

Einfach verzweigte Geometrie

organisch geformt im
Web-Editor

Der web Editor ermöglicht die schnelle und übersichtliche Generierung von einfach verzweigten und mannigfaltig zu formenden Geometrien.

Die erzeugten Kurven, Teilkonstruktionen bzw. Formen können ebenso wie das komplette Design jederzeit gespeichert und später importiert werden.

Die Geometrie wird als three.js BufferGeometry oder als Mesh im GLTF-Format exportiert.

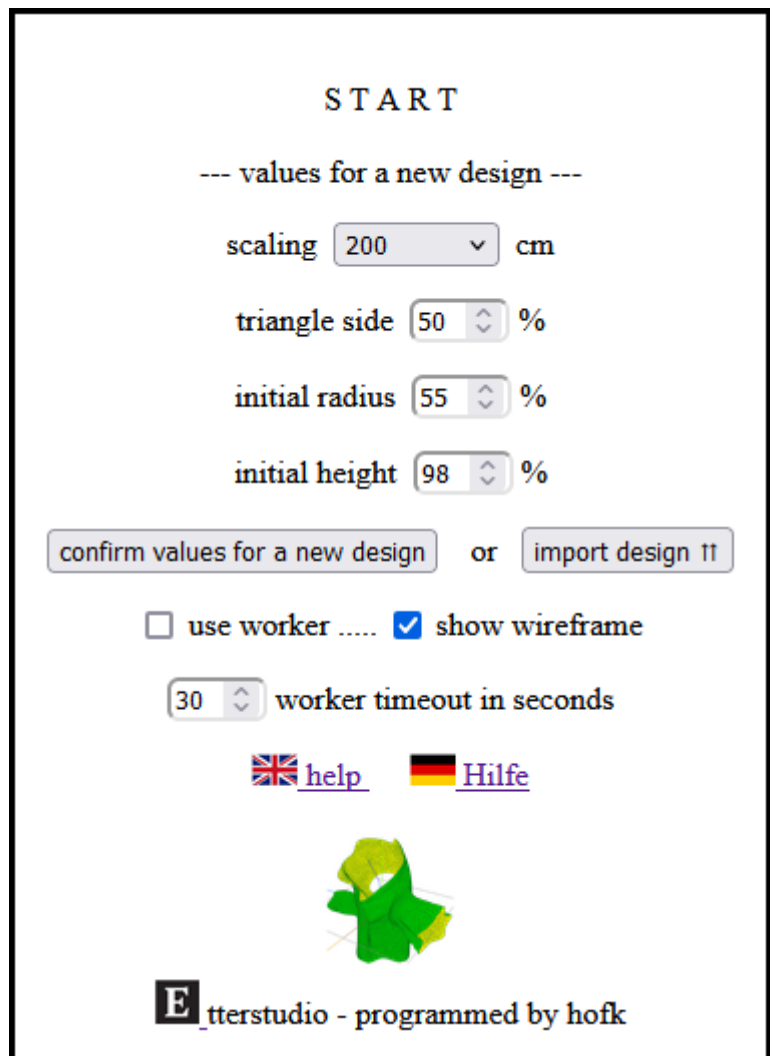
Im modalen initialen Dialog bestimmt man grundlegend Kenngrößen

- für ein neues Design oder
- importiert ein Design, (gespeichert mit **design** ↯ – siehe weiter unten).

Die mögliche Skalierung reicht von 40 bis 200cm.

Mit **triangle side** legt man die relative Größe der Dreiecksseiten für die Triangulation fest. Radius und Höhe beziehen sich nur auf die Hauptgeometrie. Sie sind per Mausektionen durch Streckung bzw. Stauchung später veränderbar.

Nach Bestätigung des Dialogs befindet sich der Link zur PDF-Hilfedatei rechts unten im Browserfenster.



