder in der Ergebnistabelle. Bei kleiner *Mindestdicke* benötigen Sie ggf. auch eine kleine *Rastergröße*, um keine Wertüberschreitung zu übersehen. Mit dem Button *Analyse starten* wird die Berechnung der Maxima angestoßen. Je nach Bauteilgröße, Komplexität und gewählter *Rastergröße* kann die Analyse einige Minuten dauern. Eine erneute Analyse kann erst dann konfiguriert und gestartet werden, wenn alle bestehenden Ergebnisse mit *Analyse zurücksetzen* verworfen wurden.

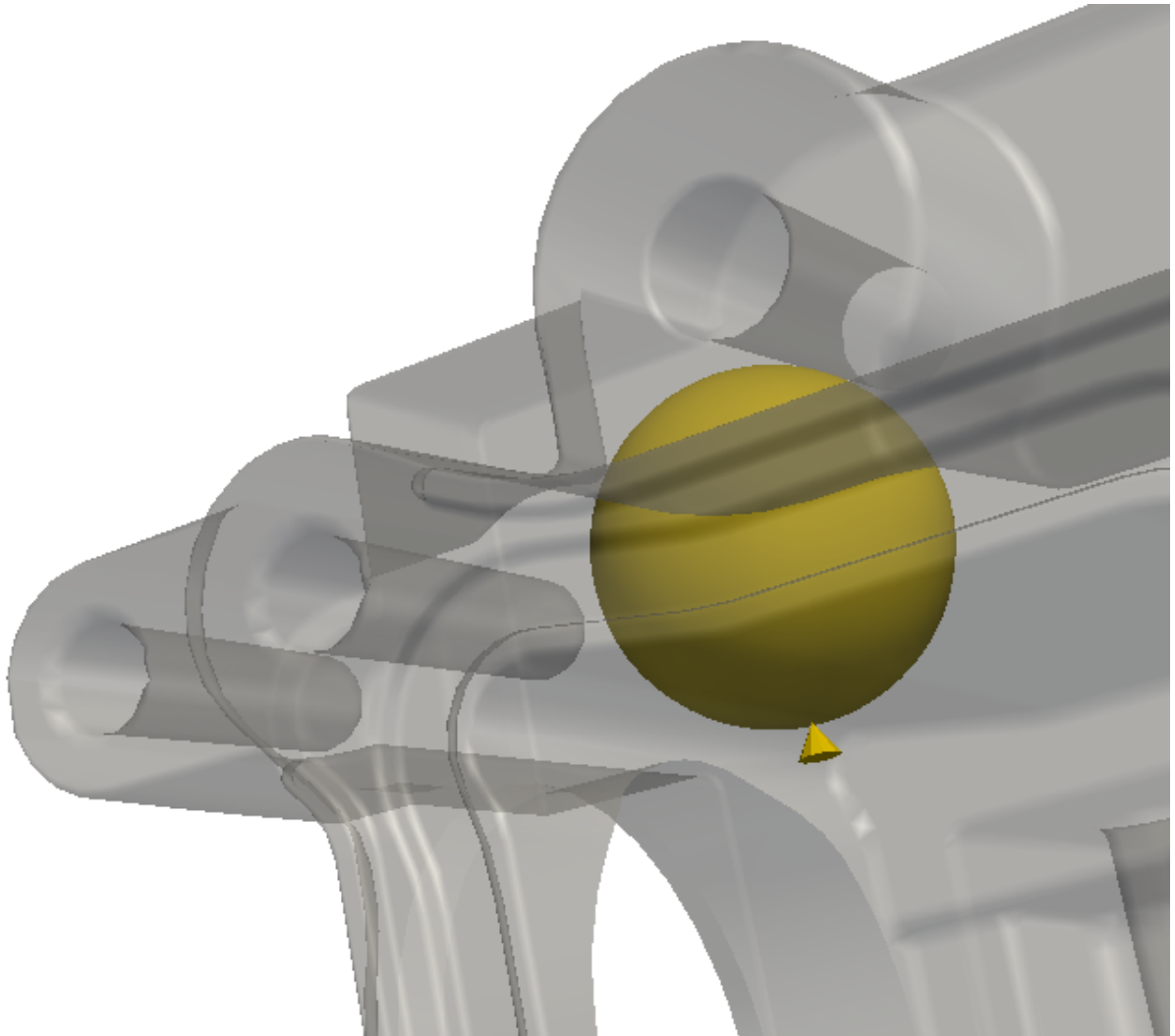


Abbildung 3.1: Darstellung eines *Dicke-Maximums* als Kugel

3.2.3 Farbcodierung der Maxima-Kugeln

Den erzeugten Maxima-Kugeln wird automatisch ein Farbwert zugewiesen. Kugeln mit dem Dickewert nahe der vom Anwender definierten *Mindestdicke* bekommen die Farbe "Blau", Kugel mit der maximalen im Bauteil gefundenen Dicke den Wert "Rot". Für dazwischen liegende Dickewerte wird der Farbwert interpoliert, wie im Farbverlauf der folgenden Abbildung dargestellt.



Abbildung 3.2: Farbcodierung von Ergebniswerten (von minimal nach maximal)

3.2.4 Funktionen der Ergebnistabelle

3.2.4.1 Sortieren

Nach Abschluss einer Maxima-Analyse werden die gefundenen Dickekugeln in einer Ergebnistabelle unter dem Bedienfeld aufgeführt. Durch Klicken auf die jeweilige Spaltenüberschrift (z.B. "Dicke") werden die Ergebnisse nach dem gewählten Wert sortiert. Ein erneuter Klick dreht die Sortierreihenfolge um.

3.2.4.2 Schnittebenen erzeugen

Im Kontextmenü (rechte Maustaste) zu jeder Dickekugel finden Sie den Eintrag "*Schnittebene durch Element erzeugen*". Diese Funktion legt eine neue Schnittebene durch den Mittelpunkt der gewählten Dickekugel. Bei allen bereits vorhandenen Ebenen wird die Funktion "3D-Schneiden" deaktiviert, alle anderen Dickekugeln werden ausgeblendet. Die Ebene wird in der Tabelle an das selektierte Maximum gehängt, über die Sichtbarkeit können Sie die Ebene aktivieren oder deaktivieren. Zum Verschieben, Rotieren bzw. Spiegeln der Ebene verwenden Sie das Menü "*Eigenschaften öffnen*" (vgl. Handbuch *veoBASE*, Kapitel "*Eigenschaften öffnen*")

Der Kontextmenü-Eintrag *Ergebnis durch Schnittebene betrachten* zoomt zusätzlich so auf die erzeugte Schnittebene, dass sie das Maximum orthogonal betrachten. Für beide Funktionen sind Shortkeys verfügbar, die eine schnelle Bearbeitung ermöglichen.

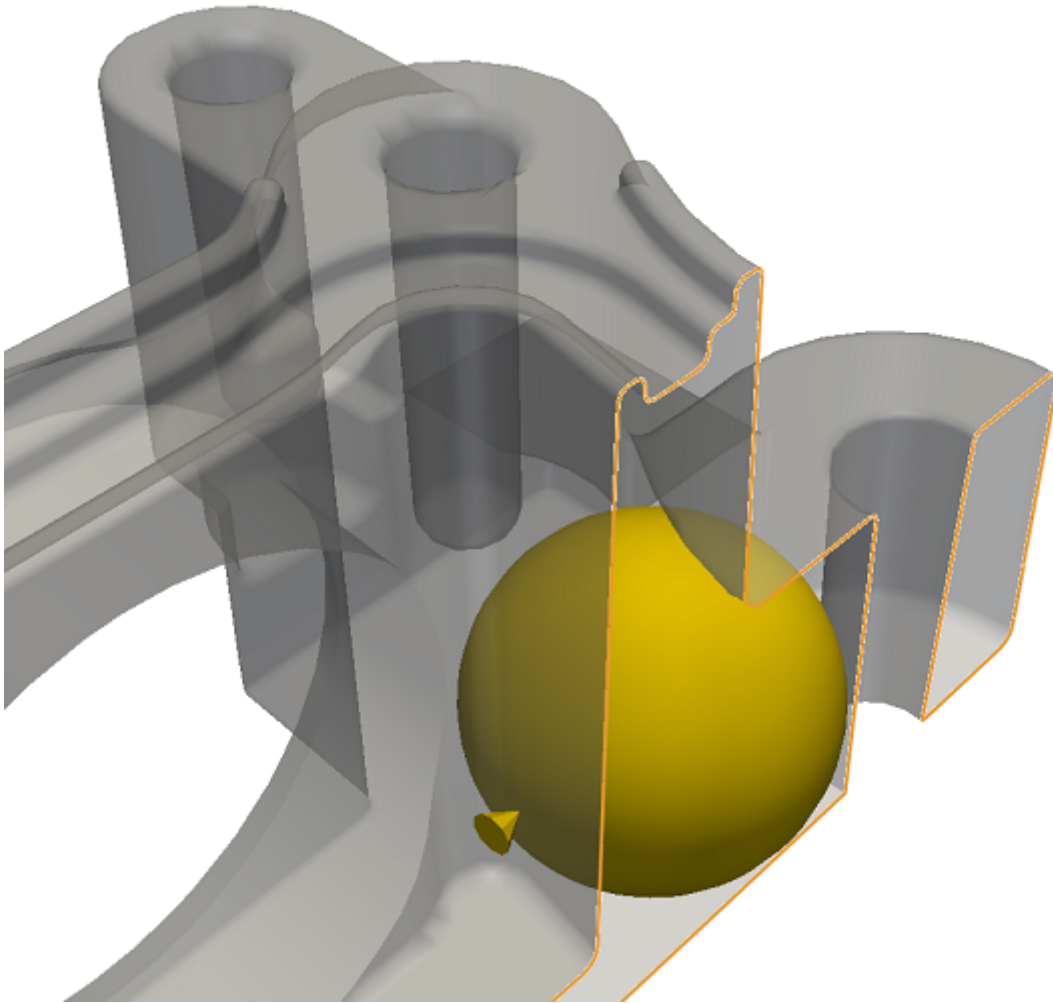


Abbildung 3.3: Schnittebene durch ein *Dicke-Maximum*

3.2.4.3 Schnittebene ausrichten

Über den Kontextmenü-Eintrag *Schnittebene ausrichten* können Sie festlegen, welche Ausrichtung die erzeugten Schnitte besitzen.

- Die Einträge X,Y und Z richten die Ebene orthogonal zu den Hauptachsen aus.
- *Durch Messung* legt die Ebene durch beide Punkte des Maximas (Mittelpunkt, Oberflächenpunkt)
- Bei Auswahl von *Durch Dreieck* müssen Sie anschließend in der *3D-Ansicht* ein Dreieck der Bauteiloberfläche auswählen, das die Ebene definiert.
- *Richtung umkehren* vertauscht die geschnittene und die dargestellte Seite der Schnittebene, also z.B. +X und -X

3.2.4.4 Ergebnis betrachten

Wählen Sie im Kontextmenü *Ergebnis betrachten*. Daraufhin zoomt die *3D-Ansicht* auf die gewählte Dickenkugel, der Mittelpunkt der Kugel wird der neue Drehpunkt der 3D-Ansicht. Über das Tastenkürzel "*STRG+F*" können Sie die Funktion für eine gewählte Zeile der Ergebnistabelle aufrufen.

