

HANSER

Leseprobe

Harald Vogel

Konstruieren mit CAD

Das Lernpaket für 3D-Modellieren im Maschinenbau

ISBN: 978-3-446-42401-2

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-42401-2>

sowie im Buchhandel.

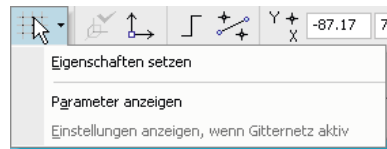
3.4 Wellen rotieren

In der Technik ist Rotation allgegenwärtig – so sehr, dass es tonnenweise Normen für Lagerungen, Dichtringe, Getriebe, Motoren, selbst Strahltriebwerke gibt. Das bedeutet, die Methode der Rotation findet allseits Verwendung. Fangen wir mit den Wellen für das Getriebe in Teil III an:

- Öffnen Sie ein neues Teil namens **Welle Schneckenrad**, legen Sie eine neue Skizze auf der *Ebene XY* an. Blau.

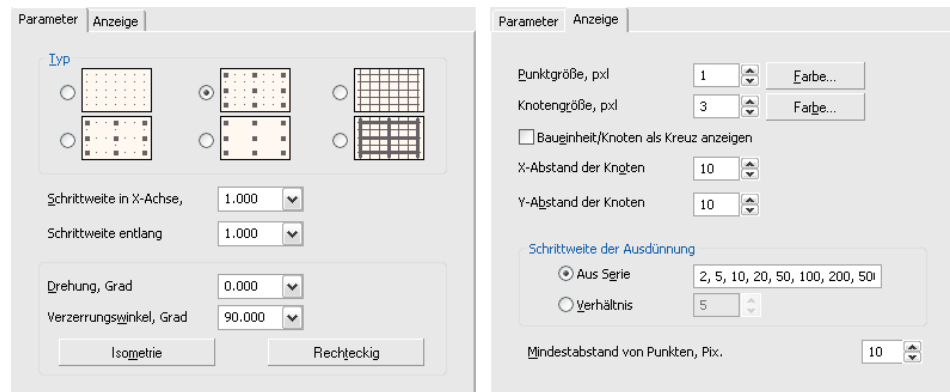
3.4.1 Arbeiten mit Zeichenraster

Die Welle ist 142mm lang, der größte Durchmesser beträgt 28mm. Sie ist ein sehr gestrecktes Bauteil, das beim Festlegen und Bemaßen recht unbändig reagieren kann. Deshalb skizzieren wir schon jetzt einigermaßen genau. Damit wir dabei nicht den Überblick verlieren, benutzen wir das Gitternetz:



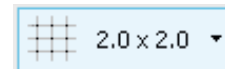
- In der Symbolleiste *Aktueller Status* finden Sie das Flyout des *Gitternetzes*. Wählen Sie daraus *Eigenschaften setzen*. Bild 3.13 zeigt beide Registerkarten dieses Fensters, *Parameter* und *Anzeige*.

Bild 3.13:
Am Besten gleichzeitig einzustellen:
Die Registerkarten der Gitterkonfiguration.



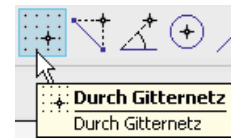
- Unter Registerkarte *Parameter*, *Typ* wählen Sie die Darstellung des Gitters, im Profil *KmCAD* sind *Knoten* mit einer Unterteilung in *Punkte* definiert. In der Registerkarte *Anzeige*, *X-Abstand* und *Y-Abstand der Knoten* ist ein Wert von *10* angegeben, das bedeutet, alle *10 Punkte* kommt ein *Knoten*. *Parameter*, *Schrittweite* gibt die Sprungweite des Cursors an, die auf *1.000mm* gesetzt ist. Damit rastet der Cursor auf jedem vollen Millimeter ein, der Abstand zwischen zwei *Knoten* beträgt *10mm*.

- Unter *Anzeige, Schrittweite der Ausdünnung* wählen Sie, in welchen Schritten das Gitter vereinfacht wird, wenn Sie aus der Ansicht herauszoomen, andernfalls wäre der Editor bei passender Entfernung schwarz vor Punkten. Die eingetragene *Serie* ergibt eine feine Abstufung. Bestätigen Sie die Dialogbox und wählen Sie im Flyout noch *Parameter anzeigen*, sodass die aktuelle Ausdünnung, also die aktuelle Schrittweite, ständig vor Augen haben.



Das Gitter wird nun lediglich **angezeigt**. Doch wenn Sie auch in quantisierten 1mm-Sprüngen **zeichnen** wollen,

- schalten Sie zusätzlich den Fang *Durch Gitternetz* ein.



3.4.2 Die Skizze, exakt

Zeichnen wir die Welle liegend, wie es auch im CAD üblich ist:

- Zeichnen Sie eine *horizontale* Mittellinie und verknüpfen Sie sie über die Skizzenbeziehung *Punkte waagrecht ausrichten* mit dem Nullpunkt. Klicken Sie dazu einen der Endpunkte und den Nullpunkt an.
- Zeichnen Sie dann – nur mit Fang *Nächster* und *Gitter* – die Kontur, indem Sie sich mit der *Blitz-Linie* von links nach rechts vorarbeiten (Abb. 3.14, Kreis). Behalten Sie die zunächst die Koordinatenanzeige *p1* im Auge (linke Markierung): Bei -60,10 liegt der erste Punkt.

