

1 Inhalt

Dieses Skript beschreibt, wie eine Zugfeder mit Ösen im Inventor 10 durch 3D-SKIZZE und SWEEPING modelliert werden kann. Ziel ist eine Feder, die in Baugruppen eingesetzt werden kann ohne Anspruch auf fertigungsgerechte Genauigkeit. Die Größe der Zugfeder kann man in der Parameterliste verändern.

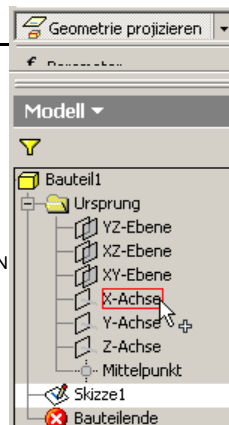
2 Vorgehensweise

- Für den Federkörper wird die Funktion SPIRALE ausgenutzt.
- Die Ösen werden in 2D-SKIZZEN skizziert, deren Ebenen die Stellung der Ösen bestimmen.
- Die Konturen von Spirale und Ösen werden in eine 3D-SKIZZE übernommen, die Lücken mit SPLINES geschlossen.
- Damit der Übergang zwischen Spirale und Ösen realistisch verläuft, müssen vorher 2D-SKIZZEN mit Stützpunkten für die SPLINES erstellt werden.
- Das Profil des Drahtes wird in eine letzte 2D-SKIZZE gezeichnet und dann durch SWEEPING auf den Pfad in der 3D-SKIZZE übertragen.
- Zuletzt werden die MODELLPARAMETER von benutzerfreundlichen BENUTZERPARAMETERN abgelöst.

3 Hinweise

3.1 Koordinatensystem einbinden

- Im Skript wird die Spirale mit dem Koordinatensystem verknüpft. Man muss also wissen, wie Achsen und Ebenen in die Skizzen eingebunden werden. Eine Möglichkeit:
- 2D-SKIZZE – GEOMETRIE PROJIZIEREN
 - URSPRUNG – ACHSE (EBENE) anklicken



3.2 Modellparameter

Maße der Art $d3$ sind MODELLPARAMETER → KAP. 13.

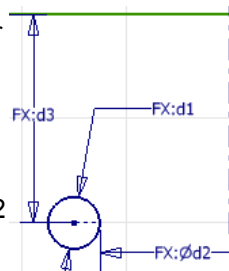
3D-Modell: *.ipt

4 Spirale

Für den Federkörper wird mit der Spiralfunktion eine Hilfsspirale¹ modelliert, deren Form in die 3D-Skizze übernommen wird. Die Hilfsspirale wird beim Sweeping in der fertigen Feder verschwinden.

4.1 Erstellen Sie die Profilskizze für die Hilfsspirale.

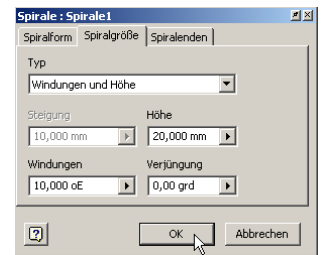
- MODELL - DMK² SKIZZE1
- Das Hilfsmaß $d1$ darf nicht mehr als die Hälfte des Drahtdurchmessers betragen.
- Beachten Sie die Bemaßung $d2$ (mittlerer \varnothing der Federspirale) am rechten Quadrantenpunkt des Kreises $d1$ ³.



- Die gestrichelte Konstruktionslinie im Kreis hilft, den Quadrantenpunkt zu fangen.
- Die Mittellinie (Strichpunkt) ermöglicht, das Maß $d2$ als Durchmesser einzutragen.
- Zwischen der Mittellinie und der y-Achse besteht die Abhängigkeit KOLLINEAR. Damit wird die y-Achse zur Längsachse der Feder.
- Das Hilfsmaß $d3$ (=halbe Spirallänge) legt die xz-Ebene mittig zur Länge der Spirale.

4.2 Stellen Sie die Hilfsspirale fertig.

- BAUTEILELEMENTE – SPIRALE
- SPIRALFORM
 - PROFIL: Kreis $d1$
 - ACHSE: Mittellinie
 - WINDUNG: rechts
- SPIRALGRÖSSE
 - TYP: Windungen und Höhe
 - Werte: beliebig

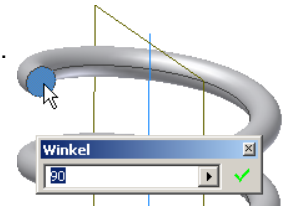


5 Die 1. Öse

Die beiden Ösen werden in 2D-Skizzen geformt. Die Skizzenebenen werden auf Arbeitsebenen gelegt, die um einen Winkel zu den Enden der Spirale verdreht sind. Der (Übergangs-)Winkel bestimmt, wie lang der Übergang von der Spirale zur Öse wird.

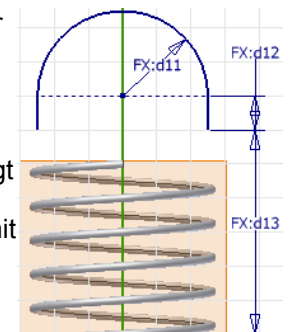
5.1 Erstellen Sie eine radiale Arbeitsebene für die 1. Öse.