3.2.4.5 Sichtbarkeit

Über die Spalte "*Sichtbar*" können Sie einzelne Ergebnisse ein- oder ausblenden. Alternativ können Sie im Kontextmenü (auch für mehrere Zeilen) "*Selektierte anzeigen*" bzw. "*Selektierte ausblenden*" wählen, um die Sichtbarkeit zu steuern. Beim Wechsel zu einem anderen Reiter, z.B. "*Verwaltung*", werden alle Dickergebnisse ausgeblendet, bei Rückkehr in den Reiter "*Maxima*" wieder eingeblendet.

3.2.4.6 Bewertung

Pro Ergebnis können sie hinterlegen, wie kritisch dieser Wert für die Fertigbarkeit ist. Zunächst ist die Bewertung aller Zeilen auf "*unbewertet*" gesetzt. Sie können manuell "*kritisch*" oder "*unkritisch*" zuweisen. Auf diese Weise können Sie kontrollieren, ob sie jede Zeile der Ergebnistabelle überprüft haben.

3.2.5 Mögliche Probleme bei der Dickeberechnung

- Ein Kegel ist nicht sichtbar, wenn er innerhalb einer Bohrung liegt oder durch Geometrie verdeckt ist.
- Bauteile mit sehr großen Abmaßen und gleichzeitig sehr geringer Wandstärke können nicht verarbeitet werden.
- Es wird pro Rasterzelle immer nur eine dickste Stelle angezeigt. Bei Bauteilen mit ähnlich dicken Stellen ist die Position der Kugel nicht eindeutig.
- Hohlkörper mit sehr kleinen Öffnungen nach außen werden ggf. fälschlicherweise als Volumenobjekt betrachtet.
- Bauteile mit großen Vernetzungsfehlern (Löchern) werden unter Umständen nicht als Volumenobjekt erkannt.
- Innere Geometrie (auch aus Modellierungsartefakten) wird nicht ignoriert, die Kugel kollidiert mit dieser. Dadurch wird ggf. die *maximale Dicke* nicht korrekt bestimmt, es ist folglich eine Prüfung auf innere Geometrie nötig.
- Bei sehr komplexen Bauteilen wird ggf. nur ein *lokales Maximum der Dicke* gefunden, wenn die Rastergröße zu groß gewählt ist.

3.2.6 Dickebestimmung durch manuelle Messung

Neben der automatischen Dickemessung bietet VEO die Möglichkeit, manuell die Dicke zu bestimmen. Wählen Sie dazu in der Perspektive „Analyse“ in der Werkzeugleiste „Aktiviere Dickenmessung“. In der 3D-Ansicht können Sie nun Dickemessungen durchführen. Die Dicke kann nur bei zwei nahezu parallelen Oberflächen gemessen werden.

3.3 Minima

3.3.1 Gestaltungsregeln und Grenzwerte

Abhängig vom Fertigungsverfahren müssen Bauteile eine bestimmte Mindestwandstärke aufweisen. Andernfalls sind die Bauteile nicht gieß- und erstarrungsgerecht, da an Dickenunterschreitungen die Schmelze zu früh erstarrt und nachliegende Bereiche verdeckt. Kleine Wanddicken können zu folgenden Problemen führen (siehe 1):

- Unebenheit
- Nicht gleichförmiges Ausfließen von Metall
- Durchdrücken von Konturen (Rippen, Auswerfer) oder Einfallstellen

Gut herstellbare Wandstärken für verschiedene Materialien sind: **Druckguss, siehe 1**

- Aluminiumlegierungen ab 0,8 bis 3 mm
- Zinklegierungen ab 0,3 bis 2 mm
- Magnesiumlegierungen ab 0,7 bis 3 mm

Die Wanddicken müssen in der Relation zur Bauteilgröße stehen.

Bei Druckgussteilen ist zu prüfen, ob durch Bohrkernkerne kritische Einschnürungen erzeugen. Diese können durch Drosselung des Metallflusses zu einem fehlerhaften Guss führen (siehe 1).

3.3.2 Minima-Analyse in *veoCAST*

In *veoCAST* lassen sich Dickeunterschreitungen im Reiter "*Minima*" bestimmen. Ein lokales Minimum wird hierbei definiert als die kleinste Zweipunktmessung zwischen zwei nahezu parallelen Flächen in einer Rasterzelle. Als Winkeltoleranz zwischen zwei Flächen wird ein konstanter Wert verwendet (45 Grad). Der Mittelpunkt der Zweipunktmessung muss eindeutig im Material liegen (Solid-Prüfung).

Analog zur Berechnung der Maxima kann mit der *Rastergröße* festgelegt werden, wie viele Ergebnisse angezeigt werden. Pro Suchzelle wird höchstens eine Dickeunterschreitung angezeigt. Besitzen benachbarte Ergebnisse einen geringeren Abstand als *Rastergröße*, wird nur der kleinere Wert behalten. So wird verhindert, dass z.B. bei gegossener Bauteilnummer jede Ziffer markiert wird. Weiterhin werden die Dreiecke der Bauteiloberfläche bei der Untersuchung so geteilt, dass die maximale Kantenlänge der *Rastergröße* entspricht. Um sicherzustellen, dass Sie alle Dickeunterschreitungen erkennen, sollten Sie folglich kleine *Rastergrößen* verwenden.

Mit dem *Kantenfilter* lassen sich Minima-Ergebnisse ausschließen, die nahe an Bauteilkanten auftreten, beispielsweise an zulaufenden Rippen. Je höher der Wert des *Kantenfilters* ist, desto mehr Ergebnisse werden ausgefiltert und desto weiter müssen die Ergebnisse von Bauteilkanten entfernt sein. Ist der Wert "0" eingestellt, wird der Abstand zur Kante nicht beachtet. Mit großen Werten für den *Kantenfilter* lassen sich Stellen finden, an denen getrennte "Kammern" (z.B. unterschiedliche Druckbereiche, Röhren) unzulässig nah aneinanderliegen.

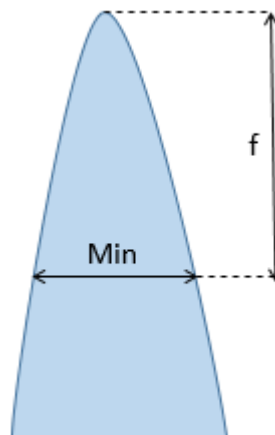


Abbildung 3.4: Prüfung des Mindestabstands "f" zur Bauteilkante im *Kantenfilter*

Mit der *unteren Schranke* schließen Sie sehr dicht aneinanderliegende parallele Fläche aus dem Ergebnis aus, die keine Bauteilwände sind, sondern ggf. durch Vernetzungsfehler entstehen. Die *obere Schranke* legt fest, bis zu welchem Wert Wanddicken als "zu dünn" markiert werden. Die Dickeunterschreitungen (Minima) werden dargestellt durch zwei nach innen gerichtete Kegel, die anhand einer Linie verbunden sind (siehe Abbildung). Die vom Anwender festgelegte *obere* und *untere Schranke* definiert Minimal- und Maximalfarbe, wie im Unterkapitel [Farbcodierung](#)

dargestellt, d.h. die kleinste Wandstärke wird "rot" eingefärbt, die größte "blau". Für die Minima-Ergebnisse stehen alle bereits im Kapitel Maxima beschriebenen **Funktionen der Ergebnistabelle** wie z.B. Schnittebene und Fokusfunktion usw. zur Verfügung.

- Tip: Damit Sie die Position einer Dickeunterschreitung am Bauteils erkennen können, fokussieren Sie auf ein Minimum (ALT-C) und öffnen Sie die "*Kamera-Ansicht*". Der Pfeil in der Kamera-Ansicht zeigt auf die betrachtete Position in der 3D-Ansicht.

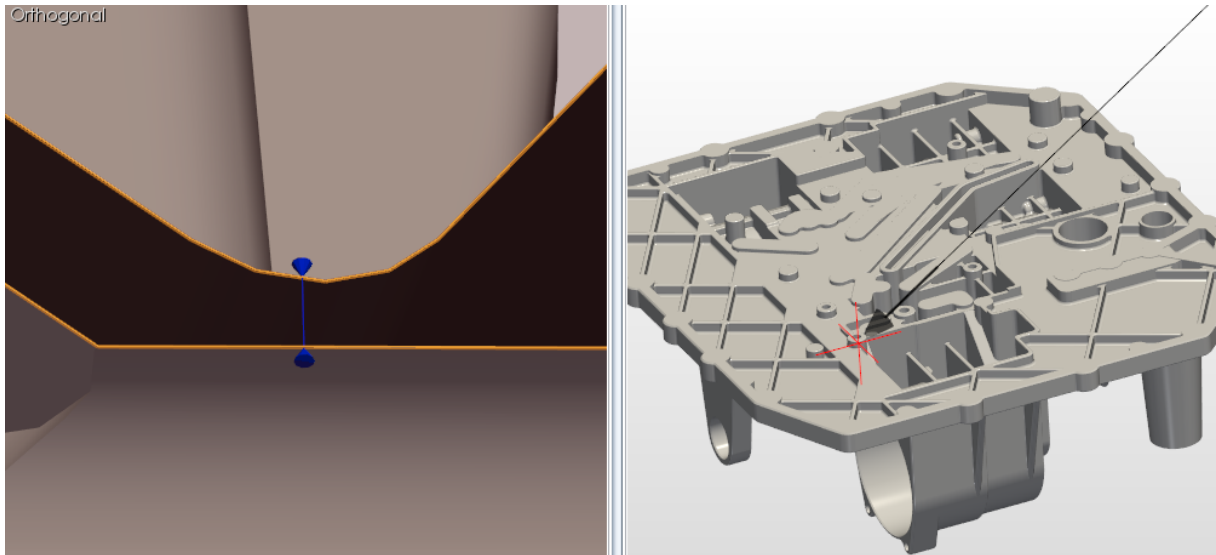


Abbildung 3.5: Wandstärkenunterschreitung einer Minima-Analyse mit Kamera-Ansicht

3.3.3 Mögliche Probleme bei der Minimaberechnung

- Bei spitz zulaufender, nahezu paralleler Geometrie wird eine Stelle nahe der *unteren Schranke* gefunden.
- Bei schräger oder abgerundeter Geometrie werden die Flächen gefunden, die "gerade noch parallel" sind.
- Die Berechnung benötigt Volumenkörper (Solids), daher können nicht reparierbare Tessellierungsfehler (Löcher) zu Problemen führen.

3.3.4 Dickebestimmung durch manuelle Messung

Neben der automatischen Dickemessung bietet VEO die Möglichkeit, manuell die Dicke zu bestimmen. Wählen Sie dazu in der Perspektive "*Analyse*" in der Werkzeugleiste "*Aktiviere Dickenmessung*". In der *3D-Ansicht* können Sie nun Dickemessungen durchführen. Die Dicke kann nur bei zwei nahezu parallelen Oberflächen gemessen werden.