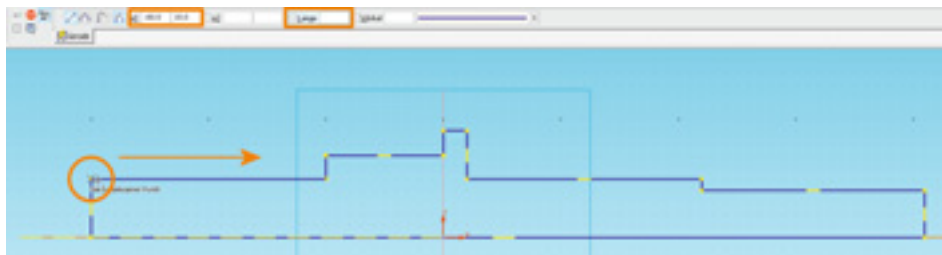
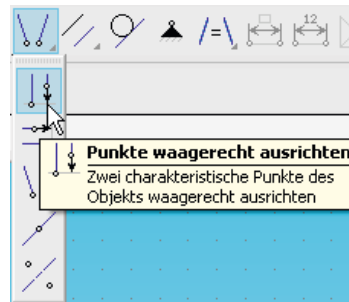


Bild 3.14:

Kein U-Boot, nur eine Welle für das U-Boot: die Halbkontur wird wie in einer technischen Zeichnung erstellt.

- Danach zeichnen Sie unter Beobachtung von *p2*, dem Endpunkt des Segments, oder der relativen *Länge* (rechte Markierung), was noch einfacher ist: **40** nach rechts, **4** nach oben, **20** rechts, **4** hoch, **4** rechts, **8** tief, **40** rechts, **2** tief, **38** rechts, **8** tief, **142** links, **10** hoch.
- Schalten Sie die Linie und den Gitterfang wieder ab.

Damit sollte die Kontur geschlossen sein, die lange Linie auf der Mittellinie liegen. Der Gitterfang hat allerdings einen Nachteil: Andere Fänge funktionieren nicht mehr, Objekte werden nicht miteinander verknüpft – oder zumindest: nicht immer.

3 Rotation: Alles was rund ist



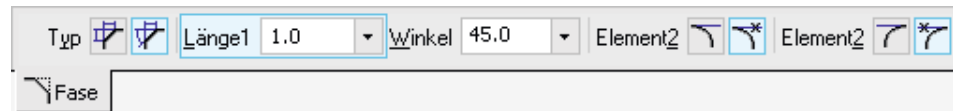
Bild 3.15:
Die Eigenschaftsleiste
der Fase.

- Holen Sie dies nach, indem Sie den rechten oder den linken unteren Endpunkt der Kontur über *Punkt auf Kurve* mit der Mittellinie verbinden. Da diese Linie *horizontal* ist, genügt ein Ende, um sie zu arretieren.

Natürlich können Sie eine so komplexe Kontur auch in einzelnen Segmenten zeichnen, solange diese a) horizontal oder vertikal und b) miteinander verknüpft sind. Falls ein gelber Punkt fehlt, reparieren Sie dies mit *Punkte verschmelzen*.

Da wir es mit einem Rotationsquerschnitt zu tun haben, können wir die umlaufenden Fasen und Radien gleich in die Kontur einarbeiten:

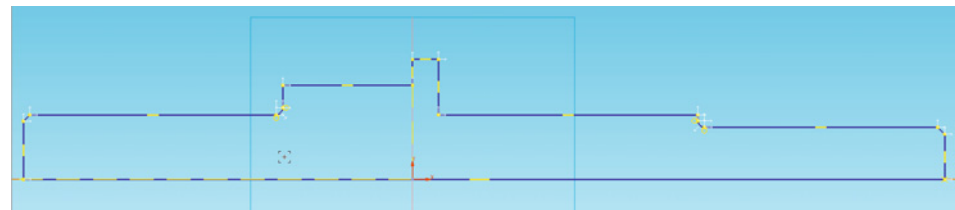
- Rufen Sie die *Fase* aus der Symbolleiste *Geometrie* auf. Stellen Sie den *Typ Fase* durch *Seite und Winkel* auf die Maße **1.0** und **45°** ein (Abb. 3.15).



- Bringen Sie dann an der linken und rechten oberen Ecke der Kontur je eine Fase an, indem Sie die Linien des Winkels nacheinander anklicken.
- Bringen Sie auf gleiche Weise je einen *Radius* von **1mm** an den Hohlkehlen an, die den Fasen gegenüberliegen. Sie bemerken, dass die Tangentialverknüpfungen automatisch gebildet werden.
- Bringen Sie dann die linke Seite des Bundstegs über *Punkte senkrecht ausrichten* mit dem Nullpunkt zur Deckung. Dies wird zugleich der Einfügestpunkt der fertigen Welle.
- Schalten Sie dann die *Freiheitsgrade* ein (Abb. 3.16).