START

--- values for a new design ---

scaling 200 ▾ cm

triangle side 50 ▾ %



initial radius 55 ▾ %

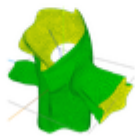
initial height 98 ▾ %

confirm values for a new design or import design tt

☐ use worker ☒ show wireframe

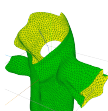
30 ▾ worker timeout in seconds

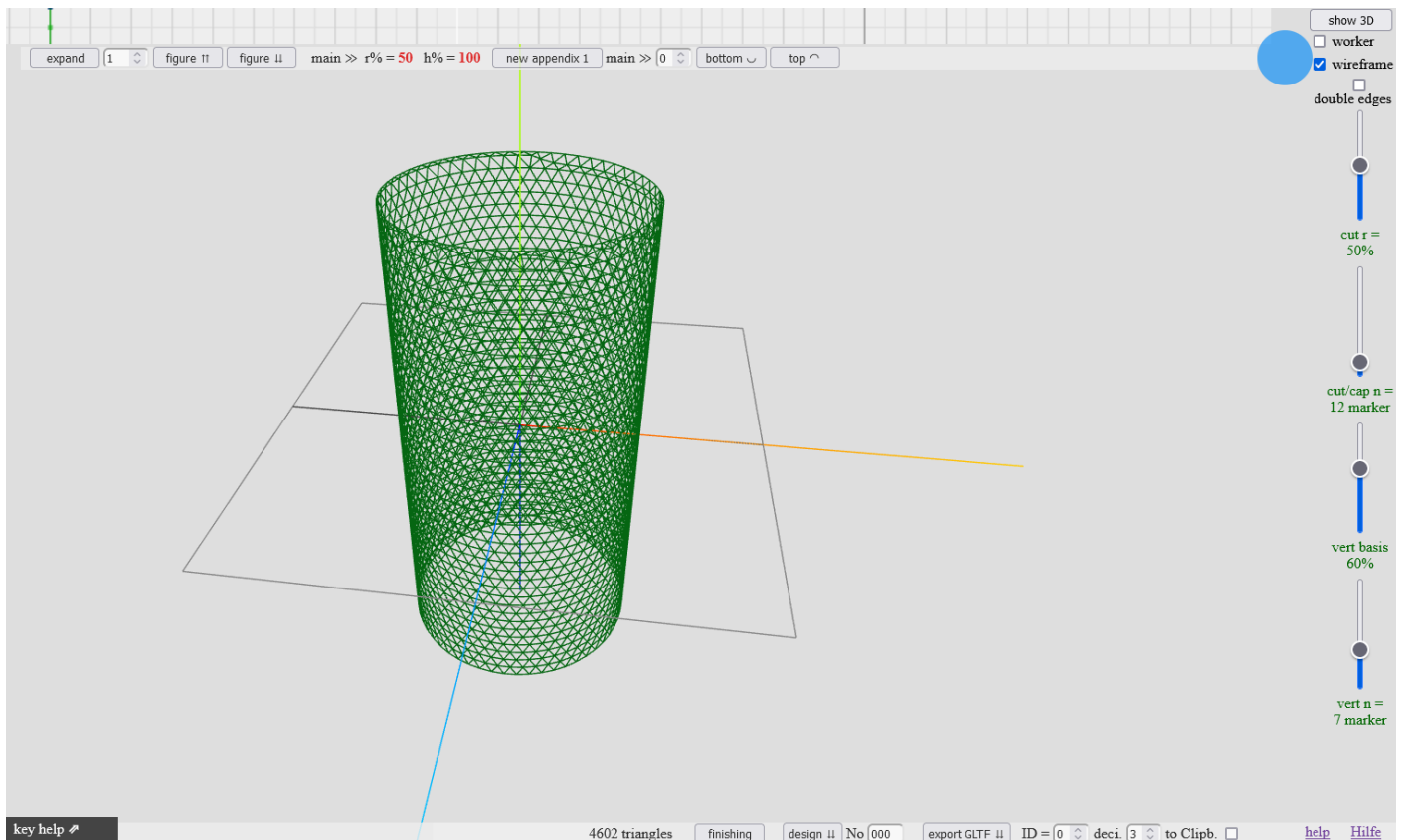
 [help](#)  [Hilfe](#)



Etterstudio - programmed by hofk

Ist „show wireframe“ nicht angehakt wird zusätzlich eine zweifarbige Oberfläche erzeugt. Das ist später jederzeit änderbar. Auch die Nutzung des web workers für komplexe Geometrien mit kleiner Länge der Dreiecksseiten kann immer wieder neu ausgewählt werden. Dauern die Berechnungen ohne web worker zu lange, bricht das Skript ab.





Die Hauptgeometrie ist anfänglich ein einfacher Zylinder.

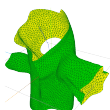
Der Button **show 3D** rechts oben startet erneut die Triangulationsberechnung, Positionierung und Verformung. Dabei werden die Checkboxes **worker** und **wireframe** berücksichtigt.

Normalerweise wird die Hauptgeometrie mit den per Button **new append** zu erzeugenden Anhängen vollständig vereinigt. Das bedeutet, die doppelten Vertices an den gemeinsamen Kanten werden zu einem Vertex vereint. Hakt man die Checkbox **double edges** an, wird keine Vereinigung durchgeführt. In der Entwicklungsphase spart das Rechenaufwand. Man kann damit aber auch spezielle Effekte wie Spalten zwischen den Teilgeometrien erzeugen. Dazu weiter unten.

Die Tabelle der Tastenhilfe **key help** anfangs ganz links unten, ist frei im Fenster verschiebbar.

Mit Hilfe des Mauszeigers sowie dem blauen Punkt kann die Hauptkonstruktionsfläche in ihrer Ausdehnung verändert werden. Zur Konstruktion zieht man den blauen Punkt nach rechts unten.

Die Konstruktionsfläche besteht aus zwei Koordinatensystemen, links die Vorderansicht der Mittellinie und rechts die Draufsicht. In der Draufsicht liegen die drei blauen Marker-



mit denen die Mittelkurve verändert werden kann initial übereinander. Mittels der grünen Marker im linken Koordinatensystem werden die Querschnitte bearbeitet.

Mausaktionen mit gedrückter Taste (siehe auch Tabelle key help)

– auf den **blauen** Markern, wenn das Fadenkreuz **rot** wird:

m	⇒	move	verschieben,
i	⇒	insert	Marker in der Mitte zum nächsten einfügen,
d	⇒	delete	Marker löschen

– auf den **grünen** bzw. **roten** Markern:

c	⇒	cut	Querschnitt bearbeiten, neues Koordinatensys., Marker wird rot ,
s	⇒	shape	Datei mit Querschnittform laden, Dateiauswahl,
r	⇒	remove	Querschnitt entfernen, roter Marker wird wieder grün ,

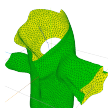
Grüne und rote Marker können sich hinter blauen verbergen (oben, unten, ..) sind aber anklickbar. Rote Marker können mit Taste c beliebig editiert werden.