3.4 Spaltmaße

Das Werkzeug, mit dem ein Gußteil produziert wird, stellt geometrisch das „Negativ“ des Bauteils dar. Folglich entstehen am Werkzeug sehr dünne Wände, wenn Bauteilflächen nah aneinander liegen. Diese dünnen Wände besitzen keine ausreichende Festigkeit, um dauerhaft qualitativ hochwertige Bauteile zu produzieren. Der Analysereiter „*Spaltmaße*“ prüft, ob ausreichend Abstand zwischen Bauteilwänden einhalten wird. Erkennt werden dicht aneinander liegende, nahezu parallele Wände. Als Winkeltoleranz zwischen zwei Flächen wird ein konstanter Wert verwendet (45 Grad). Angezeigt wird jeweils die kleinste Zweipunktmessung zwischen zwei nahezu parallelen Flächen in einer Rasterzelle.

Analog zur Berechnung der Maxima kann mit der *Rastergröße* festgelegt werden, wie viele Ergebnisse angezeigt werden. Pro Suchzelle wird höchstens eine Spaltmaßunterschreitung angezeigt. Besitzen benachbarte Ergebnisse einen geringeren Abstand als *Rastergröße*, wird nur der kleinere Wert behalten. So wird verhindert, dass z.B. bei gegossener Bauteilnummer jede Ziffer markiert wird. Weiterhin werden die Dreiecke der Bauteiloberfläche bei der Untersuchung so geteilt, dass die maximale Kantenlänge der *Rastergröße* entspricht. Um sicherzustellen, dass Sie alle Dickeunterschreitungen erkennen, sollten Sie folglich kleine *Rastergrößen* verwenden.

Mit dem *Kantenfilter* lassen sich Spaltmaß-Ergebnisse ausschließen, die nahe an flachen Vertiefungen auftreten, beispielsweise an Aussparungen für Dichtungen. Je höher der Wert des *Kantenfilters* ist, desto mehr Ergebnisse werden ausgefiltert und desto tiefer müssen die Spalten sein, siehe Bild. Ist der Wert „0“ eingestellt, wird der Abstand zum Grund des Spalts nicht beachtet.

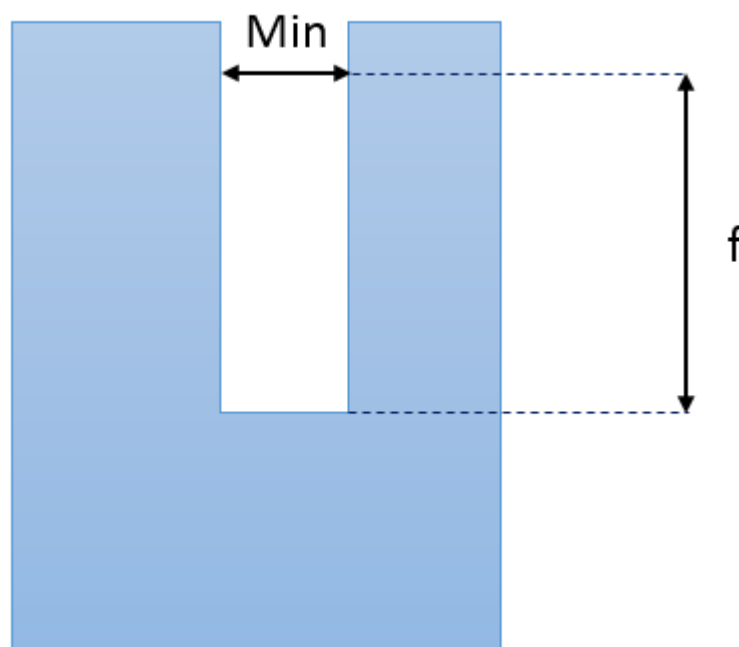


Abbildung 3.6: Prüfung des Mindestabstands „f“ zur Unterseite des Spalts im *Kantenfilter*

Mit der *unteren Schranke* schließen Sie sehr dicht aneinanderliegende parallele Fläche aus dem Ergebnis aus. Die *obere Schranke* legt fest, bis zu welchem Wert Spaltmaße als „zu dünn“ markiert werden. Die Spaltmaßunterschreitungen (Minima) werden dargestellt durch

zwei nach innen gerichtete Kegel, die anhand einer Linie verbunden sind. Die vom Anwender festgelegte *obere* und *untere Schranke* definiert Minimal- und Maximalfarbe, wie im Unterkapitel **Farbcodierung** dargestellt, d.h. das kleinste Spaltmaß wird "rot" eingefärbt, das größte "blau". Für die Spaltmaß-Ergebnisse stehen alle bereits im Kapitel Maxima beschriebenen **Funktionen der Ergebnistabelle** wie z.B. Schnittebene und Fokusfunktion usw. zur Verfügung.

- Tip: Damit Sie die Position einer Spaltmaßunterschreitung am Bauteils erkennen können, verwenden Sie "*Zeige Drehpunkt*" aus den Ansichtsoptionen der *3D-Ansicht*.

3.5 Isoflächen

Die Analyse im Reiter *Isoflächen* visualisiert Bereiche mit gleicher Materialdicke: Jeder Punkt auf einer Isofläche besitzt den gleichen Abstand zur Bauteiloberfläche. Es können mehrere Isoflächen angelegt und gleichzeitig dargestellt werden. Vorteil der Isoflächenanalyse gegenüber einer *Maxima*-Analyse ist, dass nicht nur das Zentrum einer Materialanhäufung markiert wird, sondern die gesamte Materialverteilung im Bauteil sichtbar wird. So läßt sich erkennen, ob Materialanhäufungen, Einschnürungen oder schroffe Wanddickensprünge vorliegen. Bereits ohne Gussimulation kann der Materialfluss, das Abkühlverhalten und mögliche Lunkerentstehung eingeschätzt werden.

Die Analyse gliedert sich in zwei Schritte: Vorverarbeitung und Isoflächenerzeugung.

3.5.1 Vorverarbeitung

Zunächst werden die Geometriedaten mit einer vom Anwender vorgegebenen *Auflösung* aufbereitet. Je geringer der eingestellte Wert, desto genauer wird die Geometrie analysiert. Gleichzeitig steigt für kleine Werte die Rechenzeit und der Speicherbedarf.

- Wird ein zu kleiner Wert für die *Auflösung* verwendet, reicht ggf. der Arbeitsspeicher nicht aus und es erscheint die Fehlermeldung "*Berechnung fehlgeschlagen*".
- Bei einem zu großen Wert der *Auflösung* ist die Isoflächendarstellung stark fehlerbehaftet und unterscheidet sich deutlich von der Ergebnissen im Reiter "*Maxima*". Je nach gefundenen Tiefenwerten können im Extremfall sogar keine Isoflächen erstellt werden. Die Meldung "Berechnete Datenstruktur nicht verwendbar" wird in diesem Fall angezeigt. Für eine sinnvolle Auswertung sollte die *Auflösung* deutlich kleiner als die maximale Wandstärke sein, z.B. Faktor 10 kleiner.

3.5.2 Isoflächenerzeugung

Nach Abschluss der Vorverarbeitung wird der Schieberegler aktiviert. In den Zahlenfeldern links und rechts zum Schieber angeordneten Zahlenfeldern werden die Grenzen angezeigt, für die Isoflächen erzeugt werden können. Im mittig gelegenen Zahlenfeld wird der momentan gewählte Wert angezeigt, dieser kann durch Bewegung des Schiebereglers verändert oder manuell überschrieben werden. Wählen Sie einen Abstandswert, für den eine Isofläche erzeugt werden soll, z.B. 10mm. Betätigen Sie den Button *“Fläche erstellen”*. In der Ergebnistabelle und in der *3D-Ansicht* erscheint eine neue Isofläche mit dem gewählten Isowert, siehe Abbildung. Die links und rechts vom Schieber angezeigten Zahlenwerte definieren Minimal- und Maximalfarbe, wie im Unterkapitel *Farbcodierung* dargestellt, d.h. die Isofläche mit dem kleinsten Isowert wird *“blau”* dargestellt, die Fläche mit dem größten Isowert *“rot”*. Um automatisch mehrere Isoflächen mit ansteigendem Isowert zu erzeugen, können Sie die *Schnellprüfung* (#Schnellpruefung) nutzen.

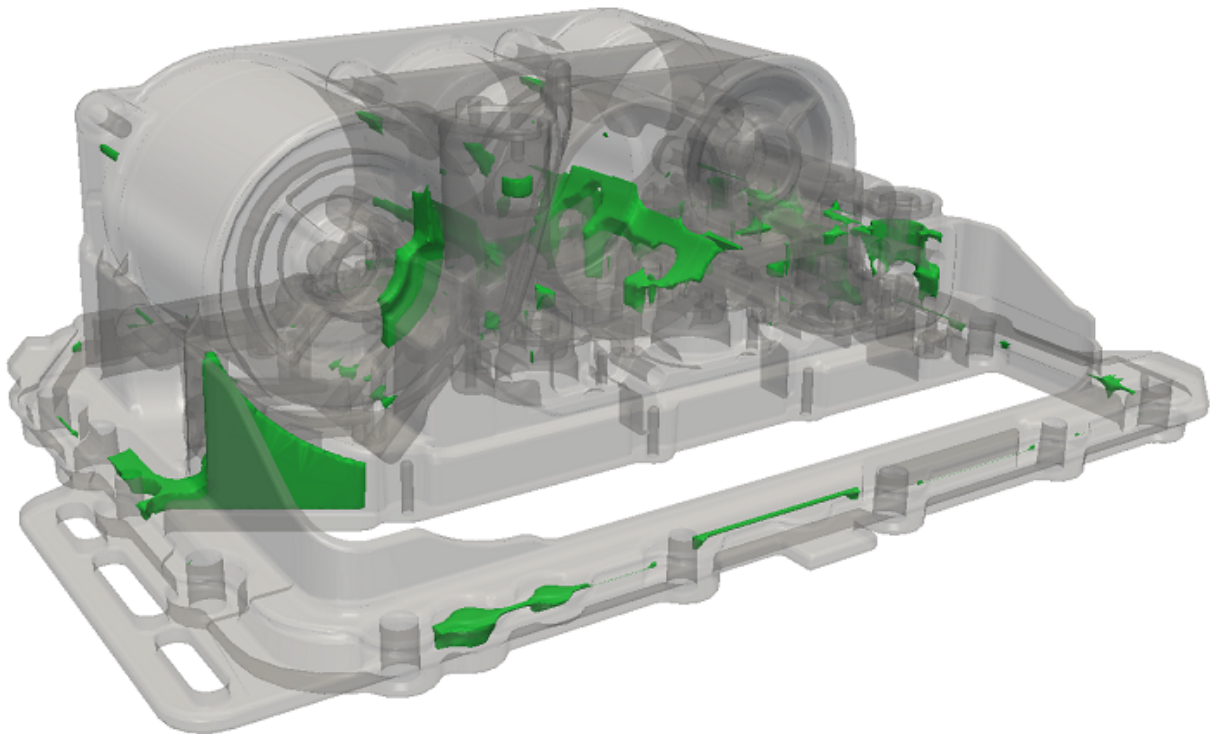


Abbildung 3.7: Transparentes Bauteil mit Isofläche

Die Fläche mit dem Isowert 10mm hält zu allen Seiten einen Abstand von 5mm zur Bauteiloberfläche ein, d.h. bei einer 10mm dicken Wand liegt sie theoretisch genau mittig. (Aufgrund der begrenzten *Auflösung* sollten Sie in diesem Fall zur Visualisierung z.B. eine Isofläche mit 9,5mm erstellen.) Für die Isoflächen-Ergebnisse steht ein Teil der im Kapitel Maxima beschriebenen *Funktionen der Ergebnistabelle* zur Verfügung. Für neu erzeugte Isoflächen werden automatisch Farben und Transparenzwerte vordefiniert. Sie können jedoch nachträglich selbst Farben und Transparenzwerte pro Isofläche festlegen, siehe (vgl. Handbuch veoBASE, Kapitel *“Eigenschaften öffnen”*)

Wurden mehrere Isoflächen erzeugt, so können Sie anhand des Schiebereglers schnell zwischen den Flächen wechseln: Bewegen Sie den Regler, um die Fläche anzuzeigen, die am nächsten zum momentanen Isowert liegt. Alle anderen Flächen werden ausgeblendet. Um das Innere eines

Bauteils besser zu analysieren, können Sie mit verschiedenen Werkzeugen Schnitte anlegen, wie in der Abbildung dargestellt (vgl. Handbuch *veoBASE*, Kapitel "*Sichtsschnitte*") .