Bild 3.16:
Grenzenlose Freiheit
scheint diese Kontur zu
erspüren. Aber nicht
mehr lange.

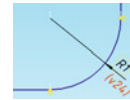


3.4.3 Bemaßungen: Von klein nach groß

Die Zahl der Pfeile wirkt niederschmetternd. Aber vielleicht kennen Sie die Bemaßungsregeln aus dem Technischen Zeichnen: Fertigungsgerecht, alle nötigen Maße und keine Redundanz. Damit schaffen Sie es auch im MCAD.

Auch beim Bemaßen gibt es eine Prozedur: Sie fangen mit den kleinsten Maßen an und arbeiten sich zu den größten durch. Andernfalls werden die steuernden Maße die Skizze unter Umständen so stark verzerren, dass Sie die Maße löschen und die Skizze ausrichten müssen. Fangen wir also mit den Radien an:

- Bemaßen Sie beide Radien mit der *Radialbemaßung*. Der korrekte Maßwert von **1mm** sollte bereits vorgeschlagen werden.
- Legen Sie dann beide Fasen mit der *Winkelbemaßung* auf **45°** fest, von der vertikalen Linie ausgehend. Dabei wählen Sie in der Eigenschaftenzeile den *Typ Minimaler, spitzer Winkel*.



Sie können die drei Typen auch mit **Strg+Tab** durchschalten, bevor Sie die Bemaßung abschließen.

Fahren wir mit den Horizontalmaßen fort. Beachten Sie: Bei Längenmaßen klicken Sie meist Punkte, Ecken, Radienmittelpunkte oder Zentren, selten ganze Linien an.

- Die kleinsten Maße sind die Fasen. Benutzen Sie die *Autobemaßung*, dann können Sie interaktiv mit der Maus Vertikal-, Horizontal- oder schräge Maße vorgeben. Bemaßen Sie die Fasen zu je **1mm** (Abb. 3.17).

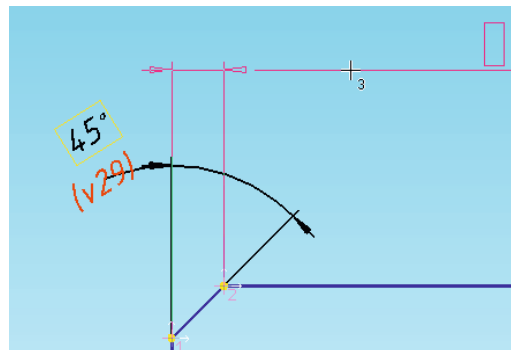
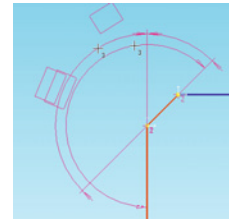


Bild 3.17: Wenn Maßpunkte in verschiedenen Höhen sitzen, ist die *Autobemaßung* die beste Wahl.

- Dann legen Sie den Bund auf **4mm** fest.
- Arbeiten Sie sich nun von der arretierten Bundseite nach links vor: **20** und **40mm** sind hier die Maße. Achten Sie darauf, die richtigen Punkte zu treffen, nicht etwa die Fasen und Radien. Hier zoomen Sie am Besten nahe heran (Abb. 3.18).

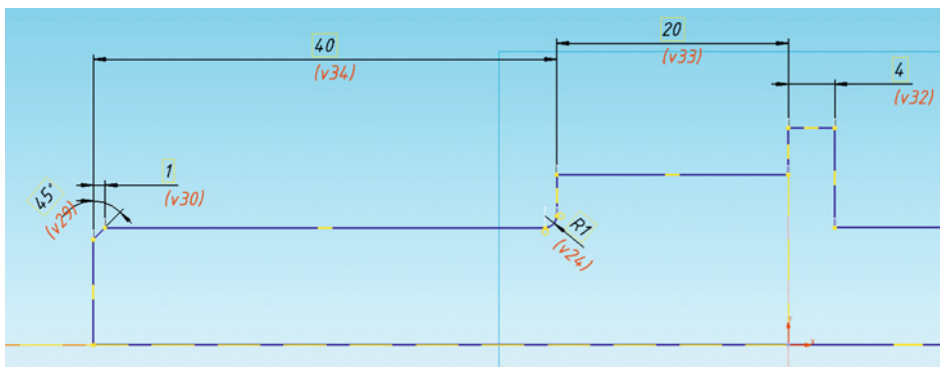
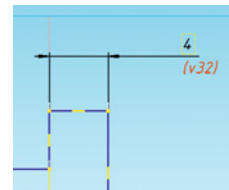


Bild 3.18: Musrad-Meilen: Diffizil ist die Arbeit bei solchen Größenunterschieden.

