

## VeraCAD Technology Chat

**Title:** Neue Massenverteilung  
**Type:** Basis Technologie  
**Version:** V4.0.1.24 und später  
**Language:** Deutsch  
**Date:** 31.3.2019

Dieser Artikel erläutert:

- Basisfunktionalität des Moduls Massenverteilung in VeraCAD
- Neuentwicklung und Verbesserungen der Berechnungsalgorithmen der Massenverteilung
- Nutzungsmöglichkeiten, die sich aus den Verbesserungen ergeben.

### **Basisfunktionalität des Moduls Massenverteilung in VeraCAD**

Das Modul Massenverteilung verfügt über 3 Berechnungsstrategien.

- a) Ebene Schnittflächen senkrecht zu einer Hauptrichtung
- b) Materialfluss senkrecht zu einer Skelettlinie
- c) Materialfluss entlang einer kürzesten Fließlinie

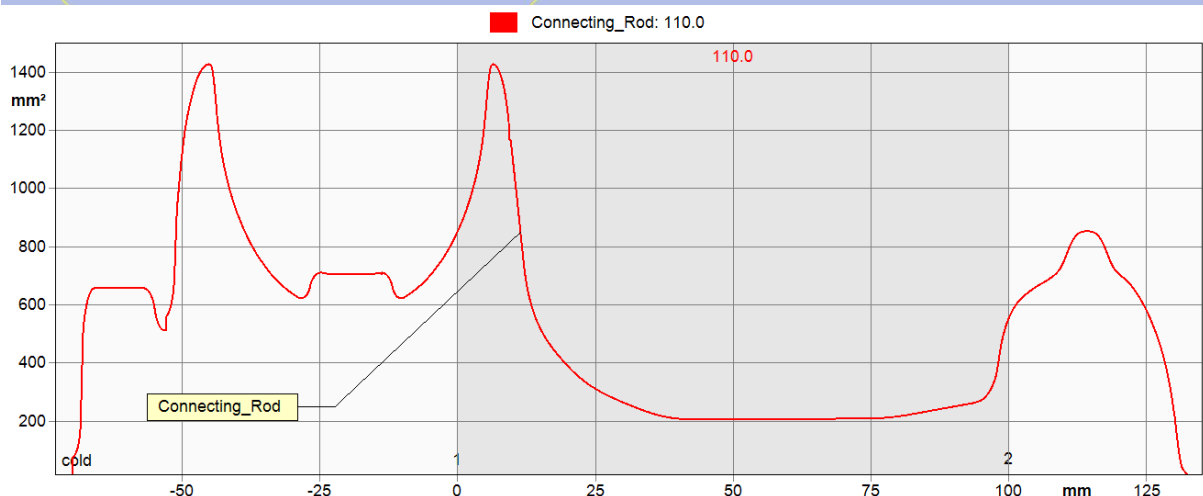
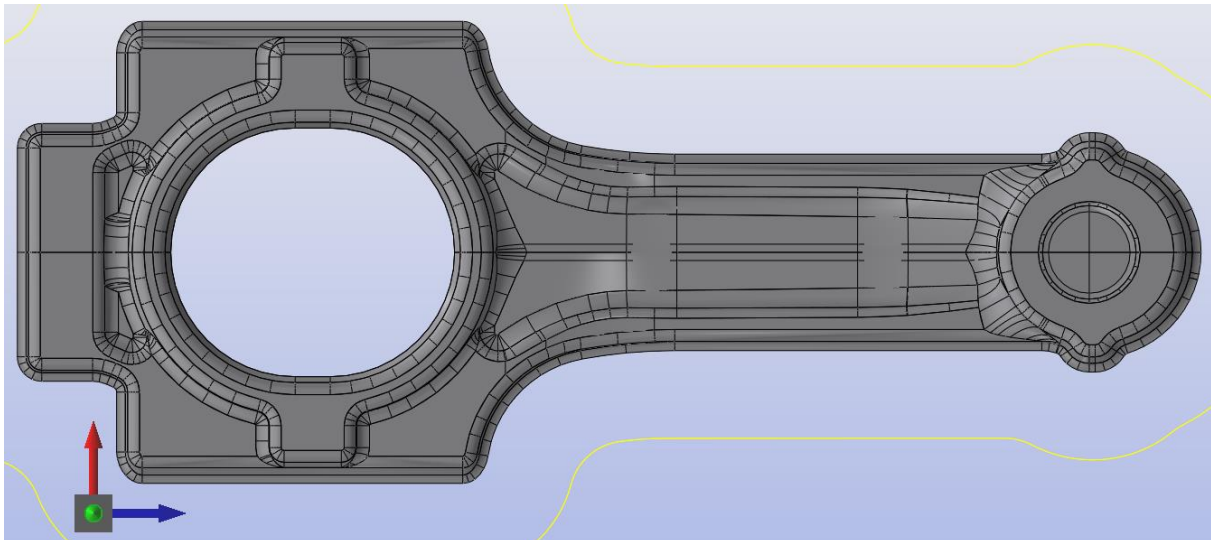
#### **Ebene Schnittflächen senkrecht zu einer Hauptrichtung**