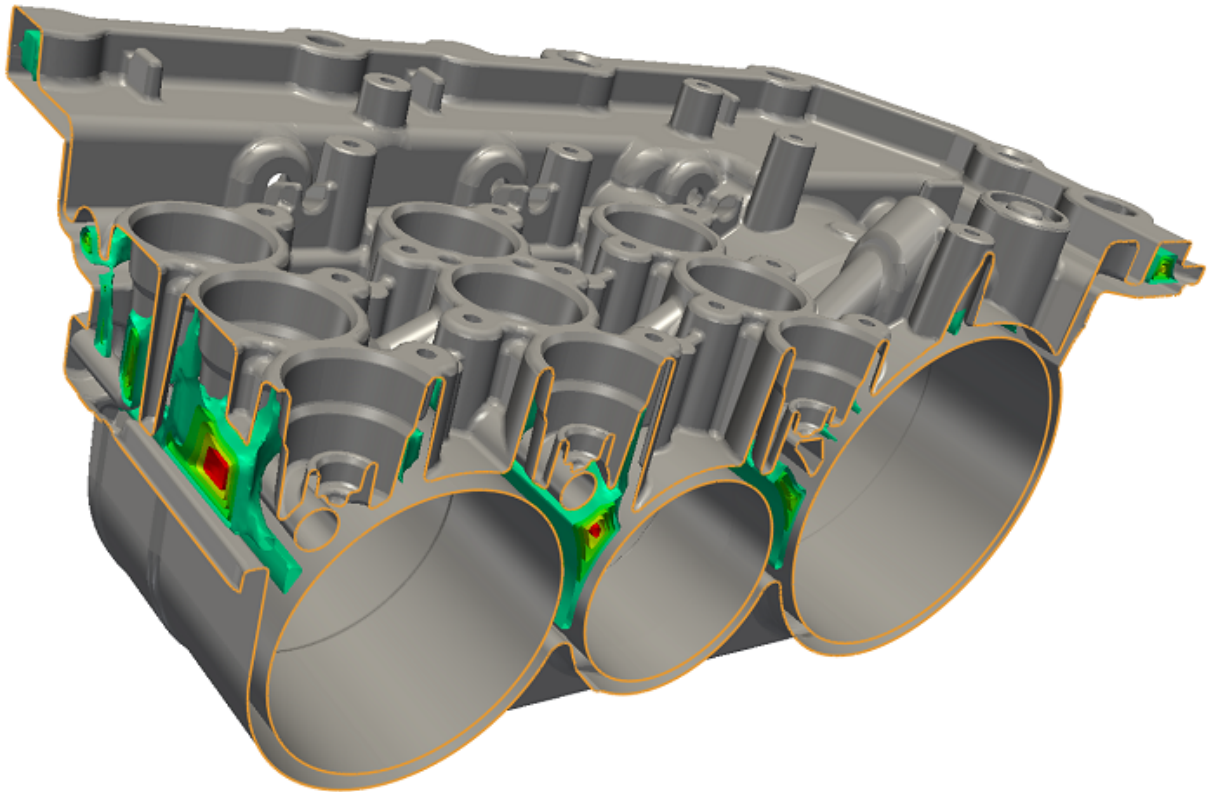


Abbildung 3.8: Bauteil mit mehreren Isoflächen und zwei Schnittebenen

3.5.3 Mögliche Probleme bei der Isoflächenenerzeugung

- Hohlkörper mit sehr kleinen Öffnungen nach außen werden ggf. fälschlicherweise als Volumenobjekt betrachtet.
- Bauteile mit großen Vernetzungsfehlern (Löchern) werden unter Umständen nicht als Volumenobjekt erkannt. In diesem Fall ist keine Isoflächenanalyse möglich
- Die erzeugten Isoflächen sind eine Approximation der idealen Isofläche. Aufgrund der Diskretisierung und Wertinterpolation weicht die Isofläche von der Idealposition ab. Vermindern Sie den Wert der *Auflösung*, um eine genauere Darstellung zu erzeugen.
- Vermeiden Sie es, Isoflächen nahe der Bauteiloberfläche zu erzeugen. Aufgrund von Implementierungsdetails können in diesem Fall größere Darstellungsfehler entstehen, so dass falsche Flächen sogar ausserhalb des Bauteils sichtbar sind. Rechnen Sie mit einer feineren Auflösung und generieren Sie Flächen weiter im Inneren des Bauteils, um diese Fehler auszuschließen.

3.6 Oberflächentiefe

Der Reiter "*Oberflächentiefe*" zeigt die Tiefe des Bauteils farbcodiert auf der Bauteiloberfläche, siehe Abbildung.

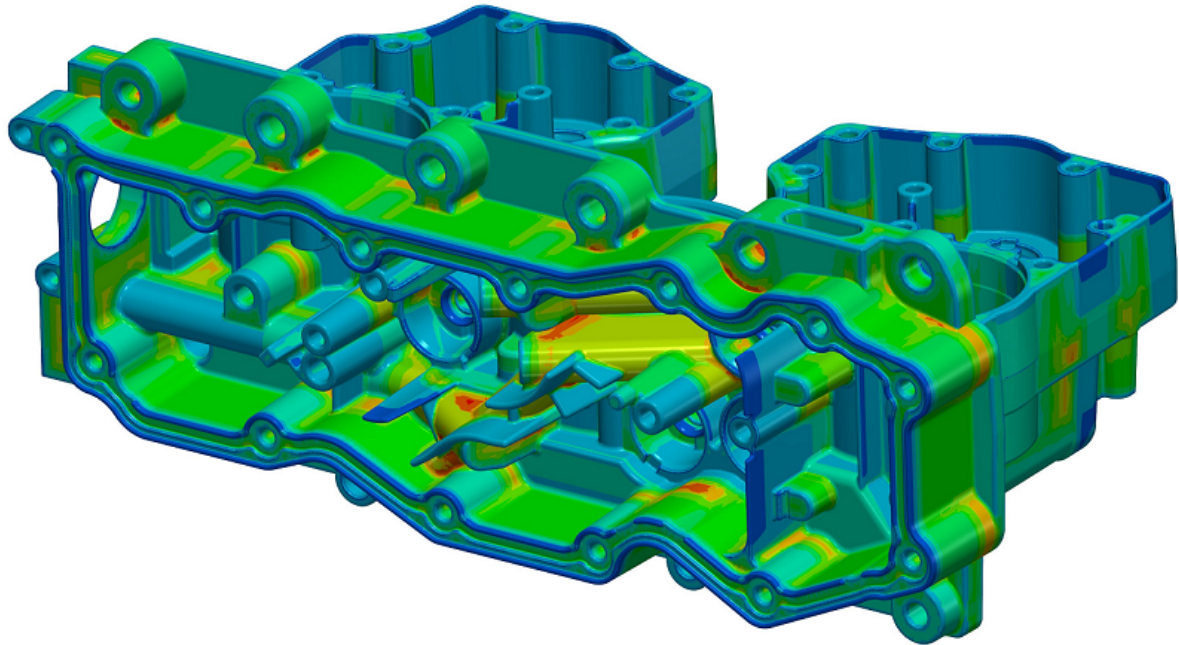


Abbildung 3.9: Oberflächentiefe eines Gussteils

Der Tiefewert sagt aus, welchen Durchmesser die maximal einbeschreibbare Kugel hat, die den eingefärbten Oberflächenpunkt berührt. Definieren Sie zunächst die Berechnungsparameter und starten Sie dann die Berechnung. Blenden Sie das Bauteil nach der Berechnung im Strukturbaum aus, um die Tiefenbereiche besser zu erkennen. Die gefundenen Tiefenwerte werden gleichmäßig in 10 unterschiedlich eingefärbte Farbbereiche unterteilt. Diese sind im Nachhinein editierbar (Farbe, Wertebereich, Anzahl). Sie müssen die Berechnung nur dann *“zurücksetzen”*, wenn Sie Berechnungsparameter verändern möchten.

Über den Parameter *“Genauigkeit”* wird festgelegt, wie präzise die Tiefe gemessen und wie fein die Oberfläche unterteilt wird. Für schnelle, grobe Berechnungen wählen Sie Werte zwischen 0,5mm und 1mm. Um kleine, filigrane Bauteile zu analysieren oder eine Oberflächentiefe mit verbesserter Genauigkeit zu erzeugen, wählen Sie 0,05mm bis 0,1mm.

Der Parameter *“Max. Tiefe”* dient dazu, dünne Wandstärken schneller und genauer zu analysieren. Die Tiefenbestimmung bricht ab, sobald der eingegebene Wert überschritten wurde, was eine kürzere Rechenzeit bewirkt. Der erzeugte Wertebereich wird beschnitten und der entstehende Farbverlauf fächert durch den kleineren Wertebereich weiter auf, so dass dünne Wandstärken besser unterscheidbar sind.

Mit dem Parameter *“Scharfe Kanten”* wird die Tiefemessung so verändert, dass an Kanten kein niedriger Tiefenwert entsteht. Je höher der *“Scharfe Kanten”*-Wert ist, desto schärfere (spitzere) Kante werden toleriert. Beachten Sie, dass der Wert kleine Messfehler bewirken kann. Für eine möglichst genaue Tiefenmessung wählen Sie einen kleinen Wert, z.B. 0,1mm.

Die Checkbox *“Farbverlauf umkehren”* verändert den Farbverlauf von *“blau (dünn) - rot (dick)”* nach *“rot (dünn) - blau (dick)”*.

In der Tabelle *“Tiefenbereiche”* können Sie einzelne Tiefenbereiche über das Kontextmenü (rechte Maustaste) exportieren, entfernen und hinzufügen. Farbänderungen (über den Button *“Farbe”*) werden sofort in der 3D-Ansicht übernommen. Über die *“Tiefenwerte”* lassen sich

die Obergrenzen jeder Farbe anpassen. Bei Anpassung von Tiefenwerten über Entfernen / Hinzufügen von Tiefenbereichen ist es erforderlich, *“Tiefenbereiche aktualisieren”* zu wählen.