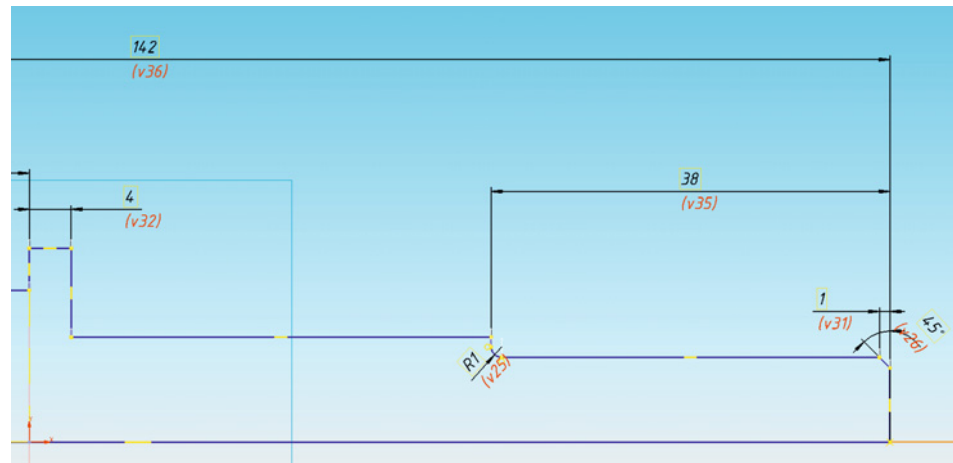
3 Rotation: Alles was rund ist

- Bemaßen Sie dann das rechte Ende zu **38** und die gesamte Kontur mit **142mm** (Abb. 3.19).

Damit sind alle waagerechten Pfeile verschwunden. Die Länge des zweiten Absatzes von rechts ergibt sich aus der Differenz der Gesamtlänge und der anderen Längen – genau so würden Sie eine Fertigungszeichnung bemaßen.

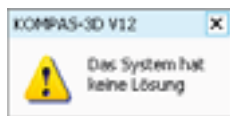
Bild 3.19:

Wie gesagt:
Wenn man es fertigen kann, bleiben auch keine Freiheitsgrade.

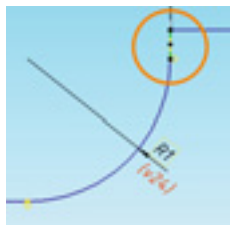


Noch leichteres Spiel haben Sie mit den fünf Durchmessern, die Sie wieder nach unserer „Chimären-Methode“ bemaßen. Von links nach rechts mit *Autobemassung*:

- Der erste Durchmesser beträgt 20, also tragen Sie für den Radius **20/2** mm ein. Verknüpfen Sie die Punkte mit der Mittellinie.
- Der nächste Durchmesser beträgt 22/2 mm...



Da winkt Kompas-3D mit der Fehlermeldung ab, es habe für Ihr Ansinnen ... *keine Lösung*. Die Bemassung wird zwar erstellt, aber nur *informell*: Sie weist nicht den gelben Rahmen um die Maßzahl auf, der sie als steuerndes Maß kennzeichnen würde. Dabei zeigen die Freiheits-Pfeile doch eindeutig beide nach oben – die Linie ist vertikal beweglich, wie Sie sich durch ratloses Ziehen versichern (Rückgängig mit **Strg+Z**). Was ist hier Sache?



Wenn Sie den linken Anschluss dieser Linie heranzoomen, erkennen Sie ein winziges Liniensegment. Der anschließende, tangentielle Radius beträgt 1mm, er ist bei 90° also 1mm hoch. Die Durchmesserendifferenz beträgt $(22-20)/2$ mm, also genau 1mm. Mathematisch gesprochen müsste das Liniensegment also identisch verschwinden, um hier den Durchmesser 11 zu ermöglichen – aber das geht nicht: In der Computergrafik kann es **keine Objekte der Länge null** geben. Es sei denn natürlich, Sie löschen sie:

- **Speichern Sie das Modell.**
- Löschen Sie das kurze, vertikale Liniensegment und ziehen Sie den Endpunkt der Horizontalen auf den Radius, sodass eine Verknüpfung *Nächster Punkt* entsteht.

- Führen Sie die gleiche Operation dann auch für den anderen Radius durch, denn auch hier wird die Höhendifferenz nur 1mm – Verzeihung, 2/2mm – betragen.
- Jetzt können Sie den Durchmesser mit **22/2**mm bemaßen.
- Die Durchmesser des Bundes und der beiden rechten Absätze betragen **28/2**, **20/2** und **18/2**mm.

Und weg sind die Pfeile! Bis auf die der Mittellinie, die uns aber nicht interessieren, solange es **horizontale** Pfeile sind. Wenn Sie jetzt noch die Horizontalmaße ausrichten wollen, damit es nicht gar so wüst aussieht,

- richten Sie das erste Maß auf die Höhe ein, die Sie haben wollen. Sie bewegen die Maßlinie mit Hilfe der beiden Anfasser an den Pfeilen (Abb. 3.20, Kreis), die Maßzahl selbst verschieben Sie mit dem dritten Anfasser.
- Aktivieren Sie dann eines der **anderen** Maße und wählen Sie aus seiner Kontextleiste *Maßlinien ausrichten*. Klicken Sie auf Nr.1. Der Modus bleibt aktiv, Sie können also mehrere Maße anklicken. Richten Sie drei Ebenen ein: eine für das Abmaß 142, eine für die vier Absatzmaße und eine für die beiden Fasen.