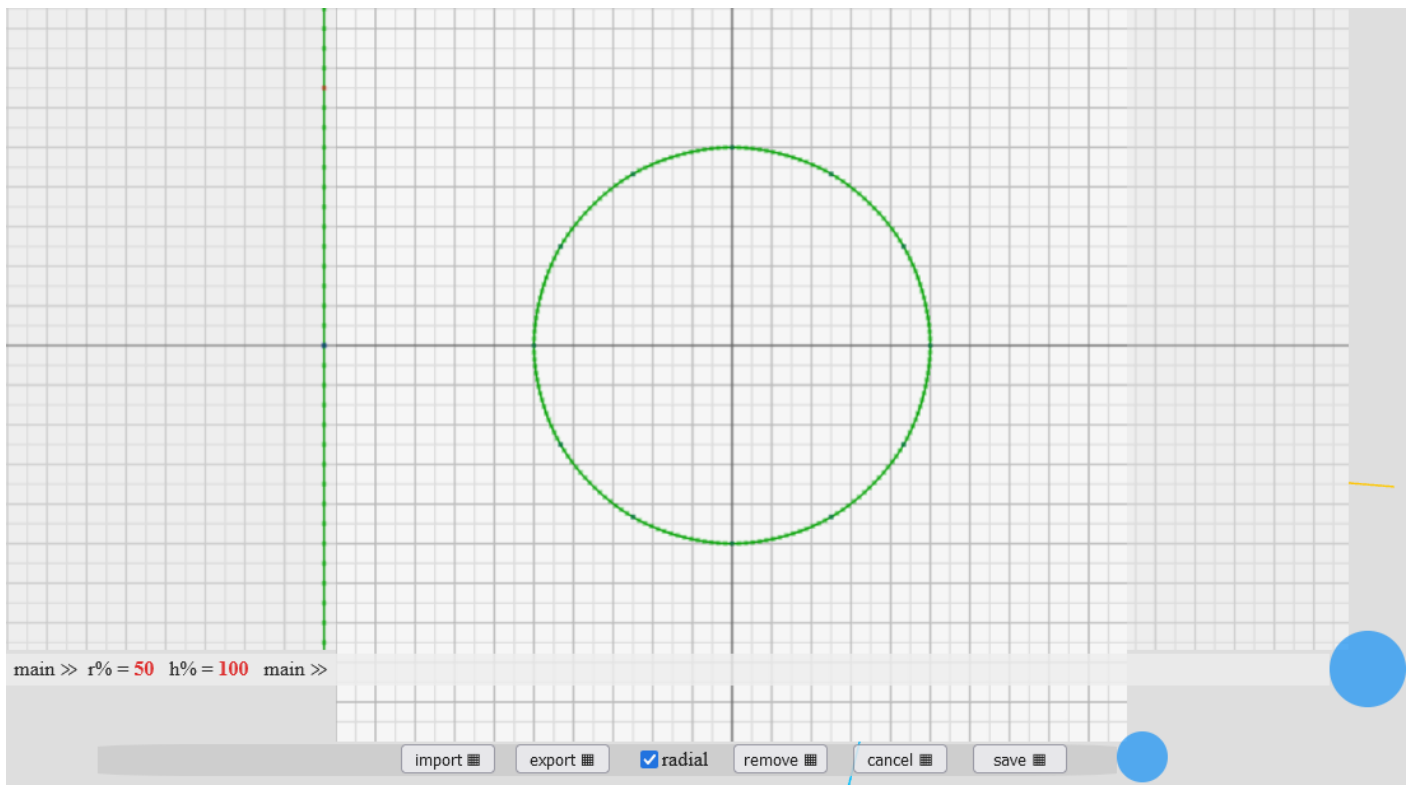
– irgendwo im linken Koordinatensystem:

v	⇒	vertical	neues Koordinatensystem zur Auswahl der zu bearbeitenden Vertikale auf dem Umfang (nur formal als Kreis, kein realer Querschnitt!)
---	---	----------	--

Das neue Koordinatensystem (nach klick mit Taste c auf grünen Marker) zur Bearbeitung der Querschnitte verschiebt sich horizontal, wenn man ohne eine Maustaste zu drücken die Maus langsam über dem kleineren blauen Punkt bewegt.

Mit den zwei oberen Schiebern rechts im Fenster kann man den prozentualen Schnittradius **cut r** und die Anzahl der Marker **cut/cap n** – vorher! – festlegen. Der initiale Radius ist voreingestellt.





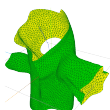
Mit Taste **m** verschiebt man einen **blauen** Marker, mit Taste **s** skaliert man gleichzeitig alle Marker. Es ergibt sich eine resultierende Schnittkurve. Ist die Checkbox **radial** markiert, sind nur radiale Verschiebungen möglich. Anschließend mit **save** speichern.

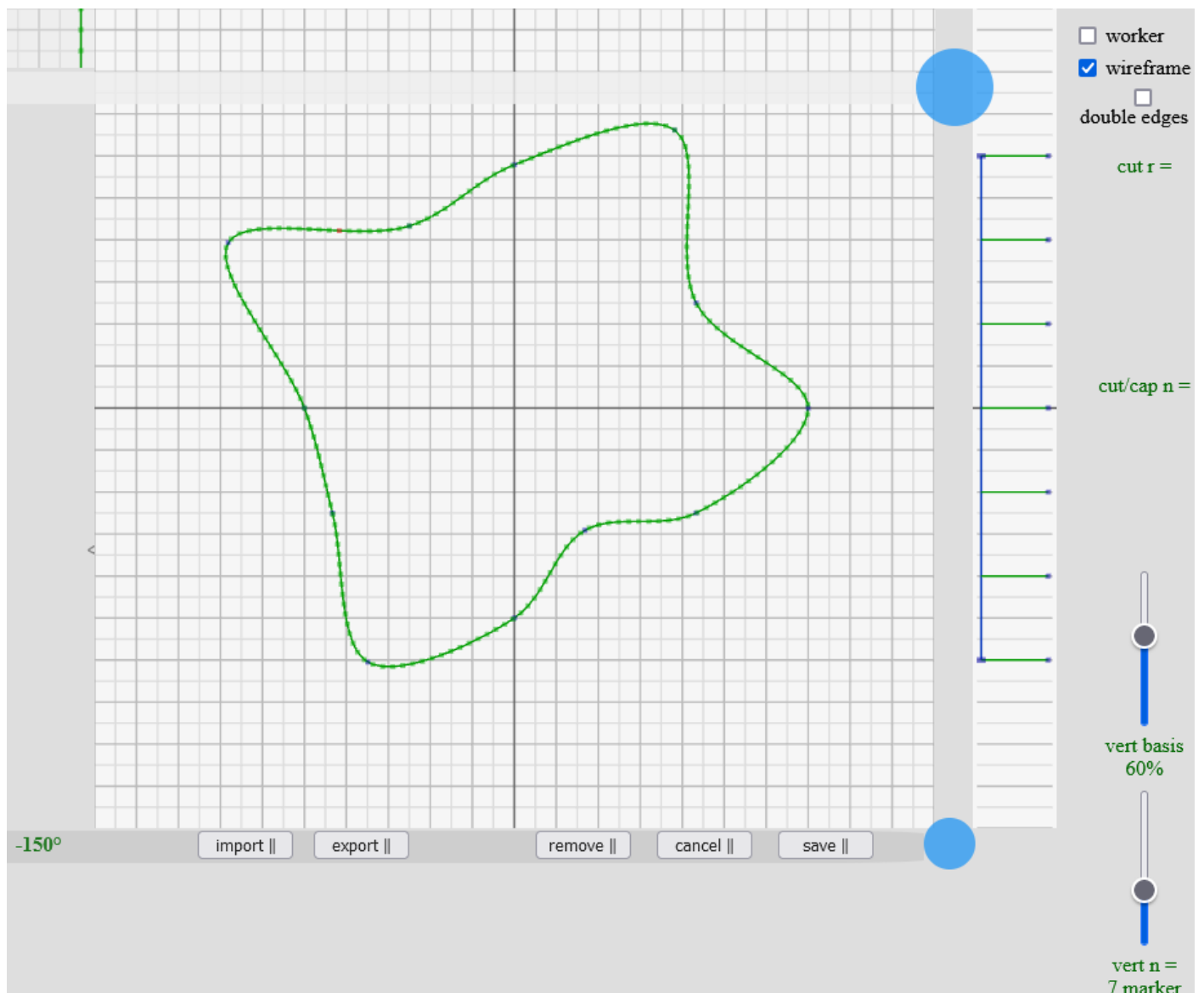
Vorgenommene Aktionen können mit dem Button **cancel** unwirksam gemacht werden. Mit **remove** wird der gerade bearbeitete Querschnitt gelöscht. Mit **export** werden die Daten des Schnitts angezeigt und können exportiert werden.