3.7 Hinterschnitte

3.7.1 Gestaltungsrichtlinien

Hinterschnitte sind zu vermeiden, da sie zusätzliche Kosten verursachen. Ist eine Vermeidung nicht möglich, müssen Schieber in die Form eingesetzt werden. Schieber sollten möglichst parallel zur Hauptteilungsebene liegen, es muss genügend Platz für Schieberführungen und ggf. Hydraulikzylinder vorhanden sein. Schieber sind wenn möglich in der beweglichen Formhälfte anzuordnen. Alternativ zur Verwendung von Schiebern kann ein komplexes Bauteil in zwei einfache Gusstücke unterteilt werden, die anschließend zusammengefügt werden. (Nach: 1)

3.7.2 Ablauf

Die Analyse in *veoCAST* ist mehrstufig aufgebaut: Nach manueller Festlegung einer Trennebene, die vorgibt, in welche Richtung sich die Werkzeughälften öffnen, werden automatisch alle Hinterschnitte erfasst. Die Hinterschnitte werden als Volumenkörper gemeinsam mit dem Bauteil dargestellt, siehe Abbildung. Sie können daraufhin entscheiden, ob sich bestehende Hinterschnitte vermeiden lassen, ob Aushebeschrägen nötig sind und ob die Fertigung und Fixierung von Kernen einfach möglich ist. Nach der Berechnung können Sie pro Hinterschnitt zuweisen, wie dieser im Werkzeugbau zu behandeln ist. Die Teilschritte der Hinterschnittanalyse werden in den folgenden Unterkapiteln detailliert beschrieben.

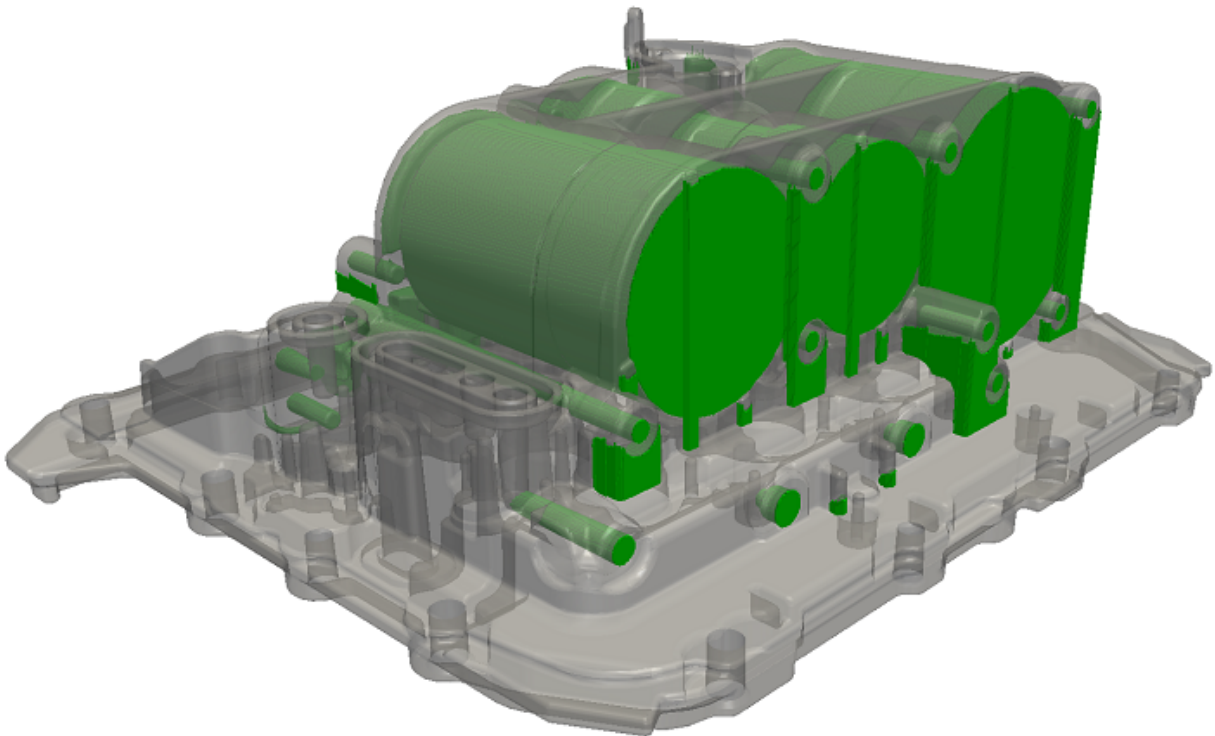


Abbildung 3.10: Bauteil mit eingblendeten Hinterschnitten

3.7.3 Trennebene erstellen

Grundlage der *Hinterschnittberechnung* ist die *Trennebene*. Diese legt fest, in welche Richtung sich die Werkzeughälften öffnen. Die *Trennebene* kann mit vier unterschiedlichen Tools erstellt werden, die Sie über Buttons im Reiter *“Hinterschnitte”* starten.

- Wählen Sie das Tool *“Durch 3 Punkte”*. Durch Linksklick auf die Geometrie können drei Punkte auf der Oberfläche gesetzt werden. Die *Trennebene* wird durch die drei definierten Punkte gelegt. Verwenden Sie dieses Tool, wenn das Bauteil ausschließlich aus gekrümmten Oberflächen besteht und Sie keine geeignete ebene Fläche auswählen können.
- Wählen Sie das Tool *“Durch Ebene”* und bewegen Sie den Mauszeiger in die *3D-Ansicht*. Es wird das unter dem Mauszeiger liegende Dreieck hervorgehoben. Durch Linksklick wird eine Ebene durch das gewählte Dreieck gelegt. Verwenden Sie dieses Tool, wenn sich die *Trennebene* durch eine ebene Fläche des Bauteils definieren lässt.
- Wählen Sie das Tool *“Senkrecht zu Linie”* und ziehen Sie in der *3D-Ansicht* auf der Bauteiloberfläche eine Linie. Es wird eine Ebene erstellt, die senkrecht zu Bauteiloberfläche und gezeichneter Linie ausgerichtet ist. Dieses Tool bietet sich an, wenn keine Bauteilflächen in Ausrichtung der *Trennebene* existieren, aber Seitenflächen vorhanden sind, die in *Entformungsrichtung* stehen. Das folgende Beispiel zeigt ein Bauteil mit schief ausgerichtetem Dom und verkippter Domoberfläche. Im ersten Schritt richten Sie den Dom in der Ansicht senkrecht aus. Setzen Sie dazu in der *3D-Ansicht* mit der Tastenkombination *“Strg+R”* den Drehpunkt auf den Dom und rotieren Sie die Ansicht. Im zweiten Schritt ziehen sie auf dem Dom eine waagrechte Linie (schwarze Linie in der linken Abbildung). Die aufgespannte *Trennebene* hat somit die perfekte Ausrichtung zur Entformung des Doms (rechte Abbildung).

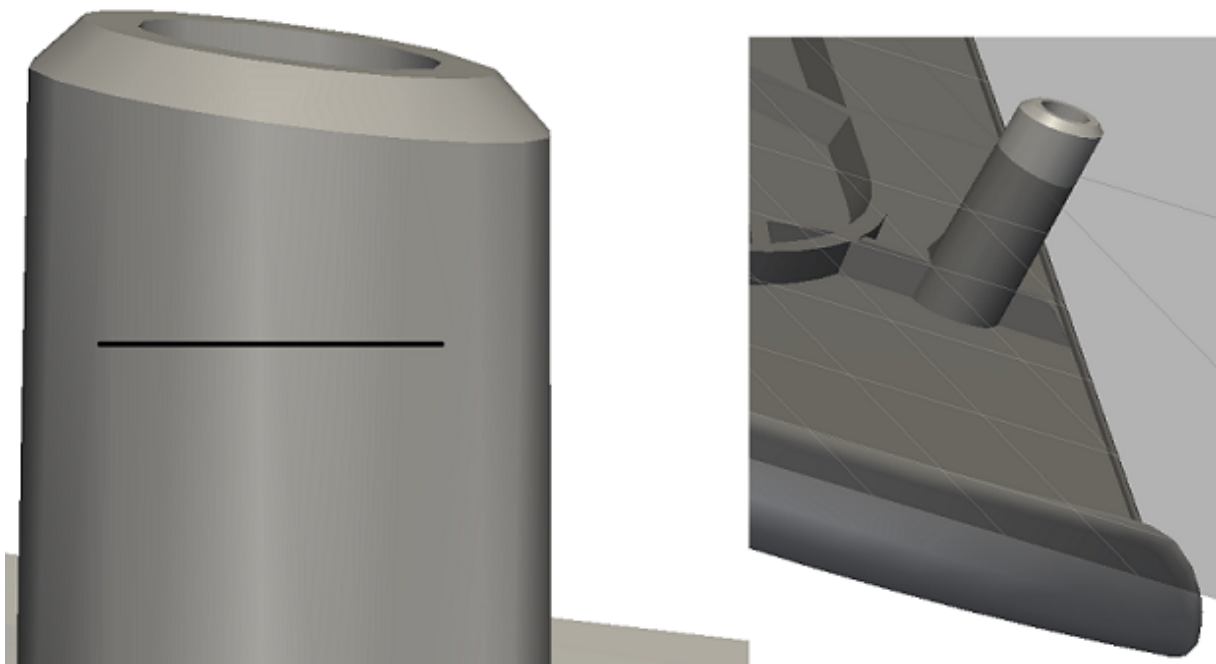


Abbildung 3.11: Erzeugen einer *Trennebene* *“Senkrecht zu Linie”*

- Enthält die CAD-Geometrie die vom Konstrukteur vorgesehene *Entformungsrichtung*, kann diese ausgelesen werden. Wählen Sie dazu die *Entformungsrichtung* in der Ansicht "*Bauteilstruktur*" und selektieren Sie den "Shape-Knoten" auf unterster Ebene. In CATIA wird die Entformungsrichtungsrichtung meist unter "*Design_Work*" abgelegt. Klicken Sie auf den Button "*Aus Entformungsrichtung*". Um eine *Entformungsrichtung* aus der Geometrie verwenden zu können, muss diese eingeblendet (aktiviert) sein. Alternativ klicken Sie bei geöffneter *Bauteilstruktur* in der *3D-Ansicht* auf die gewünschte *Entformungsrichtung*. Anschließend wählen Sie den Button "*Aus Entformungsrichtung*".

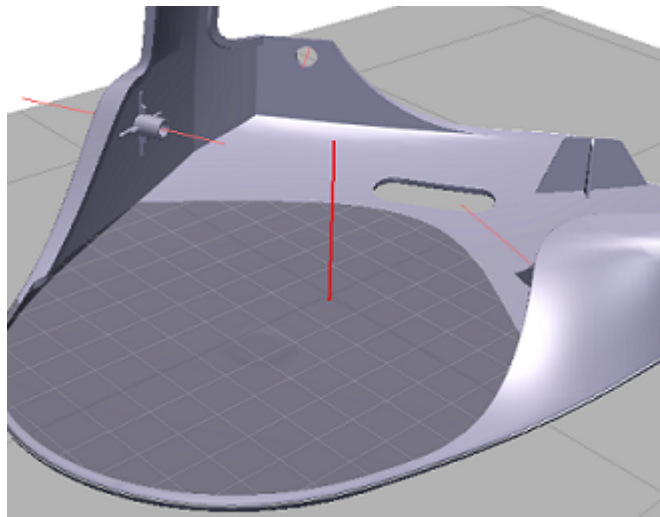


Abbildung 3.12: Auswahl der *Entformungsrichtung* in der *3D-Ansicht*

Die Ebene wird mittig auf die selektierte Entformungslinie gelegt und kann nachträglich verschoben werden, siehe Unterkapitel "*Rotieren und Verschieben der Trennebene*".