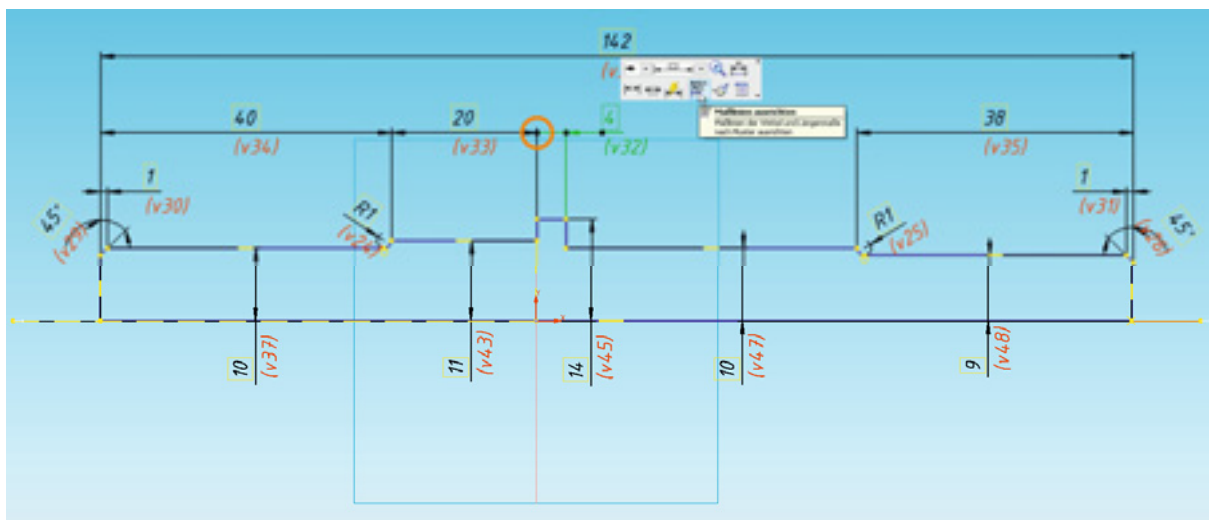


Bild 3.20:

Ordnung, wohin das Auge blickt: Dies könnte eine Fertigungszeichnung sein.

Ein Schönheitsfehler ist Ihnen sicher nicht entgangen: Die Radien sind jetzt nur noch einseitig tangential gebunden – das bedeutet, wenn Sie die benachbarten Durchmesser ändern, verhalten sich die Radien gelinde gesagt merkwürdig. Sie könnten natürlich je eine vertikale Hilfslinie einzeichnen und sie mit dem Radius tangential verknüpfen, so dass er immer einen Viertelkreis überspannt. Aber damit wäre die Skizze überbestimmt, denn die benachbarten Durchmesser wären nun linear abhängig, und Sie könnten nur einen davon parametrieren.

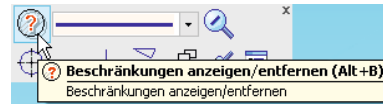
Oder: Sie laden die alte Fassung und verkleinern einfach den Radius.



3.4.4 Anders überlegt: Skizzen modifizieren

Sie werden noch öfter in die Situation kommen, ein bereits fertig geglaubtes Modell zu ändern – dass das überhaupt geht, ist eine der vielen Schönheiten des MCAD, und die kann ich Ihnen nicht vorenthalten:

- Öffnen Sie die Skizze der Welle und zoomen Sie nah an den linken Radius und die Horizontale heran, die Sie vorhin mit dem Radius verknüpft hatten. Näher.

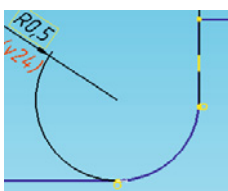
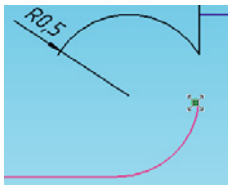
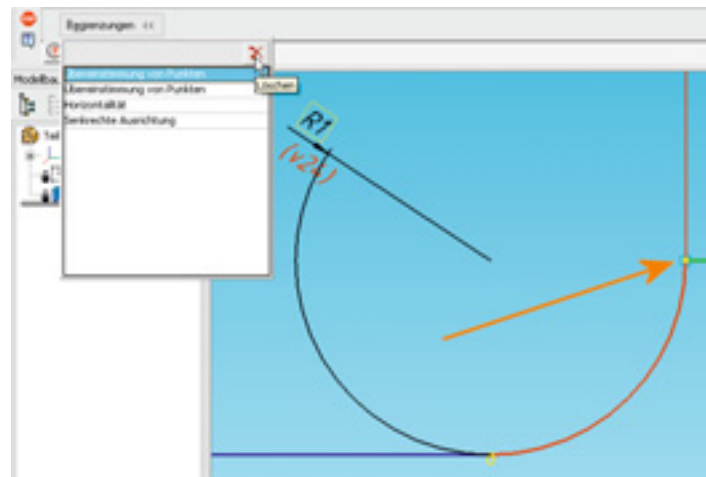


- Aktivieren Sie die Horizontale und wählen Sie aus ihrer Kontextleiste *Beschränkungen anzeigen/entfernen* oder **Alt+B**.

- Klicken Sie die beiden Begrenzungen *Übereinstimmung von Punkten* durch, bis ein kleines Quadrat in der Zeichnung die Verknüpfungsstelle von Radius und Linie markiert. Wählen Sie dann die Schaltfläche *Löschen* (Abb. 3.21). Beenden Sie die Funktion mit **Esc**.