Hierbei wird die Geometrie entlang einer Hauptrichtung mit 2048 Schnittebenen geschnitten. Die Ebenen stehen senkrecht zu einer Hauptrichtung (bei der nachstehenden Geometrie ist dies die X-Achse), während die zweite Ausrichtung die Schmiederichtung ist. Beide Richtungen kann der Benutzer vorgeben, um damit auf verschiedene Raumlagen der importierten Geometrie zu reagieren.

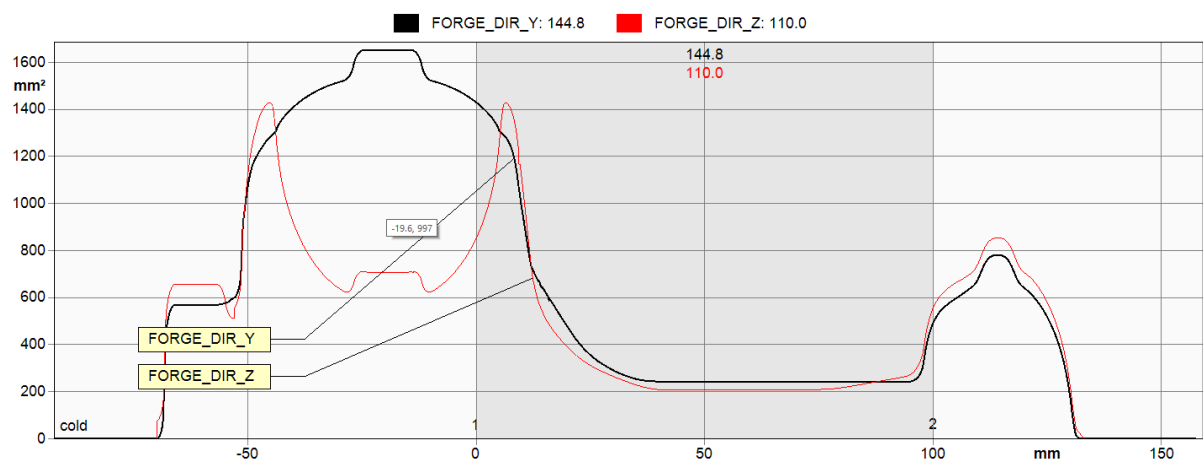
Zu jeder Schnittebene wird der Flächeninhalt der Schnittkurve berechnet, zusammen mit den Ordinatenwerten (Position auf der Hauptrichtung) bilden die Flächeninhalte die Massenverteilungskurve.

Die Vorgabe der Schmiederichtung ist wichtig, da bei falsch gewählter Schmiederichtung an der Geometrie Hinterschnittgebiete entstehen, deren Flächeninhalt mitberücksichtigt wird. Dies führt zu einer falschen Massenverteilungskurve, deren Gesamtvolumen meist zu hoch ist. Das dritte Bild unten zeigt dieses Phänomen. Wird die richtige Schmiederichtung nicht beachtet, kann bereits zu Projektbeginn ein erheblicher Fehler entstehen.

Die Anzahl der Schnittebenen ist nicht mehr frei wählbar, weil durch die hohe Anzahl von Schnitten eine präzisere Massenverteilungskurve entsteht und die Berechnung von 2048 Schnitten wenige Sekunden Rechenzeit benötigt.