Hinweis: Die Position der Ebene dient nur zur Veranschaulichung der Werkzeugtrennung. Für die Berechnung von Hinterschnitten und Hüllquadern ist die Ausrichtung und nicht die Position der *Trennebene* entscheidend. Die Ebene muss somit nicht verschoben werden.

3.7.3.1 Rotieren und Verschieben der *Trennebene*

Die *Trennebene* kann nach der Erzeugung beliebig rotiert und verschoben werden. Wählen Sie dazu die *Trennebene* in der *3D-Ansicht*. Öffnen Sie das Eigenschaften-Menü und aktivieren Sie den Manipulator, wie im Handbuch *veoBASE*, Kapitel "*Eigenschaften öffnen*" beschrieben. In der *3D-Ansicht* erscheint ein Kompass. Über den roten und grünen Kreisbogen des Kompass kann die Ebene rotiert werden. Die blaue Achse dient zur Verschiebung der Ebene.

3.7.3.2 Anlegen einer neuen *Trennebene*

Besteht bereits eine *Trennebene*, können Sie nach *Berechnung zurücksetzen* mit den oben beschriebenen Tools eine neue *Trennebene* anlegen. Wurden auf Grundlage der bestehenden Ebene bereits Berechnungen durchgeführt, werden alle obsoleten Daten (z.B. Hinterschnitte, Schieber, Einsätze, Hüllquader, Projektion, Werkzeughälften) verworfen.

3.7.4 Hinterschnittberechnung

Nach der Erstellung einer *Trennebene* können über den Befehl *“Hinterschnitte berechnen”* Hinterschnitte automatisch erfasst werden. Aufgefunden werden *Hinterschnitte* anhand der *Trennrichtung*.

3.7.4.1 Mögliche Probleme bei der Hinterschnittberechnung

- Beachten Sie, dass die *Hinterschnitte* durch ein Diskretisierungsverfahren bestimmt werden, d.h. bei sehr großen Bauteilen ($>1,5\text{m}$) werden verhältnismäßig kleine Hinterschnitte ($<1\text{mm}$) ggf. falsch eingeordnet oder in Ausnahmefällen nicht erfasst.
- Liegen in der Vernetzung des Bauteils große Fehler (Löcher in der Oberfläche) vor, so wird das gesamte Innere des Bauteils aus Hinterschnitt klassifiziert. In diesem Fall besitzt ein einzelner Hinterschnitt ein sehr großes Volumen, ist aber in der 3D-Ansicht nicht (bzw. nur an der Stelle des Lochs in der Bauteiloberfläche) zu erkennen. Blenden Sie ggf. das Bauteil aus, um zu überprüfen, ob dieser Fall vorliegt. Der falsch erkannte Hinterschnitt kann mit dem Befehl *“Selektierte Komponente löschen”* in der Toolbar entfernt werden.

3.7.4.2 Hinterschnittkategorien Flach und Tief

Alle ermittelten *Hinterschnitte* werden zunächst in die Kategorien *“Tief”* und *“Flach”* eingeordnet.

- Tiefe *Hinterschnitte* stellen meist echte Probleme dar und müssen ggf. im Werkzeugbau durch *Schieber* oder *Einsätze* behandelt werden. Sie werden in der *3D-Ansicht* grün markiert.
- Flache *Hinterschnitte* werden nach der Berechnung nicht automatisch dargestellt und können über den Befehl *“Selektierte anzeigen”* im Kontextmenü nachgeladen werden. Flache *Hinterschnitte* entstehen oft durch schlechte CAD-Datenqualität oder minimal verkippte *Trennebenen*. Sie werden in der *3D-Ansicht* gelb markiert, bei geringem *Hinterschnittvolumen* können sie meist ignoriert werden. Allerdings sind flache Hinterschnitte ggf. ein Hinweis auf fehlende Aushebeschrägen.

3.7.4.3 Inspizieren der Hinterschnitte

Es liegt in der Verantwortung des Anwenders, sowohl *flache* als auch *tiefe Hinterschnitte* zu prüfen. Dazu können alle *Hinterschnitte* gemeinsam in der *3D-Ansicht* betrachtet werden, oder Schritt für Schritt abgearbeitet werden. Um einen *Hinterschnitt* einzeln zu prüfen, wählen Sie diesen aus der *Ergebnistabelle* aus und öffnen über die rechte Maustaste das Kontextmenü. Wählen Sie *“Auswahl betrachten”*, daraufhin zoomt die *3D-Ansicht* auf den gewählten *Hinterschnitt*. Dieser wird rot eingefärbt. Durch Markieren und Inspizieren mehrerer *Hinterschnitte* können Sie mehrere bzw. alle *Hinterschnitte* wieder sichtbar schalten.

Beim Zoom auf *Hinterschnitte* wird nicht geprüft, ob der *Hinterschnitt* frei sichtbar ist oder durch das Bauteil verdeckt wird. Sehen Sie den *Hinterschnitt* nach *“Auswahl betrachten”* nicht, dann verändern Sie in der *3D-Ansicht* die Perspektive. Alternativ stellen Sie in der *3D-Ansicht* den Darstellungsmodus mit der Tastenkombination *“Strg+W”* (**W**ireframe) auf Drahtgitterdarstellung. Über die Tastenkombination *“Strg+P”* (**P**hong) kehren Sie in die normale Darstellung zurück.

3.7.4.4 Neuberechnung

Sind Sie mit dem Ergebnis einer *Hinterschnittberechnung* nicht zufrieden, wählen Sie *Berechnung zurücksetzen* erzeugen sie zuerst eine neue *Trennebene*. Alle bestehenden *Hinterschnitte* werden dadurch verworfen und können nicht wiederhergestellt werden. Die Berechnung wird nach Änderung oder Erzeugung einer neuen Ebene nicht automatisch angestossen, wählen Sie daher nochmals *“Hinterschnitte berechnen”*.

3.7.5 Schieber- und Einsätze

Nach der Berechnung der *Hinterschnitte* muss entschieden werden, wie diese im Werkzeugbau zu behandeln sind. Zur Auswahl stehen dafür *Schieber* und *Einsätze*. Einsätze lassen sich analog zu Schiebern erzeugen und manipulieren, daher wird im folgenden Text nur auf Schieber eingegangen. Erstellen Sie einen neuen *Schieber*, indem Sie in der Tabelle *“Schieber”* das Kontextmenü öffnen. Wählen Sie *“Erzeuge Schieber”*, so erscheint ein neuer Eintrag in der Tabelle. Analog verfahren Sie zum Erzeugen von *Einsätzen*.

3.7.5.1 Zuordnen von Hinterschnitten

Jeder *Hinterschnitt* kann einem *Schieber* oder *Einsatz* zugeordnet werden. Dazu wählen Sie den *Hinterschnitt* aus der Tabelle und ziehen ihn mit Drag & Drop auf den *Schieber*. Der *Hinterschnitt* erscheint unterhalb des *Schiebers* und wird aus der *Ergebnistabelle* (links) entfernt. Um eine Zuordnung wieder aufzuheben, wählen Sie den *Hinterschnitt* und selektieren im Kontextmenü *“Entferne Hinterschnitt”*. Der *Hinterschnitt* wird dadurch wieder in die *Ergebnistabelle* eingefügt. Sie können mehrere *Hinterschnitte* in einen einzigen Schieber ziehen.

3.7.5.2 Anpassung des Schieberquaders

Nach Zuweisung von Hinterschnitten zu einem Schieber wird automatisch ein Quader erzeugt (in der *3D-Ansicht* als schwarze Box dargestellt), der die Abmaße des Schiebers symbolisiert. Der Quader ist zur *Trennebene* ausgerichtet und stellt zunächst die minimalen Abmaße des *Hinterschnitts* dar. Hüllquader können in der *3D-Ansicht* oder in der Tabelle *Schieber* markiert und in ihrer Größe verändert werden. Für die Größenänderung kann der Quader an den grauen Kugeln geklickt und angepasst werden (vgl. Abbildung). Die Flächen des Quaders können zur Rotation genutzt werden. Länge, Breite und Höhe des *Schiebers* richten sich nach dem jeweiligen Maximalwert des enthaltenen Quaders.

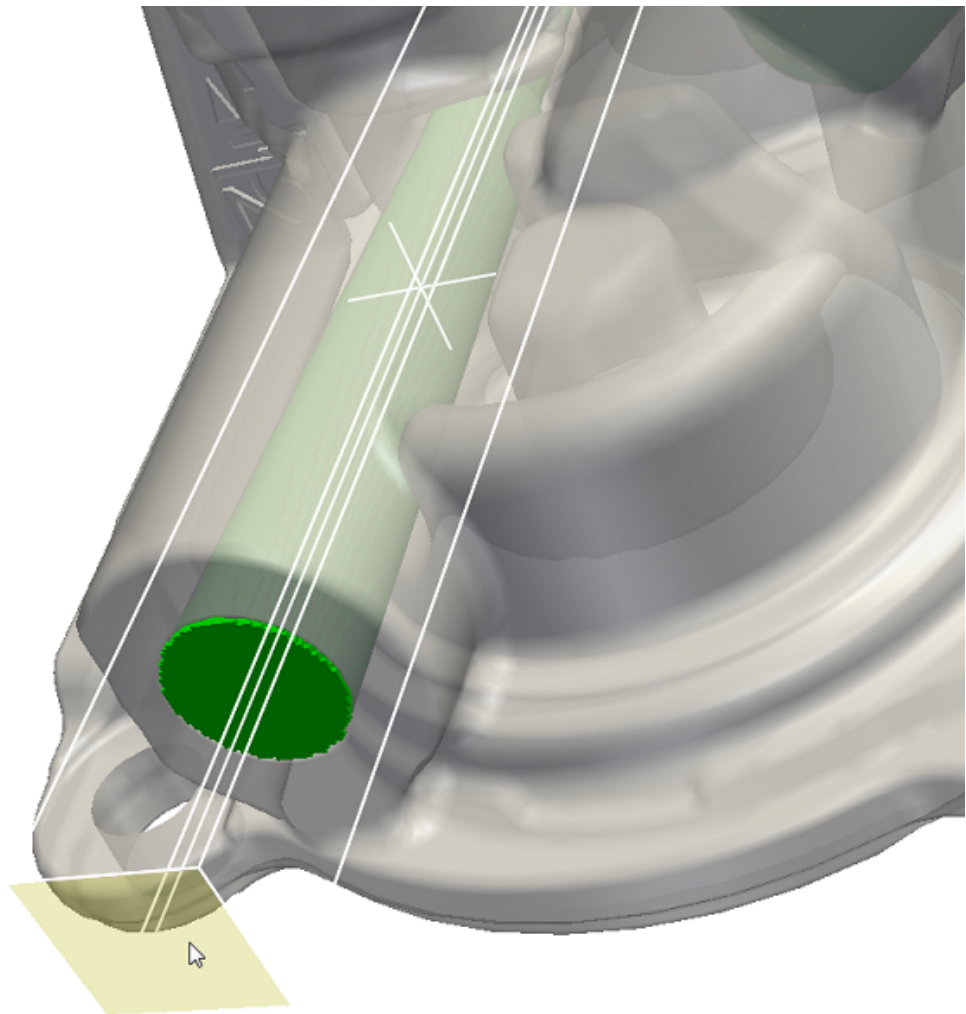


Abbildung 3.13: Anpassung eines *Hüllquaders* für einen Schieber

3.8 Abmaße

Basierend auf der *Trennebene*, die im Reiter "*Hinterschnitte*" festgelegt wurde, lassen sich weitere Kennwerte des Bauteils bestimmen. So lange keine *Trennebene* vorliegt, ist die folgende Funktionalität deaktiviert.