Man kann sie in einen Texteditor übernehmen oder downloaden. Man beachte die Checkbox unten. **to Clipb.** ☐ Bei Anwahl werden die Daten in die Zwischenablage gebracht. Mit **import** werden derartige Querschnittsdaten geladen.

Zur Bildung der Hüllkurve werden nur die Querschnitte am unteren und oberen Ende (nicht entfernbar, aber mit Taste **r** auf eingestellten Radius setzbar) und die bei den roten Markern benutzt (können hinter blauen verborgen sein!).

Die **grünen** Marker auf der Schnittkurve dienen der **vertikalen Bearbeitung** und sind mit Taste **v** anzuklicken. Der Marker wird **rot** und es erscheint rechts angekoppelt eine editierbare Darstellung der relativen Höhen aller vertikalen Ebenen. Damit ist es egal, in welcher Schnittdarstellung man die vertikale Bearbeitung aufruft. Die Unterscheidung der Marker ist in der mit **v** im linken ersten Koordinatensystem aufgerufenen Darstellung am übersichtlichsten.

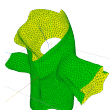




Links neben dem Import Button wird der vertikale Winkel angezeigt. Unten ist 0°, links zählen die Winkel negativ.

Mit dem Schieber **vert basis** stellt man vorher die relative Darstellung der Basishöhe auf der linken Seite dieser schmalen Konstruktionsfläche ein. Der Sinn ist, dass man bei kleinem Wert starke Dehnungen darstellen kann und bei großem Wert Stauchungen genauer editieren kann. Der Schieber **vert n** legt vorab die Anzahl der darzustellenden Höhen fest.

Die Basishöhe ist nachträglich mit gedrückter **Taste n** mit der Maus änderbar. Dabei werden die rechts auf der Fläche befindlichen Marker nicht verändert und die vertikale Verteilung ändert sich. Die Schieber werden nicht verändert und geben die Initialwerte an!



Mit **Taste m** werden die einzelnen Höhen auf der rechten Seite nach Bedarf verschoben, der Index wird dabei neben dem blauem Punkt angezeigt. Auch Überschneidungen der Markerlinien sind sinnvoll, wenn man passend dazu die Querschnitte bearbeitet und z.B. den Oberen Rand nach innen oder außen umkrepelt.

Mit **save ||** speichert man. Klickt man nun mit **Taste v** auf einen **roten** Marker, wird die gespeicherte Darstellung geladen und kann editiert werden. Mit **cancel ||** wird ohne Speicherung abgebrochen, mit **remove ||** wird die vertikale Anordnung entfernt. Genau wie der Querschnitt kann auch die vertikale Verteilung exportiert werden. Die mit **export ||** erzeugten Daten enthalten die relativen Höhen und als letztes Element den Wert der Basis. Mit dem Button **import ||** kann man eine vertikale Verteilung laden.

Nach Schließung der Höhenbearbeitung kann eine vertikale Verteilung (Marker **rot**) auch mit **Taste r** (remove) und klick entfernt werden. Für die vertikale Anordnung insgesamt werden nur die bearbeiteten Stellen auf dem Umfang benutzt. Auch hier können rote Marker hinter blauen verborgen sein, sind aber anwählbar! Auch bei der vertikalen Anordnung benötigt man Bezugsanordnungen. Sie befinden sich bei -90° und $+90^\circ$ und können nicht gelöscht aber bearbeitet werden. Der Versuch der Löschung wird mit dem Hinweis, das dies für die vertikalen Bezugsanordnungen nicht möglich ist, quittiert.

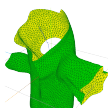
Am unteren Rand der Hauptkonstruktionsfläche befinden sich einige Werte und Buttons.



Die Ziffer im rechten Eingabefeld gibt den laufenden Index des Anhangs beginnend mit 1 an, wobei zuerst 0 für die Hauptgeometrie steht. Mit dem Wert in diesem Feld wählt man die Bearbeitung der Hauptgeometrie oder eines Anhangs aus. Fehlerhafte Eingaben werden mit Warnmeldung abgefangen.