Massenverteilung einer Pleuelstange mit 2048 ebenen Schnitten senkrecht zur X-Achse



Massenverteilung einer Pleuelstange bei Schmiederichtung Y (schwarz) und Z (rot)

### Materialfluss senkrecht zu einer Skelettlinie

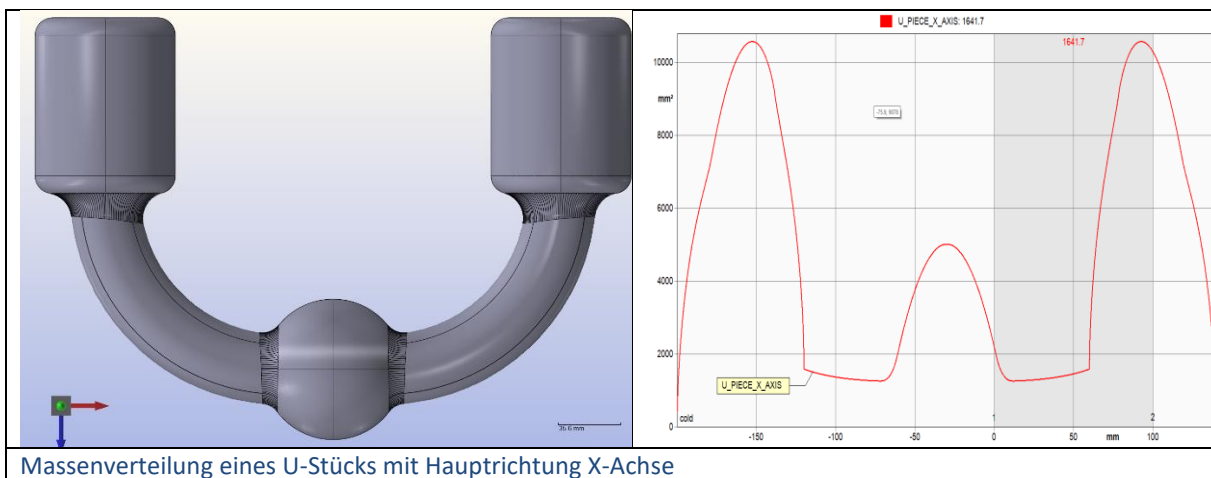
Bei gebogenen Teilen, wie z.B. dem dargestellten U-Stück kann die Massenverteilung nicht mehr entlang einer Hauptrichtung gebildet werden. Der Rohling wird nach dem Reckwalzen meist entlang einer Mittellinie (im Programm Skelettlinie) gebogen. Dies muss bei der Berechnung der Massenverteilung berücksichtigt werden. Geschieht dies nicht, so ist die Massenverteilungskurve viel zu kurz und stellt zu hohe Querschnittsflächen dar. Sie ist damit unbrauchbar (s. Bild).

Der Benutzer muss die Skelettlinie digitalisieren oder durch Import vorgeben. Bei Benutzung einer Skelettlinie verliert die Eingabe „Main direction“ ihre Bedeutung. Die Schmiederichtung muss allerdings weiterhin richtig vorgegeben werden.