3.8.1 Hüllquader

Im Reiter “*Abmaße*” erfassen Sie die räumliche Ausdehnung und Ausrichtung des Bauteils im Werkzeug anhand eines *Hüllquaders*. Der *Hüllquader* umschließt das gesamte Bauteil und ist durch die zuvor definierte *Trennebene* ausgerichtet. Zur Ermittlung der *Abmaße* wählen Sie “*Erzeuge Hüllquader*”. Nach erfolgter Berechnung wird der kleinstmögliche ebenenorientierte *Hüllquader* des Bauteils angezeigt. Länge, Breite und Höhe werden automatisch in die Datenfelder eingetragen.

Es ist möglich, den *Hüllquader* in der definierten *Trennebene* zu drehen, um die Werkzeuggröße zu beeinflussen. Wählen Sie dazu den “*Manipuliere Hüllquader*” im Reiter “*Abmaße*” und bewegen Sie den Kompass am blauen Kreisbogen. Die *Abmaße* werden entsprechend neu berechnet. Drücken Sie “*Lösche Hüllquader*” und im Anschluß “*Erzeuge Hüllquader*”, um die kleinstmögliche Größe wiederherzustellen.

3.8.2 Projizierte Fläche und Auftreibkraft

Die *projizierte Fläche* des Bauteils bzgl. der *Trennebene* kann über den Befehl “*Berechne projizierte Fläche*” im Reiter “*Abmaße*” bestimmt werden. Nach der Berechnung wird die *Projektion* in der *3D-Ansicht* als graue Fläche unterhalb des Bauteils visualisiert und der ermittelte Flächenwert in die *Workbench* eingetragen. Blenden Sie ggf. das Bauteil über den Strukturbaum aus, damit die Projektion nicht verdeckt ist. Auf Basis des vom Benutzer angegebenen Werkzeuginnendrucks wird die Werkzeugauftreibkraft berechnet und auf die nächstgrößere Hunderterstelle gerundet. Der so ermittelte Wert dient zur Auswahl des geeigneten Werkzeugs anhand der Zuhaltekraft. Der Button “*Lösche projizierte Fläche*” entfernt die Fläche aus der *3D-Ansicht*.

Maximal realisierbare Zuhaltekräfte beim Druckgussverfahren sind laut 1:

- Bei Warmkammerdruckgussmaschinen: 8000kN (800t)
- Bei Kaltkammerdruckgussmaschine: 45000kN (4500t)

Für die Materialien Aluminium und Kupfer ist kein Warmkammerdruckguss möglich. Aluminium- und Magnesiumlegierungen werden üblicherweise mit 300–1200 bar, Zink mit 130–250 bar und Messing mit 300–1000 bar vergossen (3).

3.8.3 Werkzeughälften

Erforderlich ist zur Erzeugung von *Werkzeughälften*, dass bereits ein *Hüllquader* erzeugt wurde. Über den Button “*Erzeuge Werkzeughälften*” kann zur aktuellen *Trennebene* und dem *Hüllquader* eine grobe Werkzeuggeometrie erstellt werden. Die Geometrie erscheint in der *3D-Ansicht* über- bzw. unterhalb des Bauteils. Der Button “*Lösche Werkzeughälften*” entfernt die erzeugte Geometrie aus der Szene.

3.9 Verdeckung

Basierend auf der *Trennebene*, die im Reiter "*Hinterschnitte*" festgelegt wurde, lassen sich weitere Kennwerte des Bauteils bestimmen. Nach Definition einer *Trennebene* ist die Analysefunktion *Verdeckung* aktiviert. Stellen Sie die gewünschte Entformungsschräge (in Grad) ein und starten Sie die Analyse.

Daraufhin wird die Bauteiloberfläche in bis zu 6 verschiedene Kategorien eingeordnet:

- Von oben berührbar (auf der oberen Werkzeughälfte aufliegend)
- Von unten berührbar (auf der unteren Werkzeughälfte aufliegend)
- Verdeckt, nach oben zeigend
- Verdeckt, nach unten zeigend
- Verdeckt, in Trennrichtung liegend
- Nicht verdeckt, in Trennrichtung liegend

Kritisch für die Fertigbarkeit sind ggf. die gelb eingefärbten Flächen "nicht verdeckt, in Trennrichtung", da hier keine Entformungsschräge vorhanden ist und sie je nach Werkzeugkonstruktion auf Werkzeughälften aufliegen könnten. Je größer die geforderte *Entformungsschräge*, desto mehr Flächen werden dieser Kategorie zugeordnet.

Die drei verdeckten Flächentypen werden in der gleichen Farbe dargestellt, da sie gemeinsam die anliegende Oberfläche von Einsätzen oder Schiebern definieren. Nach Ausblenden des Bauteils im Strukturbaum lassen sich die Flächen einzeln auswählen und damit die Aufteilung sichtbar machen. Weiterhin können Sie jede Fläche über das Kontextmenü in der 3D-Ansicht als Datei exportieren.

3.9.1 Gestaltungsrichtlinien für Aushebeschrägen (Druckguss)

Zu geringe Aushebeschrägen führen zu folgenden Problemen(siehe 1):

- Nichtentformbarkeit der Gussstücke (nicht herstellbar!)
- Schabstellen bei der Entformung
- Verformung von Teilepartien (Unebenheit, Verbiegung, Verzug)
- einem erhöhten Bedarf an Formtrennmittel und damit Porositäten
- Gefahr von Rissen bzw. Ausbrüchen
- mehr Auswerfer notwendig (Gratbildung)

“Die rasche Erstarrung des Metalls und die sofort danach einsetzende Schrumpfung verlangen je nach Druckgießwerkstoff, Stückgröße sowie Lage der aufschumpfenden Flächen mehr oder weniger große Aushebeschrägen, um die Abgüsse bei der Unnachgiebigkeit der Stahlkerne fehlerlos aus der Form entnehmen zu können. In eng begrenztem Umfang und nach Abstimmung mit dem Gießer kann vereinzelt mit 0 Grad Aushebeschräge gegossen werden. Anwendung findet dies z.B. bei Lagersitzen oder Zentrierstiften.” Aus: 1

Besitzt das Werkzeug eine bewegliche und eine feste Hälfte, so sollte das Bauteil auf der beweglichen Hälfte (Auswerferseite) kleinere Ausformschrägen von maximal 1,5 Grad besitzen. Die feste Werkzeughälfte sollte mindestens 2 Grad Entformungsschräge aufweisen. Dadurch verbleibt das Bauteil sicher auf der Auswerferseite.

Minimalwerte für lokale Aushebeschrägen im Druckguss (in Grad):

Werkstoffgruppe	Außenflächen	Innenflächen (bewegl.)	(fester Kern)
Aluminium	0,7 - 1	0,7 - 1	1,5 - 2
Zink	0,5 - 1	0,5 - 1	0,5 - 1
Magnesium	0,5 - 1	0,5 - 1	0,75 - 1,5
Kupfer	1 - 2,5	1,5 - 2	1,5 - 3

Richtwerte für allgemeine Aushebeschrägen im Druckguss (in Grad):

Werkstoffgruppe	Außenflächen	Innenflächen (bewegl.)	(fester Kern)
Aluminium	0,7 - 1	0,7 - 1	1,5 - 2
Zink	0,5 - 1	0,5 - 1	0,5 - 1
Magnesium	0,5 - 1	0,5 - 1	0,75 - 1,5
Kupfer	1 - 2,5	1,5 - 2	1,5 - 3

(Tabellen aus 1)

3.10 Innenkanten

Übergänge sollten bei Gussteilen fließend, z.B. in Form von Hohlkehlen konstruiert werden. Scharfe Übergänge mit Kerbwirkung sind zu vermeiden. Für den Reiter “Innenkanten” wurde ein Verfahren implementiert, das fehlende Verrundungen von Innenkanten markiert. Über den Schwellwert *Verrundungsradius* wird definiert, welcher Verrundung (in mm) für Innenkanten des analysierten Bauteils mindestens erforderlich ist. Der Bereich der fehlenden Verrundung wird in der 3D-Ansicht hervorgehoben und in der Ergebnistabelle als *Kante* angezeigt. Ein Verrundungsradius von 0 mm wird angezeigt, wenn der Bereich als harte Kante ohne Verrundung erkannt wurde. Die einzelnen gefundenen Kanten sind über das Kontextmenü der Ergebnistabelle fokussierbar, lassen sich exportieren und es können pro Kante Screenshots zugewiesen werden.

Die implementierte Analyse basiert auf der Vernetzung des geladenen Bauteils. Bei CAD-Daten haben Sie in den Benutzervorgaben die Möglichkeit, die Vernetzungsqualität zu konfigurieren und so die Analysequalität zu verbessern.

3.11 Außenkanten

Übergänge sollten fließend erfolgen und in den Ecken ausgerundet werden (siehe 1). Außenkanten von Gußteilen sollten abgerundet sein, weil das Teil ohne Verrundungen schlecht entformbar ist und das Gußteil-Material ansonsten an der Kante spröde wird. Außerdem wirken sich fehlende Verrundungen negativ auf die Lebensdauer der Gußform aus. Im Reiter *Außenkanten* steht eine Funktion zur Verfügung, die nicht verrundete Außenkanten erkennt und in der 3D-Ansicht markiert.

Über den Schwellwert *Verrundungsradius* wird definiert, welcher Verrundung (in mm) für Außenkanten des analysierten Bauteils mindestens erforderlich ist. Der Bereich der fehlenden Verrundung wird in der 3D-Ansicht hervorgehoben und in der Ergebnistabelle als *Kante* angezeigt. Ein Verrundungsradius von 0 mm wird angezeigt, wenn der Bereich als harte Kante ohne Verrundung erkannt wurde. Die einzelnen gefundenen Kanten sind über das Kontextmenü der Ergebnistabelle fokussierbar, lassen sich exportieren und es können pro Kante Screenshots zugewiesen werden.

Die implementierte Analyse basiert auf der Vernetzung des geladenen Bauteils. Bei CAD-Daten haben Sie in den Benutzervorgaben die Möglichkeit, die Vernetzungsqualität zu konfigurieren und so die Analysequalität zu verbessern.