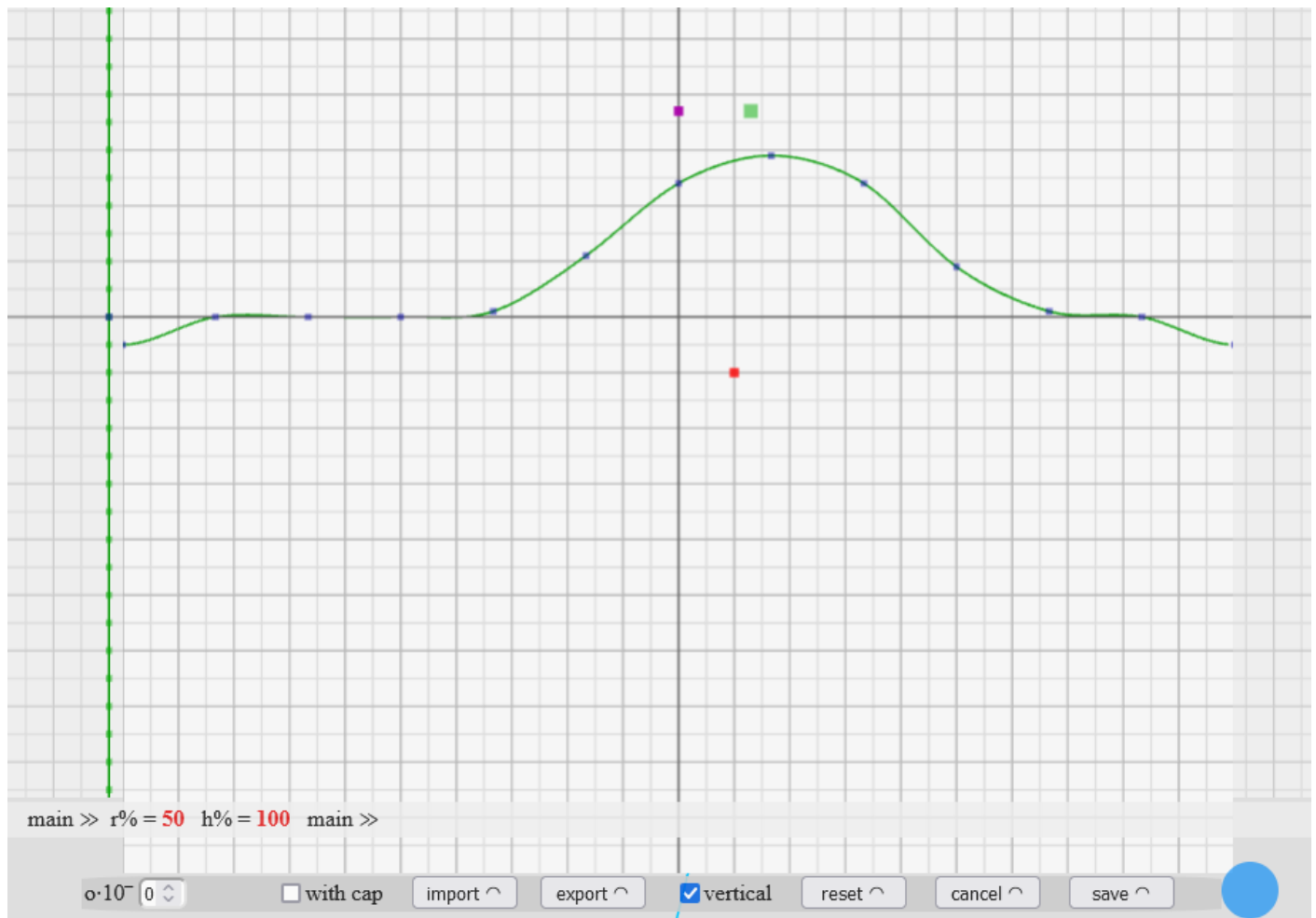
Mit der Eingabe eines Skalierungswertes (0,05 ... 2,0) und klick auf den **expand** Button skaliert man den Durchmesser der in Bearbeitung befindliche Figur. Die Schnittkurven bleiben aber unverändert.

Mit dem Button **figure ||** kann die Figur gespeichert werden. Dabei werden nur die Querschnitte, vertikalen Verteilungen, Ränder und Kappen gespeichert, nicht aber die Mittellinie. So kann man eine gespeicherte Figur in andere Anhänge oder die Hauptgeometrie mit **figure ||** laden. Man muss aber beachten, dass die Dreiecksgröße aus dem Startdialog nicht verändert wird.



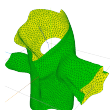
Mit den Buttons **bottom** ☹ und **top** ☺

wählt man die Bearbeitung der unteren und oberen Begrenzungskurve und der Kappen in einem extra Koordinatensystem aus.



Die Anzahl der **blauen** Marker der Begrenzungskurve wählt man vorab mit dem Schieber **cut/cap n** rechts aus, mittig ist der Winkel 0° und nach links werden die Winkel negativ bis -180° bei Bewegung mit **Taste m** am Fadenkreuz angezeigt. Linker und rechter Marker sind inhaltlich identisch ($-180^\circ = 180^\circ$). Sie werden synchron bewegt. Der Minimale Punkt der Kurve bei **bottom** ☹ und der maximale Punkt bei **top** ☺ stellen die Begrenzung entsprechend der gewählten Höhe dar. Damit führt jede parallel verschobene Kurve zum selben Ergebnis. Normalerweise verschiebt man die Marker **vertikal**, aber für besondere Effekte kann man die Checkbox deaktivieren und den Marker schräg verschieben.

Ist **with cap** markiert, wird eine Kappe generiert. Mit dem **roten** Marker und **Taste t** (translate) ändert man die Position der Mitte, mit dem **grünen** Marker und **Taste o** (opening) die obere Öffnung der Kappe und mit dem **magenta** Marker und **Taste h** (height) die Kappenhöhe. Für sehr kleine Öffnungen ist der Dezimalexponent $o \cdot 10^-$ im Eingabefeld links zu erhöhen. Initial befindet sich der etwas größere grüne Marker unter dem Höhenmarker. Der rote Marker ist frei beweglich, der Höhenmarker nur vertikal und der Öff-



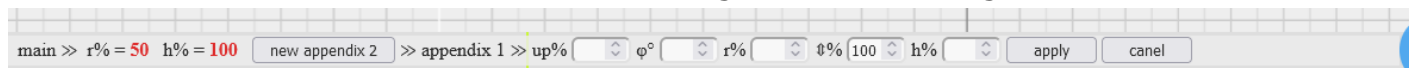
nungsmarker nur horizontal und teilweise begrenzt, da er den Radius nicht überschreiten darf.