Bild 3.21:

Verknüpfungen löschen:
Auch im MCAD ist kein
Bund für die Ewigkeit.



Die Freiheits-Pfeile und die Abwesenheit von Gelb zeigen an, dass dies nun eine „offene“ Ecke ist: Die Linien haben keine Verbindung miteinander.

- Ändern Sie die Radiusbemaßung auf **0,5mm** und ziehen Sie den Radius am oberen Bogenende etwas nach unten, sodass eine kleine Lücke entsteht. Verbinden Sie die freien Enden dann mit einer *vertikalen* Linie. Gelbe Punkte sollten die erfolgreiche Verknüpfung mit *Nächster Punkt* anzeigen.
- Verknüpfen Sie die neue Linie und den Radius tangential (*Berührung*).
- Führen Sie diese Operation dann auch auf der rechten Seite durch.

Ergebnis: Die Skizze ist voll bestimmt, alle Maße sind steuernd – haben Rahmen-, es gibt keinerlei Fehlermeldungen. Wie Sie sehen, können Sie mit parametrischer Festlegung und geometrischer Logik viel Arbeit sparen. Wer behauptet da noch, die parametrische Modellierung sei umständlich? Schwierig zu erlernen, ja. Aber die

hier vorgestellten 3D-Methoden finden Sie so oder ähnlich in jedem 3D-Programm, ob SpaceClaim, Cinema4D, Maya, Rhinoceros oder formZ. Nur verfügen Sie dort nur über sehr wenige Möglichkeiten, einmal Erstelltes zu ändern. Hier dagegen verfügen Sie praktisch über eine interaktive technische Zeichnung, das Variablenfenster und auch über die Möglichkeit, das ganze Modell von Excel aus fernzusteuern.

- Rotieren Sie dann die Welle. Nennen Sie die beiden Features **Sk Welle** und **Rot Welle** und speichern Sie das Bauteil (Abb. 3.22).

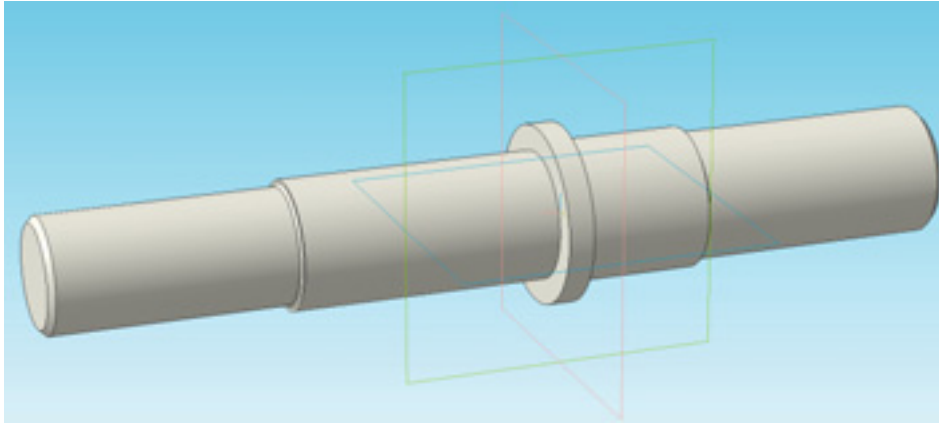


Bild 3.22:
Es scheint, die 3D-Operation ist immer das kleinste Problem. Aber noch ist nicht aller Seiten Ende.

Für die Fachleute: Freistiche modellieren wir nicht, die werden höchstens eingezeichnet. Meister CAM hat bestimmt ein Makro dafür.

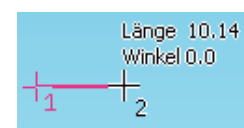


3.4.5 Skizzenobjekte haben Vergangenheit

Wo Sie gerade so schön am Rotieren sind: Zu unserem Schneckengetriebe in Teil III gehört noch eine zweite Welle, die Schnecke. Sie ist der obigen sehr ähnlich in der Erstellungsweise, daher kann ich Ihnen jetzt eine bequemere, gitterfreie Methode für langgestreckte Bauteile zeigen.

- Erstellen Sie ein neues Teil namens **Schnecke** und öffnen Sie auf der *Ebene XY* eine neue Skizze.
- Zeichnen Sie mit **Shift** oder dem *Winkelfang* eine einzelne, horizontale Linie ohne Verknüpfung ein, und zwar **von links nach rechts**.
- Bemaßen Sie sie mit der *Autobemassung* auf ein Vielfaches ihrer Länge (siehe Abb. 3.23).

Ergebnis: Die Linie, obwohl mit vier Freiheitsgraden ausgestattet, wird nach rechts verlängert, so oft Sie das wiederholen – und nach links verkürzt, wenn Sie das Maß verkleinern. Die Bemassung „weiß“ offenbar, welches der erste und welches der zweite Punkt dieser Skizze waren. Kompas-3D zeigt Ihnen ja auch stets die Reihenfolge der Erstellung an.