3.12 Reporting

Die Funktion “*Reporting*” dient zur Dokumentation von Analyseergebnissen. In einem Report werden Informationen über das analysierte Bauteil und die in *veoCAST* durchgeführten Analysen, deren Parameter und Ergebnisse zusammengefasst. Ergänzt wird der Report durch Screenshots und Kommentare des Anwenders. Nicht gestartete Analysen erscheinen auch nicht im Report.

3.12.1 Screenshot-Erstellung

Sie haben zwei Möglichkeiten, Screenshots für den Report zu erstellen: *Reiter-Screenshots* dokumentieren Gesamtergebnisse eines Analyse-Reiters, z.B. eine Übersicht aller gefundenen Maxima-Kugeln. *Ergebnis-Screenshots* zeigen eine einzelne Problemstelle und sind einem konkreten Analyseergebnis zugewiesen, beispielsweise zur Bewertung einer Maximum-Kugel.

3.12.1.1 Erstellung und Verwaltung von Reiter-Screenshots

Um einen Reiter-Screenshot für eine Analyse zu erstellen, wechseln Sie in den entsprechenden Reiter. Passen Sie die 3D-Ansicht in Größe, Seitenverhältnissen und Perspektive wie für den Screenshot gewünscht an. Aktivieren Sie in der *veoCAST* Toolbar die Funktion *“Reiter-Screenshot erstellen”*. Es wird ein Screenshot der aktuellen *3D-Ansicht* aufgenommen, diesem können Sie einen Namen und einen Kommentar zuweisen. Der Kommentar erscheint im Report neben dem Screenshot. *“OK”* speichert den Screenshot mit den eingegebenen Metadaten, über *“Abbrechen”* können Sie den Screenshot verwerfen. Sie können jedem Reiter beliebig viele Screenshots zuweisen. Eine Übersicht aller aufgenommenen Screenshots des Reiters erhalten Sie, indem Sie in der Toolbar von *veoCAST* *“Reiter-Screenshots anzeigen”* wählen. Über das Kontextmenü *“Screenshot bearbeiten”* können Sie einzelne Screenshots anzeigen und nachträglich Namen bzw. Kommentar anpassen. *“Screenshot löschen”* entfernt den Eintrag aus der Liste der Reiter-Screenshots.

- Der erste Screenshot des Reiters *Verwaltung* erscheint auf der Titelseite des Reports und soll dokumentieren, auf welches Bauteil sich der Report bezieht.

3.12.1.2 Erstellung und Verwaltung von Ergebnis-Screenshots

Ergebnis-Screenshots lassen sich über das Kontextmenü von Berechnungsergebnissen mit *“Screenshot erstellen”* zuweisen. Sie können pro Ergebnis mehrere Screenshots zuweisen, beispielsweise ein Übersichts-Bild, eine Detailaufnahme und eine Schnittansicht für eine Maxima-Kugel. Es wird empfohlen, für Ergebnisscreenshots alle anderen Ergebnisse auszublenden (*“Selektierte ausblenden”*). Mit dem Kontextmenü *“Screenshots anzeigen”* öffnen Sie das Verwaltungsfenster der Screenshots für das ausgewählte Ergebnis, das analog zur Verwaltung der Reiter-Screenshots aufgebaut ist.

3.12.2 Export eines Reports

Verwenden Sie die Funktion *“Report erstellen”* in der *veoCAST* Toolbar, um ein Dokument zu exportieren. Im Dateimenü können Sie den Speicherort und das Dateiformat des Reports auswählen. Es stehen folgende Formate zur Verfügung:

- Portable Document Format (pdf)
- Office Open XML Text (docx)
- Office Open XML Tabelle (xlsx)
- Open Document Text (odt)
- Hypertext (html)

Die erstellten Reports können Sie z.T. nachbearbeiten, beispielsweise ermöglicht der Adobe Acrobat Reader über die Kommentar-Funktion das Zeichnen und Markieren von Details in Screenshots.

3.13 Schnellprüfung

Die Funktion *“Schnellprüfung”* ermöglicht es, mit einem Knopfdruck mehrere Analysen zu starten. Aktivieren Sie dazu in der *veoCAST* Toolbar die Funktion *“Schnellprüfung”*. Es werden daraufhin die Analysen *Maxima*, *Minima* und *Isoflächen* aufgerufen. Die Analysen starten NICHT, wenn die jeweilige Analyse bereits vom Anwender durchgeführt wurde. Um in diesem Fall die Schnellprüfung durchzuführen, muss die Analyse zurückgesetzt werden.

3.13.1 Konfiguration der Parameter für die Schnellprüfung

Für die automatisch durchgeführten Analysen werden die in den *Benutzervorgaben* hinterlegten Werte verwendet. Um diese anzupassen, wählen Sie *Datei > Benutzervorgaben > veoCAST* und konfigurieren die Werte. Die Änderungen können ohne Neustart der Anwendung übernommen werden.

3.13.2 Schnellprüfung Isoflächen

Die *Benutzervorgaben* für *Isoflächen* enthalten zusätzlich den Parameter *Schrittgröße*, der im Analysereiter nicht enthalten ist. Dieser Wert definiert, in welchen Abständen nach der Vorverarbeitung Isoflächen erstellt werden.

Kapitel 4

Fortgeschrittene Themen

4.1 Benutzervorgaben

In den *Benutzervorgaben* werden die Grundeinstellungen von *Veo* hinterlegt und können vom Anwender angepasst werden. Öffnen Sie die *Benutzervorgaben* über

“Datei” > “Benutzervorgaben” > “veoCAST”.

4.1.1 Berechnungsverzeichnis

Während der Analyse von Geometriedaten werden diverse Berechnungsgeometrien erzeugt, z.B. *Hinterschnitte* oder *Werkzeughälften*. Diese werden für jedes zu analysierende Bauteil separat in einem *Berechnungsverzeichnis* abgespeichert. Unter *veoCast* kann über das Feld “*Verzeichnis*” der Ablageort der Berechnungsdaten angegeben werden. Standardmäßig ist dieser auf ein lokales Verzeichnis des aktuellen Benutzers gesetzt.

4.1.2 Grundeinstellungen

Die Grundeinstellungen der Analysen *Maxima*, *Minima* und *Isoflächen* sind in den *Benutzervorgaben* unter *veoCAST* hinterlegt. Neue *veoCAST* Workbenches starten mit diesen Werten. Die Grundeinstellungen werden weiterhin in der **Schnellprüfung** verwendet.

Kapitel 5

Weitere Gestaltungsrichtlinien

Die folgenden Gestaltungsrichtlinien beziehen sich auf das Verfahren **Druckguss**, lassen sich aber z.T. auf andere Gussverfahren übertragen.

5.1 Bohrungen und Durchbrüche

Beim **Druckgussverfahren** können Bohrungen vorgegossen oder fertiggegossen werden. Eine geringe Konizität ist ausreichend. Zur Erzeugung von Bohrungen wird im Werkzeug ein Kern eingesetzt. Da Kerne einer hohen Belastung ausgesetzt sind, muss sichergestellt werden, dass sie nicht verschoben oder verformt werden können. Durchgehende Löcher sind zu bevorzugen, da sie eine beidseitige Führung der Kerne in der Druckgießform zulassen. Das direkte Anströmen eines Kernes ist zu verhindern, aus diesem Grund ist auch eine Positionierung der Bohrungskerne im Anschnittbereich zu vermeiden. Bei dünnen Bohrungen und damit dünnen Kernen sollte ggf. nur eine Körnung gegossen und die Bohrung mechanisch hergestellt werden. Die folgende Tabelle gibt Grenzwerte für eingegossener Bohrungen an (Quelle: 1):

Werkstoff	Min.Durchmesser	Max.Länge durchgehend	Max.Länge Sackloch	Aushebeschräge
Aluminium	2,5mm	5*d	3*d	1,5 Grad
Zink	0,8mm	8*d	4*d	1,0 Grad
Magnesium	2,0mm	5*d	3*d	1,5 Grad
Kupfer	4,0mm	3*d	2*d	2,5 Grad

Bei Druckgussteilen ist zu prüfen, ob durch Bohrungskerne kritische Einschnürungen erzeugen. Diese können durch Drosselung des Metallflusses zu einem fehlerhaften Guss führen (siehe 1). Einschnürungen lassen sich in *veoCAST* durch die Analysen **Minima** und **Isoflächen** aufdecken.

5.2 Normen für Druckguss-Bauteile

Bei Druckguss-Bauteilen sind folgende Normen in ihrem jeweils aktuellsten Stand anzuwenden:

- Bearbeitungszugaben für Druckgussstücke aus Leichtmetallen (Al- und Mg-Legierungen) nach **DIN 1688 Teil 4**, bzw.
- Bearbeitungszugaben für Druckgussstücke aus Schwermetallen (Kupfer-, Zink-, Zinn- und Bleilegierungen) nach **DIN 1687 Teil 4**
- Maß-, Form- und Lagetoleranzen für Formteile – Teil 3: Allgemeine Maß-, Form und Lagetoleranzen und Bearbeitungszugaben für Gussstücke nach **DIN EN ISO 8062-3**

Druckguss-Bauteile werden anhand ihrer Raumdiagonalen in Größenklassen eingeteilt. Die Raumdiagonale lässt sich mit *veoCAST* aus den Länge / Breite / Höhe-Werten im Reiter [Abmaße](#) ermitteln.

5.3 Sonstiges

Weitere Gestaltungsrichtlinien für das **Druckgussverfahren** (nach [1](#)):

- Große ebene Flächen werden besser gefüllt, wenn sie nicht glatt ausgeführt werden, sondern eine Oberflächenstruktur erhalten.
- Es sind Auswerferaugen oder -Dome vorzusehen, um das Bauteil aus der beweglichen Form zu drücken, ohne es zu beschädigen.
- Schriftzeichen sollten möglichst als erhabene Schriften auf dem Bauteil (vertieft in die Form) eingearbeitet werden. Dadurch ist die Form gegenüber dem einströmenden Gießmetall am wenigsten empfindlich und sichert den Gravuren hohe Lebensdauer.

Kapitel 6

Feedback und Support zu *veoCAST*

veoCAST wird von der *Teraport GmbH* ständig weiterentwickelt. Zur stetigen Verbesserung der Anwendung sind wir auf Ihre Rückmeldung angewiesen.

6.1 Fehlermeldungen

Treten bei der Benutzung Fehler auf ist es wichtig, den Vorgang reproduzierbar zu beschreiben. Klicken Sie auf die angegebene Mailadresse, um eine vorformulierte E-Mail zu öffnen:

support@teraport.de

6.2 Verbesserungsvorschläge

Sollten Sie Änderungs- oder Verbesserungsvorschläge haben, wenden Sie sich bitte an support@teraport.de

6.3 Telefon-Hotline

Sie können auch gerne telefonisch Kontakt zu uns aufnehmen. Unsere Hotline erreichen Sie unter +49-89-651086-703

Kapitel 7

Quellen

Quellenangaben zum *veoCAST* Benutzerhandbuch

1. **Druckguss aus NE-Metallen: Technische Richtlinien** Verband Deutscher Druckgießereien (VDD) und Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie (BDG), 2016
2. **Technische Produktgestaltung: Skriptum zur Vorlesung** Lehrstuhl für Konstruktionstechnik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Prof. Sandro Wartzack, 2016
3. **Wikipedia: Die freie Enzyklopädie** *Druckguss* , 26.03.2018