Mit den Buttons am unteren Rand sind ähnlich wie bei den Querschnitten die Funktionen **import**, **export**, **reset**, **cancel**, **save** verfügbar.

Mit dem Button **new appendix ..**

der auch den Index des jeweils nächstfolgenden Anhangs zeigt, generiert man einen neuen Anhang. Links daneben werden die fixierten Werte des Radius und der Höhe der Hauptgeometrie angezeigt.

Nach klick auf **new appendix 1** erhält man folgende Darstellung.

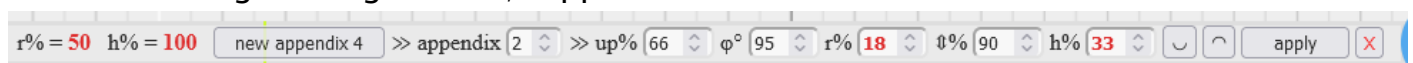


Für einen neuen Anhang gibt man die relative Höhenlage **up** zur Hauptgeometrie, den Lagewinkel φ in $^\circ$ sowie den relativen Radius **r**, die relative Streckung des Lochs in der Hauptgeometrie \uparrow und die relative Höhe **h** (bzw. Länge) an. Der Winkel 0° ergibt einen Anhang nach vorne (z Achse), negative Winkel sind möglich. Radius und Höhe sind auch hier wieder initial und werden danach durch Streckung bzw. Stauchung verändert.

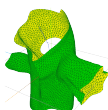
Trägt man für die Höhe **h** eine 0 ein, wird lediglich ein entsprechendes Loch in der Hauptgeometrie erzeugt. Eine nachträgliche Streckung ist damit nicht möglich. Mit **apply** werden die Werte übernommen und die 3D Darstellung wird angezeigt, mit **cancel** wird die Erzeugung des Anhangs abgebrochen. Vergisst man einen Wert einzutragen, erscheint eine Warnmeldung.

Mit **apply** werden die Werte für Radius und Höhe fixiert und rot dargestellt. Eine Veränderung ist nicht mehr möglich, die weitere Formänderung erfolgt mittels Streckung, Stauchung, Verschiebung von Markern und die Querschnitts- und Vertikalbearbeitung.

Ist ein Anhang erzeugt, erscheinen rechts die Buttons \cup \cap zur Bearbeitung der unteren und oberen Begrenzungskurven/Kappen und ein Button mit einem **X**.



Im Bild wurden bereits 3 Anhänge erzeugt und der Anhang 2 ist ausgewählt.



Nach klick auf den Button **x** wird der entsprechende Anhang in der 3D Darstellung **rot** markiert. So behält man bei mehreren Anhängen den Überblick und kann nun wahlweise mit den Buttons

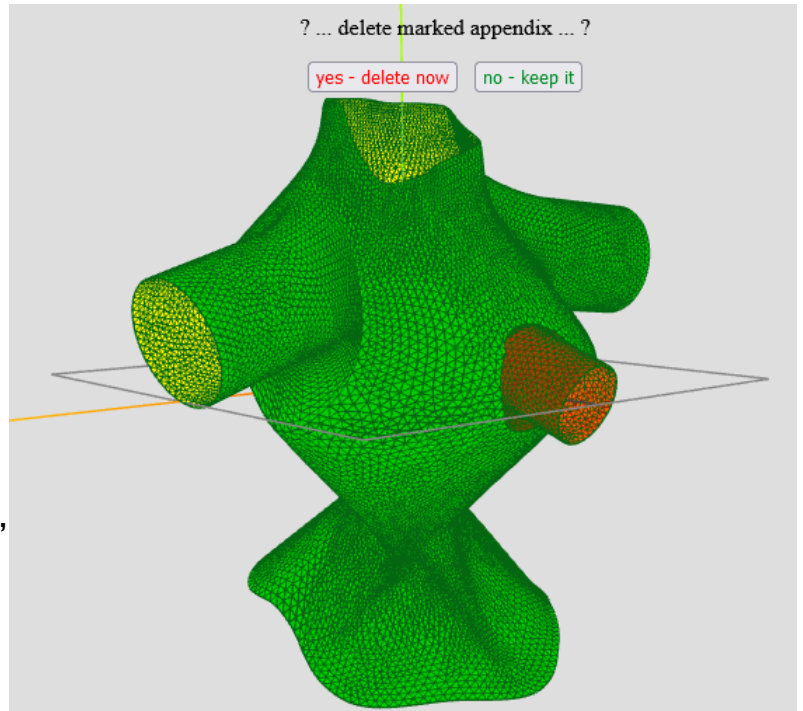
yes – delete now

oder **no – keep it**

den Anhang löschen oder in der Konstruktion behalten.

Anhang kann gelöscht werden \Rightarrow

Kappen werden farblich nicht markiert, aber natürlich mit gelöscht.



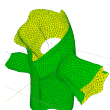
Mit dem Button **figure** \Downarrow speichert man die Figur der Hauptgeometrie oder eines Anhangs ab. Die Figur besteht aus den Querschnitten, vertikalen Verteilungen und den Begrenzungskurven und Kappen. Die Verbiegung, Streckung/Stauchung und Verschiebung der Mittellinie ist nicht enthalten. Damit kann man aber eine solche Figur mit dem Button **figure** \Uparrow beliebig in die Hauptgeometrie oder einen Anhang laden.

WICHTIG !

Die Konstruktionsflächen beziehen sich immer auf den Anhang mit dem Index hinter \gg **append** bzw. auf **main** \gg für die Hauptgeometrie.