3 Rotation: Alles was rund ist

Bild 3.23:

Einseitige Freiheit:
Die Bemaßung arbeitet in
Erstellungsrichtung.



- Wenn Sie den Gegenteil machen und eine Linie **von rechts nach links** zeichnen, so wird auch die Bemaßung **nach links** steuern.

Dies behalten wir im Hinterkopf, wenn wir derart „unförmige“ Skizzen in den Griff kriegen wollen:

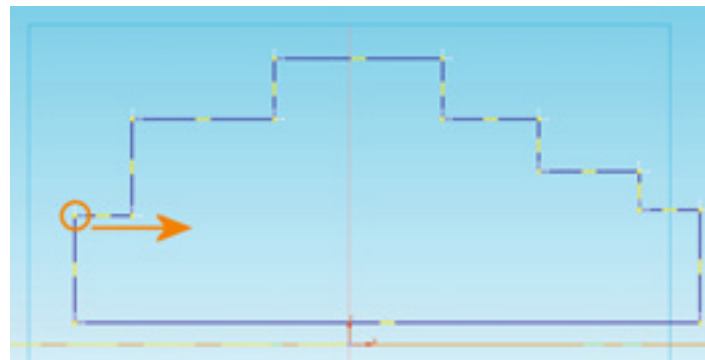
- Löschen Sie die Linien mit **Strg+A, Entf.** Zeichnen Sie dann eine horizontale Mittellinie ein und richten Sie sie auf den Nullpunkt aus.

Zeichnen Sie dann mit **Shift** und der Blitz-Linie grob die Kontur nach Bild 3.54:

- Drei Stufen links des Plateaus, vier rechts davon, alle *Vertikal* oder *Horizontal*, keine weiteren Verknüpfungen – auch nicht mit der Mittellinie, denn so ist die Kontur einfacher zu zeichnen. Für das **letzte** Segment lassen Sie die **Shift**-Taste los und verknüpfen nur die Punkte. Beschränken Sie dieses schräge Segment dann noch *vertikal*.

Bild 3.24:

Handlich:
Die Kurz-Fassung der
Schneckenwelle.



- Tragen Sie nun mit der *Autobemaßung* das längste Maß an, **160mm** für die untere Horizontale. Die Kontur wird nach rechts verlängert. Ziehen Sie das Maß weit nach oben.

Obwohl Sie die lange Konturlinie von rechts nach links gezeichnet haben, steuert die Bemaßung nun nach rechts: Bei Linienzügen ist offenbar die Erstellungsrichtung des **ersten** Segments ausschlaggebend.

- Erstes Maß von rechts ist der kleinste Absatz, **38mm**. Bemaßen Sie punktweise, und zwar die **obere** Ecke des Absatzes und die **untere** Ecke der Kontur (Abb. 3.25).

Der Hintergrund ist, dass die untere Ecke des Absatzes, die Hohlkehle, noch einen Radius erhält. Durch diese topologische Änderung wird die Beziehung zur Bemaßung gelöscht, danach ist sie nur noch *informell* – auch deshalb bemaßen wir normalerweise erst zum Schluss. Auch die rechte und linke Vertikale erhalten wieder Fasen, weshalb wir mit den unteren Ecken arbeiten.

- Der zweite Absatz von rechts, den Sie ebenfalls von der unteren, rechten Konturrecke aus bemaßen, liegt bei **69mm**. Dadurch kann sich die Kontur nach links verschieben.

Lassen Sie sich nicht beirren: Falls die Kontur doch einmal umschlägt oder „Schleifen dreht“, unterbrechen Sie das Bemaßen und richten die Linien wieder her. Es sind ja nur ein paar Klicks.

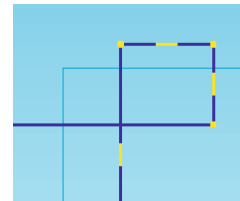
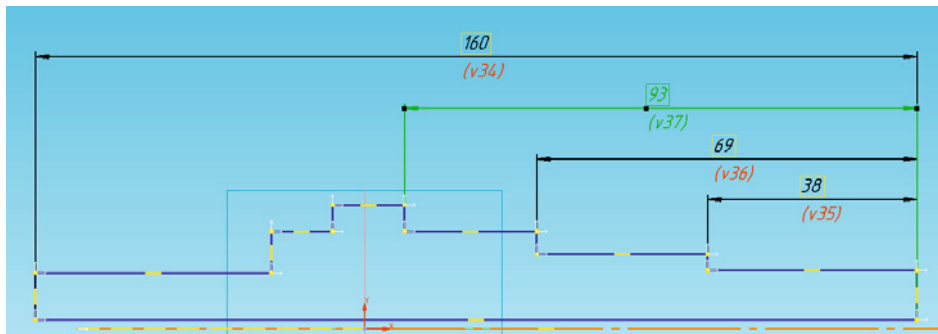


Bild 3.25:
Ohne Netz:
Die Kontur wird erst
bemaßt, dann festgelegt.



- Der dritte Absatz liegt **93mm** vom rechten Ende entfernt. Nehmen Sie wieder die obere Ecke des Absatzes und die untere der Kontur.
- Das Plateau erhält ein eigenes Breitenmaß von **30mm** an den oberen Ecken.
- Der linke Absatz ist ganze **12mm** lang. Damit sind die Breiten aufgeteilt (Abb. 3.26).