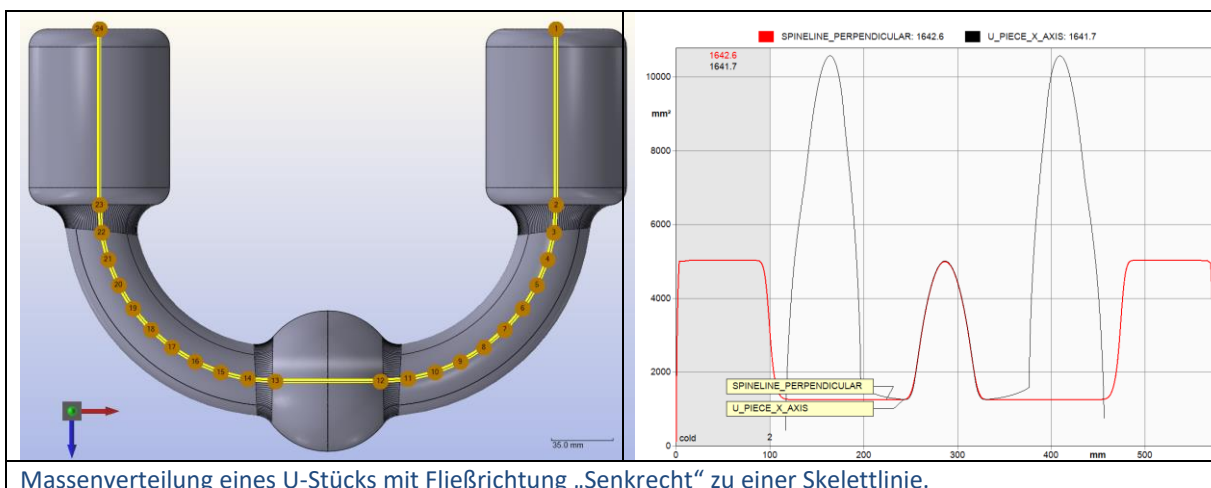
Unter Berücksichtigung der Skelettlinie können keine ebenen Schnitte mehr senkrecht zu dieser gebildet werden. Das Schmiedeteil würde von einer Ebene mehrfach geschnitten oder die Schnittebenen kreuzen sich. Eine Querschnitts- und Volumenberechnung ist so nicht möglich.

Zur exakten Berechnung der Massenverteilung zerlegt VeraCAD die Geometrie in über 4.2 Millionen kleine Quader und berechnet das Volumen für jeden dieser Quader. Die Projektion dieser Teilvolumina auf die Skelettlinie erfolgt „Senkrecht“.

Die Skelettlinie wird auf die X-Achse abgewickelt, während die summierten Teilvolumina die Y-Achse der Massenverteilung bilden.



Im Bild unten entspricht die rote Kurve der Länge der abgewickelten Skelettlinie und die Querschnittsflächen fallen deutlich geringer aus als bei der Berechnung mit Haupttrichtung X (schwarze Kurve). Das Gesamtvolumen beider Kurven ist natürlich gleich.



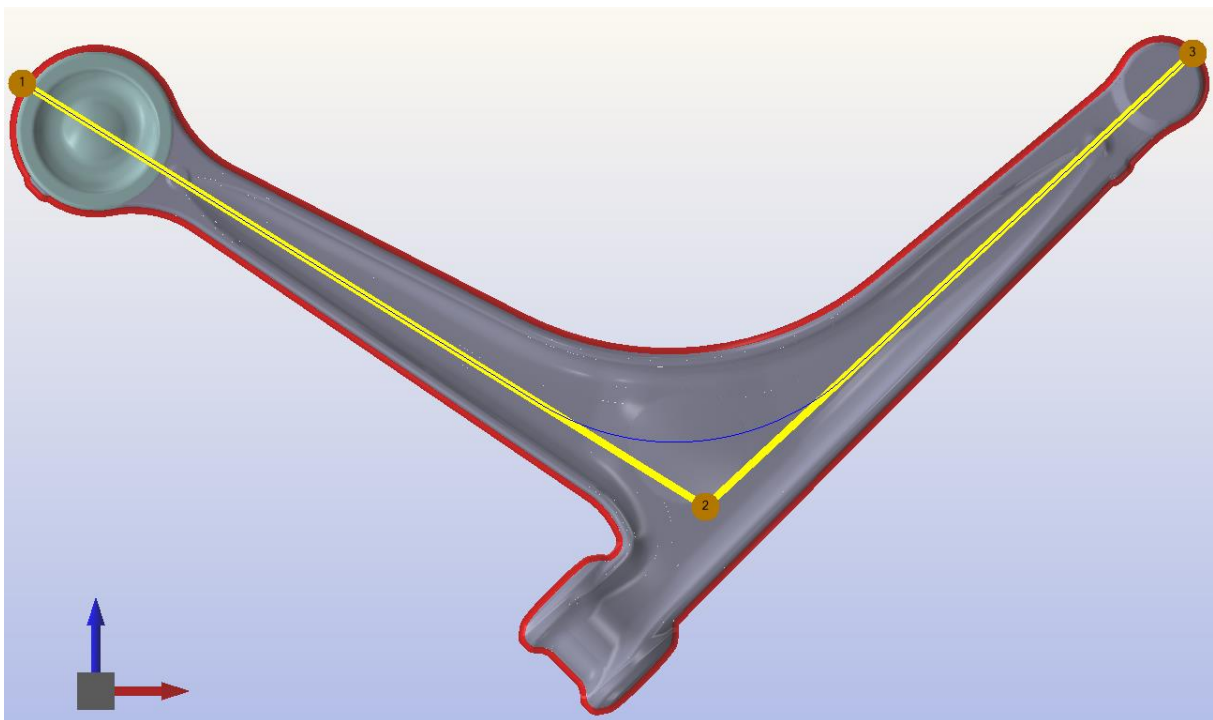
### Materialfluss entlang der kürzesten Fließlinie