Verschiebt man bei einem Anhang in der linken Hauptkonstruktionsfläche (Vorderansicht der Mittellinie) den unteren Marker auf der vertikalen Achse, so entfernt oder nähert sich der Anfang des Anhangs der Hauptgeometrie. Die Verbindungsgeometrie passt sich dem automatisch an.

Die Lage der Anhänge (up, φ) und die Streckung \Updownarrow bestimmen in der Hauptgeometrie die Löcher. Liegen diese zu dicht beieinander oder am Rand, kommt es im Triangulationsalgorithmus bei der Hauptgeometrie zum Fehler (typisch ist `front[m] is undefined`) und das Skript bricht ab oder der Browser gibt eine Meldung zu seiner Verlangsamung. Auch obere und untere Randkurve dürfen sich nicht zu dicht kommen.



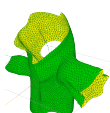
Die (**ungefähre** !) Dreieckslänge der Triangulation, die im initialen modalen Dialog festgelegt wird, beeinflusst den möglichen minimalen Abstand maßgeblich. Eine vorherige Prüfung des Abstands ist bisher nicht integriert und auch problematisch, da die Triangulation nicht statisch ist und man zur Sicherheit einen zu großen Abstandswert wählen müsste. Es ist besser, durch Tests in einem gegebenen Fall die mögliche Annäherung zu ermitteln.

146660 triangles finishing design ⚡ No 000 export GLTF ⚡ ID = 0 deci. 3 to Clipb. ☐ [help](#) [Hilfe](#)

Mit dem Button **design ⚡** wird ein komplettes Design in ein Textfeld kopiert, dort markiert und wenn **toClipb.** gewählt ist in die Zwischenablage gebracht. Mit dem download Button können die Daten unmittelbar gespeichert werden. Das Design kann bei Start der Anwendung im initialen Dialog geladen werden. Das exportierte Design enthält anders als die Form auch die Verbiegungen, Streckungen/Stauchungen der Mittellinien der Hauptgeometrie und der Anhänge. Für eine komfortable laufende Sicherung betätigt man die **Leertaste** und es erfolgt ein sofortiger Download des Designs mit laufender dreistelliger Nummer: nnn-dsgn.txt. Die Anfangsnummer ist dreistellig eingebbar (No). Für jedes neue Design sollte man einen gesonderten Ordner anlegen.

Mit dem Button **export GLTF ⚡** rechts unten wird die komplette three.js Geometriedefinition in ein Textfeld kopiert, dort markiert und eventuell in die Zwischenablage gebracht. Damit kann man sie unmittelbar in ein three.js Projekt kopieren. Ein Download der Daten und der Export als GLTF-Mesh sind per Button möglich. Das Mesh muss mit der Option **wireframe** im Viewer (z.B. <https://gltf-viewer.donmccurdy.com/>) angezeigt werden. Bevor man speichert, kann man die ID des Designs bzw. der Geometrie sowie die Anzahl der zu exportierenden Dezimalstellen in die Eingabefelder eintragen. Beim Export ist die ID Bestandteil der Überschrift (als Kommentar), beim Design steht die Identifikation nach D,S, als dritter Eintrag.


Die Hauptgeometrie und die Anhänge (mit Verbindung und Kappen) werden nach der Konstruktion und vor der 3D Anzeige stets zu einer einzigen Geometrie verbunden und bei Bedarf exportiert. Ist die Checkbox **double edges** angehakt, werden die separaten Teilgeometrien lediglich aneinander gefügt. Dadurch sind alle Nahtpunkte doppelt vorhanden und die zwei Vertexnormalen an der Naht verschieden. Ansonsten werden die doppelten Vertices zusammengeführt und alle Indizes der Dreiecke neu berechnet. Das ergibt einheitliche Vertexnormalen für die gesamte Geometrie. Beim Finishing ergeben sich an den Nähten dadurch unterschiedliche Resultate. Auch für die weitere Nutzung der Geometrie kann die Wahl der Variante von Interesse sein.



Die exportierte Geometrie-Definition hat z.B. folgende Struktur.

```
/*... indexed BufferGeometry ID 0 ... */  
  
const geometry_0 = new THREE.BufferGeometry();  
geometry_0.indices = new Uint32Array( [ 4,  
    ...  
    312 ] );  
geometry_0.positions = new Float32Array( [ 9.9,  
    ...  
    35.6 ] );  
geometry_0.setIndex( new THREE.BufferAttribute( geometry_0.indices, 1 ) );  
geometry_0.setAttribute('position', new THREE.BufferAttribute( geometry_0.positions, 3 ));
```

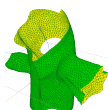
Mit dem Button **finishing** gelangt man zu einer zusätzlichen Endbearbeitung der Geometrie in der 3D Darstellung mit Hilfe von Raycast. Es ist eine Warnung mit Hinweisen vorschaltet und der Vorgang kann abgebrochen werden. Wenn die Finalisierung gestartet wird, ist keine Rückkehr zur allgemeinen Editierung der Geometrie mehr möglich. Die Geometrie kann nur noch exportiert werden, das Design muss vorher gespeichert werden! Die Wahl **double edges** muss bei Bedarf vorab erfolgen.

Bei der finalen Bearbeitung können mit der Maus und einigen Tasten lokale Erhebungen und Vertiefungen auf der Oberfläche erzeugt werden. Alle Schritte können mit dem dann erscheinenden Button  links neben der click-Checkbox wieder rückgängig gemacht werden.

Für kreisförmige lokale Änderungen mit einem Radius und einer Tiefe (bzw. Höhe) sind verschiedene Funktionen zum Radius auswählbar, von einfacher Multiplikation * bis zu verschiedenen Winkelfunktionsvarianten.

Wird **singly** angewählt, wird jeder Punkt entlang seiner eigenen Vertexnormalen nach außen (vorwärts, forth) oder innen (zurück, back) verschoben, ansonsten wird für alle Punkte einheitlich die Normale des per Maus und Raycast bestimmten Punktes benutzt.