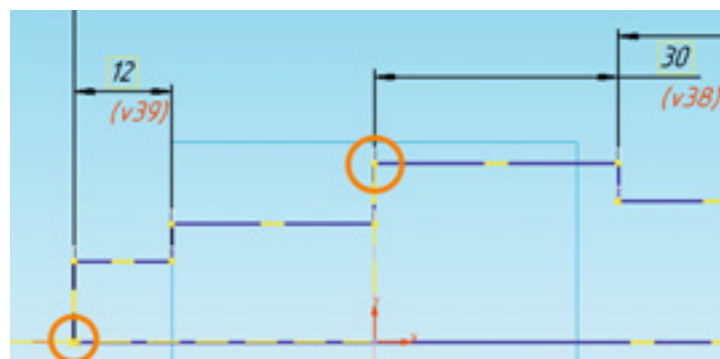


Bild 3.26:
Noch zwei Maße, und die
Breiten stimmen.

3 Rotation: Alles was rund ist

Für die Durchmesser muss die Kontur mit der Mittellinie verknüpft werden:

- Verknüpfen Sie die linke obere Ecke des Plateaus über *Punkte senkrecht ausrichten* mit dem Nullpunkt, die linke untere Ecke der Kontur über *Punkt auf Kurve* mit der Mittellinie.

Damit sind alle waagerechten Pfeile verschwunden.

- Verknüpfen Sie nun die beiden Absätze links und rechts des Plateaus mit einer *Kollinearität*. Auch diese beiden Durchmesser müssen wir nur einmal bemaßen.

Dann kommen die Durchmesser an die Reihe:

- Definieren Sie von links nach rechts **15/2**, **20/2**, **23.2/2**, auslassen, **15/2** und **12/2** (Abb. 3.27).

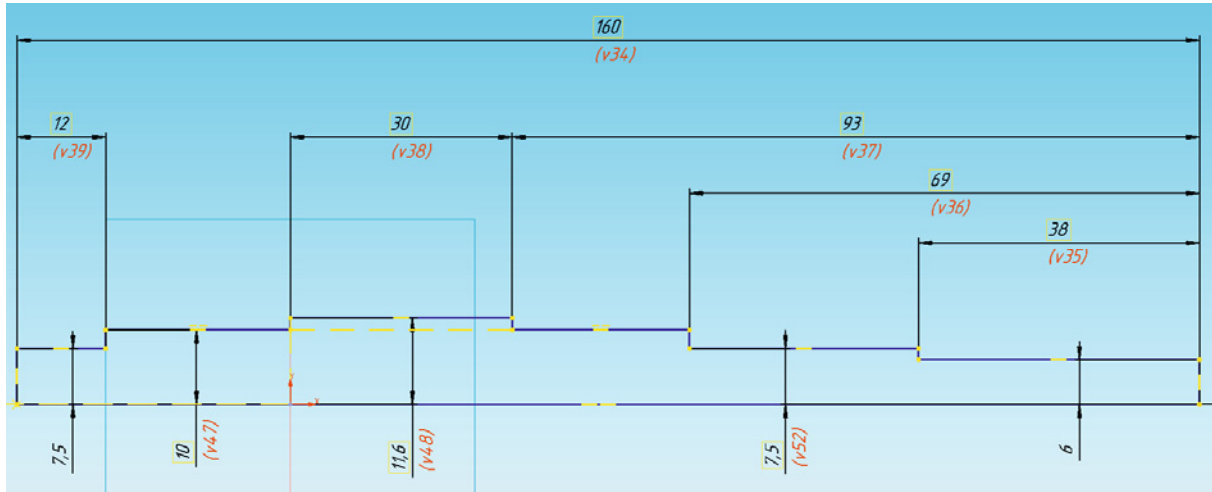


Bild 3.27:

Die Umkehr des Vorgangs:
Bei der Turbo-Methode
kommen die Kleinsten
zum Schluss.

Zum Schluss tragen wir die Fasen und Radien ein:

- Die äußeren Ecken der Kontur erhalten je eine *Fase* **0,5mm x 45°** (Abb. 3.28, Rechtecke). Der rechte Absatz sowie das Plateau erhalten *Radien* von **1mm** (Pfeile). Bemaßen Sie nur einen der Plateau-Radien, definieren Sie *Gleicher Radius* für den anderen. Diesmal gibt es keine Überraschungen.
- *Rotieren Sie die Schnecke*. Nennen Sie die Features **Sk Schnecke** und **Rot Schnecke**. *Speichern Sie dann das Bauteil* (Abb. 3.29).

Damit ist auch die Schneckenwelle erst einmal fertig. Sie haben bemerkt, dass wir diesmal von Groß nach Klein gearbeitet haben, anders als vorhin beschrieben. Der Grund: Wenn Durchmesser beim Bemaßen zu „große Sprünge machen“, werden Radien und Fasen umgedreht. Dann können Sie die Aktion nur *rückgängig* machen oder müssen die Kontur behutsam von Hand in Position ziehen, bevor Sie erneut bemaßen. Und das wollte ich Ihnen ersparen.