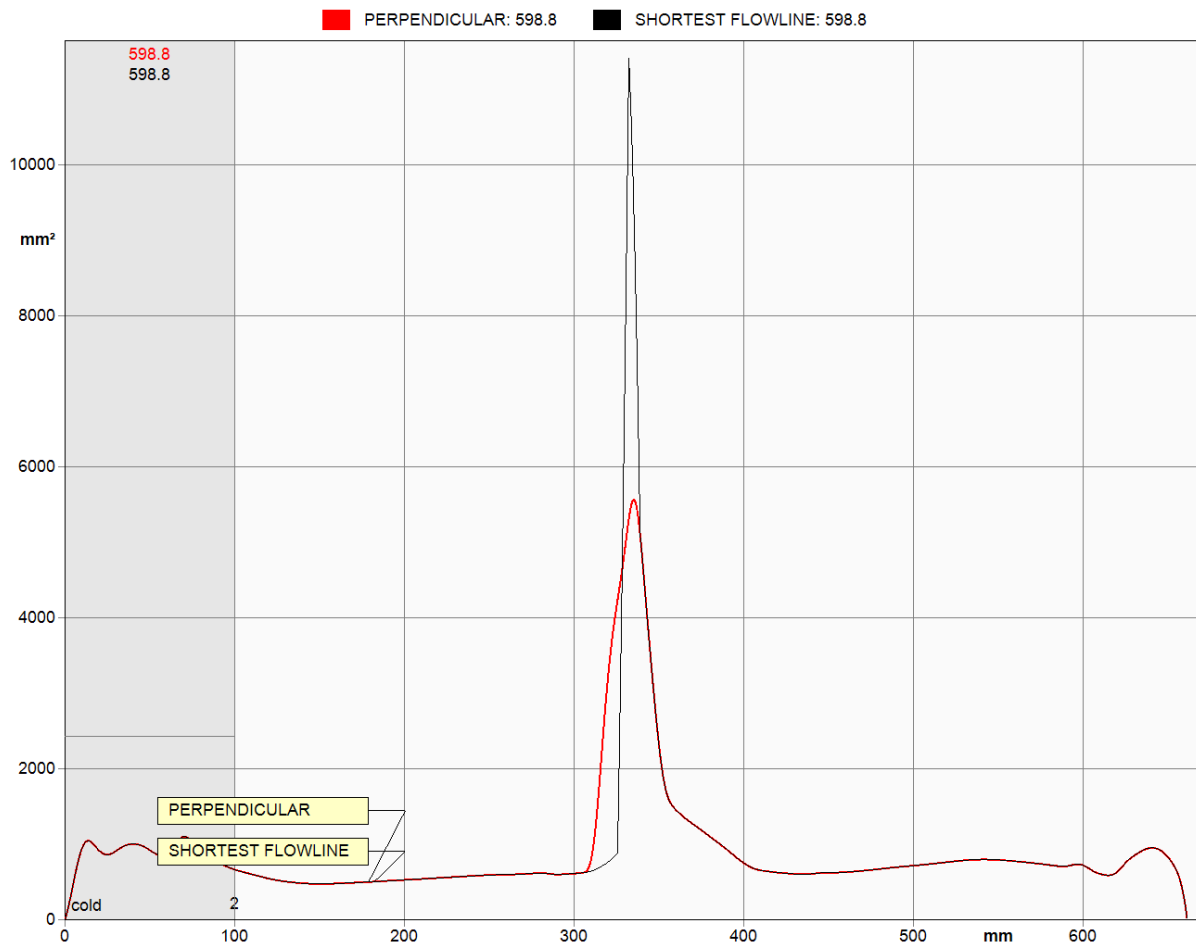
Es gibt Schmiedeteile, bei denen das Material nicht auf direktem Wege (senkrecht) von der Skelettlinie bis zum Ziel fließen kann. Beispielsweise wird der Weg durch eine Gratsperre blockiert. Das Material sucht sich einen „offenen Weg“ (frei von Hindernissen) der aber möglichst kurz sein soll, also dort wo es möglich ist senkrecht zur Skelettlinie verläuft.