Wird die Checkbox **click** angewählt, muss nur auf die Oberfläche geklickt werden, da die Radiobuttons forth bzw. back wirksam sind. Alternativ kann mit den Tasten f bzw. b geklickt werden. Die Benutzung der Tasten f und b hat Vorrang, auch wenn die Checkbox **click** angehakt ist.



Mit klick und Taste p (point) setzt man Punkte für eine Kurve. Der Punkt auf dem Vertex wird jeweils **rot** markiert. Mit dem zweiten Punkt wird die Kurve symbolisch als Röhre mit dem gewählten Radius angezeigt. Die gewählte Tiefe (depth) kann nicht dargestellt werden. Die gesetzten Punkte können nacheinander rückwärts mit Taste r (remove) wieder entfernt werden.

Auch während der Kurvenbearbeitung können mit forth bzw. back lokale Oberflächenveränderungen erzeugt werden.

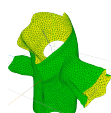
Nach betätigen von Taste e (end of curve) wird die kurvige Veränderung realisiert. Dabei ist auch die ausgewählte Funktion relevant. Jeder Punkt wird entlang seiner Vertexnormalen verschoben. Deshalb ist je nach Anforderung vorab die richtige Einstellung bei **double edges** wichtig.

Mögliche Fehler durch den nicht deterministischen Triangulationsalgorithmus:

Beispielsweise kam es bei einer Streckung \updownarrow 100% dazu, dass keine 3D Anzeige erfolgte und eine Fehlermeldung in der Konsole erschien. Nach Änderung auf 99% oder 101% funktioniert die Triangulation in diesem speziellen Fall problemlos ohne das das Skript terminiert wurde.

In anderen Fällen bricht das Skript ab und es muss dann neu begonnen werden.

Es ist deshalb sinnvoll sehr häufig Teilergebnisse zu speichern – **Leertaste** drücken.

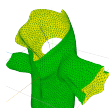


Die frei verschiebbare Tastaturhilfe:

Die Bereiche (area) stehen für die verschiedenen Konstruktionskoordinatensysteme bzw Bearbeitungsbereiche.

MAIN	Hauptkonstruktion Mittellinie Vorderansicht links, Draufsicht rechts,
CUT	Querschnittbearbeitung,
VERT	Vertikalbearbeitung, schmales System, eine Dimension,
CAP	Ränder und Kappen,
FIN 3D	Finalisierung per Raycast in der 3D Darstellung

***** press key on mouse click / on movement / always *****			key help ↗
area	key	meaning / effect	
	␣	(spacebar) download design file: nnn-dsgn.txt	
MAIN	m	on blue - move	
.	i	on blue - insert	
.	d	on blue - delete	
.	c	on green - open CUT editing for the clicked elevation point	
.	s	on green - load file with cross-section shape, file selection	
.	r	on green - remove cross section	
.	v	left system: open VERTical editing on the circumference	
CUT	m	on blue - move	
.	s	on blue - scale cross-section shape	
.	v	on green - open VERTical editing	
VERT	n	on blue left - change in base height	
.	m	on blue right - move the individual heights	
CAP	m	on blue - move edge height	
.	t	on red - translate position of the center, any	
.	o	on green - upper opening of the cap, horizontal	
.	h	on magenta - change of cap height, vertical	
FIN 3D	f	forth - take if not click box checked	
.	b	back - take if not click box checked	
.	p	set a point for the curve	
without click:	r	remove last curve point	
without click:	e	end of curve formation	



Anfang der Designdatei einer Geometrie

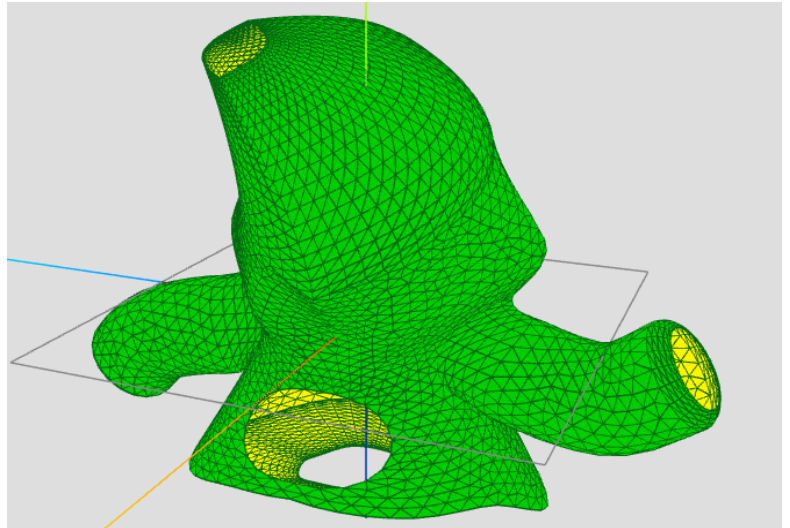
```
D,S,0,200,0.067,|
```

D, S, steht für Design, ID = 0, scaling = 200cm, Dreiecksseite = 0.067

Die Werte ID, scaling und Dreiecksseite können mit einem Texteditor geändert werden.

Die Skalierung ist bei der Bearbeitung auf den Konstruktionsbereichen sichtbar.

Es können auch andere Werte als in der Auswahl angegeben werden.



Eine verkleinerte Dreiecksseite funktioniert in der Regel problemlos. Wenn nicht, den Wert leicht ändern. Bei einer Vergrößerung kann das Skript durchaus öfters stoppen, da sich Grenzlinien zu dicht annähern. Im Bild passen nur zwei Dreiecke zwischen das Loch und die untere Begrenzung der Hauptgeometrie.

Nach Änderung auf

```
D,S,7,20,0.03,|
```

ergibt sich das folgende Bild:

Hilfreich ist das, wenn man erst später bemerkt, dass noch ein Anhang oder Loch hinzugefügt werden soll und es bei der ursprüngliche Größe der Dreiecksseiten nicht mehr funktioniert.