Um diesem Umstand Rechnung zu tragen wurde die Strategie „Kürzeste Fließlinie“ bei der Massenverteilung implementiert. Das Bild zeigt einen Querlenker, bei dem diese Option zum Einsatz kommt.

Die Massenverteilung ist in weiten Bereichen gleich wie die Option „Senkrecht zur Skelettlinie“, nur das Material für das Mittlere Auge kann nicht auf direktem Weg von der Skelettlinie zum Zielpunkt fließen. Die kürzeste Fließlinie ergibt sich, wenn das Material etwas mehr nach rechts versetzt ist. Hierdurch kommt es oft zu extremen Materialanhäufungen an wenigen Punkten.

VeraCAD entscheidet darüber, ob der direkte Weg (senkrecht) versperrt ist, indem es prüft, ob sich auf dem direktem Weg Geometrie befindet. In der Ecke über dem mittleren Auge befindet sich keine Geometrie. Bereits die Existenz einer Gratgeometrie würde den direkten Weg frei machen und die Massenverteilung entspricht wieder mehr der Strategie „Senkrecht“.





Vergleich der Strategie „Senkrecht zur Skelettlinie“ und „Kürzeste Fließlinie“

## Neuentwicklung und Verbesserungen der Berechnungsalgorithmen der Massenverteilung

In den letzten 3 Monaten wurde der Modul Massenverteilung vollständig überarbeitet. Dies betrifft wesentlich den Berechnungsalgorithmus, weniger die Benutzeroberfläche.

Bezüglich neuer Funktionalität ist der Import der Skelettlinie hinzugekommen. Diese kann aus einer CAD-Datei mit einer Splinekurve oder einem Polygon stammen.



Alle 3 Algorithmen (Entlang einer Hauptrichtung, Senkrecht zur Skelettlinie und Kürzeste Fließlinie) wurden entscheidend verbessert bezüglich der Punkte:

- Geschwindigkeit
- Genauigkeit
- Stabilität

### Geschwindigkeit

Die meisten Algorithmen im Umfeld der Massenverteilung wurde überarbeitet oder ganz durch modernere Technologien ersetzt. Diese rechnen effektiver und benötigen darüber hinaus noch weniger Speicherplatz. So ist in VeraCAD 3.84 eine Berechnung mit der Strategie „Kürzeste Fließlinie“ eigentlich nicht möglich, sobald die Anzahl der Schnitte auf 1000 oder mehr gesetzt wird. Dann kommt es zur Fehlermeldung „Nicht genügend Speicher“.

Weitere Geschwindigkeitsvorteile wurden durch die Nutzung der Multithread-Technologie erreicht. Hierbei werden alle Kerne einer modernen CPU für die Berechnung gleichzeitig genutzt. Hat die Berechnung der Massenverteilung mittels einer Skelettlinie in VeraCAD 3.84 noch Minuten gedauert und mit der Strategie „Kürzeste Fließlinie“ sogar Stunden, so liegt VeraCAD 4.0.1.24 jetzt im Bereich von Sekunden. Die Tabelle zeigt die Rechenzeiten für

große IGES-Dateien und einem Rechner mit 8 Kernen (physikalisch), 16 Kerne (Hyper-threading).

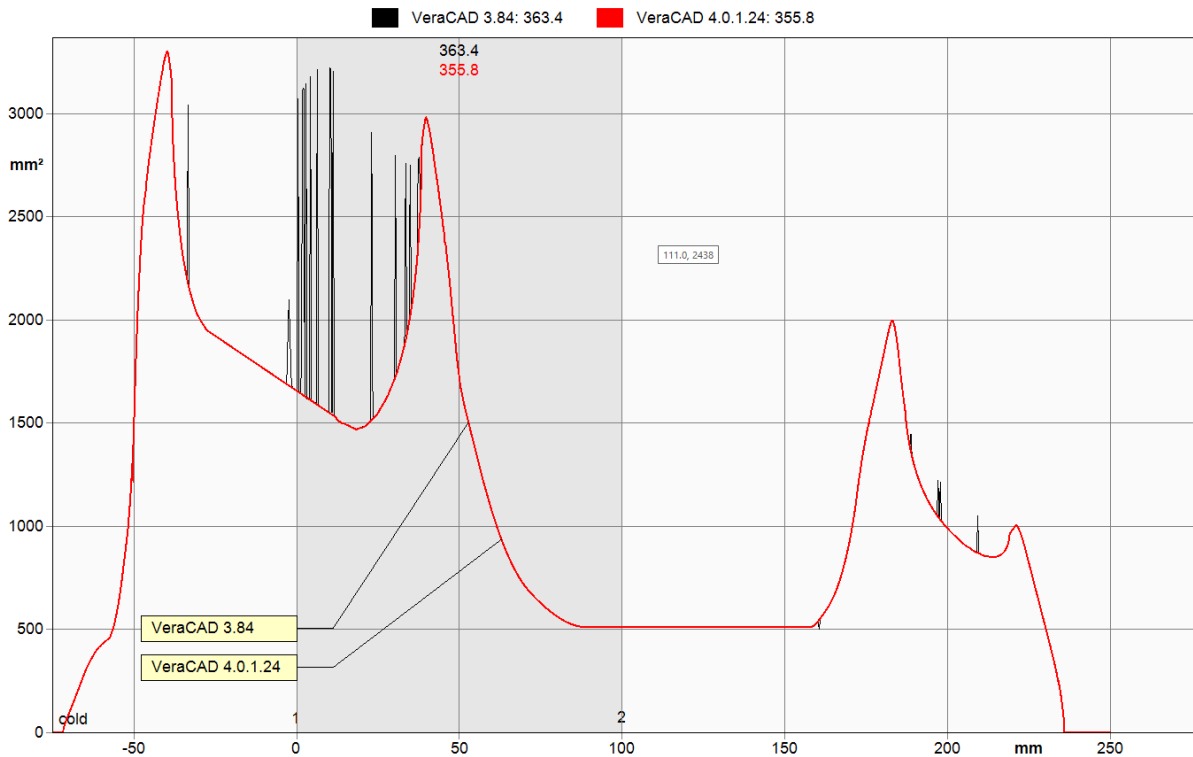
Strategie	Pleuelstange 700 Flächen	Kurbelwelle 1300 Flächen
Haupttrichtung	3 Sekunden	6 Sekunden
Spine line Senkrecht	10 Sekunden	18 Sekunden
Kürzeste Fließlinie	28 Sekunden	30 Sekunden

Die verbesserte Rechenzeit wurde sofort verwendet, um die Anzahl der berechneten Querschnitte und Volumina zu erhöhen. Zuvor war die Anzahl 1000 und ist jetzt auf dem festen Wert 2048.

### Genauigkeit

Der Algorithmus zur Erkennung der Außenkontur wurde neu programmiert. Insbesondere wenn die Geometrie Löcher hat (typisch kommt dies z.B. im großen Auge einer Pleuelstange vor), erkennt VeraCAD 3.84 die Außenkontur teilweise nicht richtig und berücksichtigt das Loch als Querschnittsfläche mit. Hierdurch kommt es zu unschönen Spitzen in der Massenverteilung und auch das Gesamtvolumen wird zu hoch berechnet. Das Bild zeigt solche falsch berechneten Querschnitte aus VeraCAD 3.84 (schwarze Kurve) und im Vergleich das Ergebnis aus VeraCAD 4.0 (rot). Zwar können diese Spitzen in VeraCAD 3.84 durch Löschen einzelner Kurvenpunkte entfernt werden, dies ist aber eine mühsame Handarbeit.

Der neue Algorithmus zur Erkennung der Außenkontur erzeugt keine Spitzen mehr. Fehler treten nur dann auf, wenn die importierte CAD-Geometrie Fehler oder Lücken hat.



Da die neuen Algorithmen sehr kurze Berechnungszeiten von wenigen Sekunden aufweisen, wurde der Eingabewert „Anzahl der Querschnitte“ entfernt. Dieser Wert war zuvor typisch auf 1000 gesetzt und ist jetzt fest auf 2048. Durch die höhere Anzahl von Kurvenpunkten (berechnete Querschnittsflächen oder Volumina) ist die Kurve auch genauer.

VeraCAD erkennt weiterhin, dass sich Kurvenpunkte auf einer gleichen Linie befinden und entfernt überflüssige Zwischenpunkte.

### **Stabilität**

Die Berechnung der Querschnitte erfolgt mithilfe der CAD-Fläche (meist IGES-Import). Von der Überarbeitung der IGES-Schnittstelle profitiert auch die Querschnittsberechnung.

Programmabstürze gehören der Vergangenheit an.

Das Modul „SpineLine“ erfordert in VeraCAD 3.84 sehr viel Speicherplatz (> 2 GB). Das Programm ist gelegentlich wegen Speichermangel abgestürzt. Der Speicherbedarf in diesem Modul ist jetzt viel kleiner, allerdings konstant bei 100 MB. Dies dürfte bei einem aktuellen Rechner kein Problem mehr sein.

### **Nutzungsmöglichkeiten, die sich aus den Verbesserungen ergeben.**

#### **Nutzung von IGES-Daten und Erkennung der Außenkontur**

VeraCAD 3.84 hat beim Import von IGES-Daten einige Probleme:

- Keine Unterscheidung zwischen sichtbaren und versteckten Flächen. Die versteckten Flächen führen zu einer falschen Massenverteilungskurve.
- Nicht alle Flächen werden fehlerfrei eingelesen.
- Schlechte Erkennung der Außenkontur, Spitzen in der Massenverteilungskurve.

Wenn die Anwender von VeraCAD 3.84 auf diese Probleme stoßen, besteht die Lösung meist in der Verwendung von STL-Dateien statt IGES-Dateien.

Zum einen muss die STL-Datei erst erzeugt werden, zum anderen ist Sie nicht so genau, weil die Geometrie ja nur aus einer Facettenoberfläche besteht.

Wir gehen nun davon aus, dass wieder häufiger die Geometrie via IGES-Import benutzt wird.

#### **Massenverteilung entlang einer Hauptrichtung**

Bei der Berechnung der Massenverteilung entlang einer Hauptrichtung müssen die beiden Werte „Main direction“ und „Schmiederichtung“ richtig eingestellt werden. Hierfür werden wir in absehbarer Zeit die Einstellung „Auto“ ergänzen. Hierbei soll VeraCAD die Hauptrichtung und die Schmiederichtung selber finden.

Die Berechnung wird einfach 6 mal hintereinander durchgeführt, wobei jeweils die drei Hauptrichtungen X, Y, Z und auch die drei Schmiederichtungen hintereinander ausprobiert werden. Die Entscheidung, welche Kurve am Ende gewählt werden muss entsteht dadurch, dass die endgültige Kurve das kleinste Gesamtvolumen haben muss (sonst wären die Hinterschnitte mitberücksichtigt) und weiterhin die größte Längenausdehnung.

Aufgrund der nunmehr deutlich reduzierten Rechenzeiten ist das Verfahren machbar und wünschenswert.

#### **Massenverteilung mit Skelettlinie und kürzester Fließlinie**

In der Vergangenheit wurde die Option „Kürzeste Fließlinie“ sehr selten benutzt, weil sie erhebliche Rechenzeiten erforderte (> Stunden). Jetzt empfehlen wir bei geeigneten Teilen immer beide Optionen „Senkrecht“ und „Kürzeste Fließlinie“ zu benutzen. Der Zeitkonsum spielt keine Rolle mehr und die Veränderungen im Massenverteilungsdiagramm können weiteren Aufschluss über die Gestaltung des Fertigteils geben.