- 2D-SKIZZE – ARBEITSEBENE
- Y-ACHSE im Browser anklicken
- Endfläche der Spirale anklicken
- Winkel: 90° ($d10$ in der Parameterliste)



5.2 Skizzieren Sie die Form der Öse.⁴

- Die gestrichelte Konstruktionslinie dient dem STUTZEN des Halbkreises
- Der Mittelpunkt der Öse liegt auf der y-Achse (KOINZIDENT).
- Die Hakenlänge $d12$ wird mit der Abhängigkeit GLEICH auf den anderen Schenkel übertragen.
- Die Höhe $d13$ wird zur xz-Ebene gemessen⁵.



¹ Inventor 10 erstellt Spiralen nur als Körper, obwohl hier eine Skizze genügen würde. Deshalb modellieren wir eine Spirale mit einem dünnen (Dummy-)Drahtdurchmesser $d1$, der später im Drahtdurchmesser der Feder verschwindet.

² DMK: doppelter Mausclick mit der linken Maustaste

³ In Kap. 8.2 wird die Spiralfunktion in die 3D-Skizze übernommen. Die 3D-Skizze übernimmt aber nur die Innenkontur der (Hilfs-)Spirale, deshalb muss diese Stelle bemaßt werden.

⁴ Nach DIN 2097 ist in Konstruktionen die deutsche Öse zu bevorzugen, die keine Haken hat. Man kann sie annähern, indem man in der Skizze den Haken weg lässt oder den Parameter $d12$ (=Lh) sehr klein wählt. Mit $d12=0$ kommt das Sweeping nicht klar.

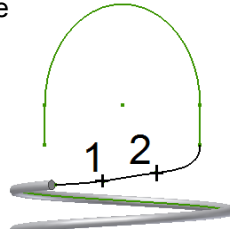
⁵ Man könnte das Maß $d13$ auch an die Spirale binden, aber das hat bei mir zu Problemen geführt, wenn ich den Übergangswinkel 90° ändern wollte.



6 Stützpunkte für den Übergang zwischen Spirale und Öse 1

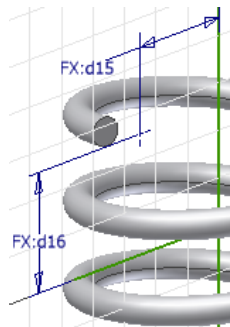
Die Übergänge zwischen Spirale und Ösen werden mit SPLINES angenähert⁶. Leider reicht die Angabe von Anfangs- und Endpunkten und -richtungen nicht für einen ansehnlichen Übergang aus, dazu benötigen die Splines weitere Stützpunkte.

Für dieses Beispiel genügen 2 zusätzliche Stützpunkte je Öse. Jeder Stützpunkt erhält eine Skizze auf einer Arbeitsebene⁷ und wird mit einem BMP⁸ markiert.



6.1 Erstellen Sie den 1. Stützpunkt für Öse 1.

- radiale ARBEITSEBENE → Kap. 5.1
- WINKEL: d14 → Kap. 13
- 2D-SKIZZE auf die Arbeitsebene
- 2D-SKIZZE – PUNKT,..
- d15 zur y-Achse
- d16 zur xz-Ebene⁹



6.2 2. Stützpunkt an Öse 1

- radiale Arbeitsebene
- 2D-Skizze
- Maße d17, d18, d19

7 Die 2. Öse

Die Öse am anderen Ende der Zugfeder wird genauso erstellt. Beachten Sie, dass alle Arbeitsebenen und Skizzen neu erstellt werden müssen, damit die Ösen unabhängig sind.

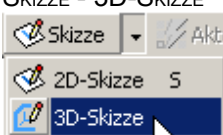
7.1 Erstellen Sie Skizze und Stützpunkte für die 2. Öse

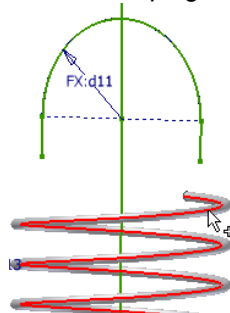
- → Kap. 5 und → Kap. 6

8 3D-Skizze und Splines

Spirale und Ösen werden in eine 3D-SKIZZE übernommen und die Lücke zwischen ihnen durch eine SPLINE geschlossen. Die Abhängigkeit TANGENTIAL verhindert Knicke an den Anschlussstellen. Um einen realistischen Verlauf zu erreichen, werden die Splines über die Stützpunkte (→ Kap. 6) geführt. Der fertige Linienzug dient als Pfad für das Sweeping.

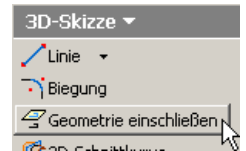
8.1 Legen Sie eine 3D-Skizze an.

- SKIZZE - 3D-SKIZZE
- 



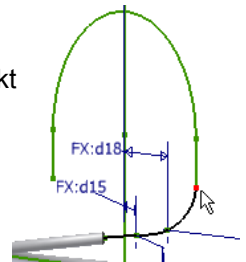
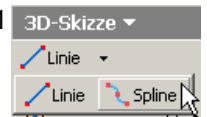
8.2 Übernehmen Sie die Spirale und die Ösen in die 3D-Skizze.

- Die Skizzen der Ösen müssen sichtbar sein
- 3D-SKIZZE – GEOMETRIE
- EINSCHLIESSEN
- Ösen und Spirale anklicken¹⁰



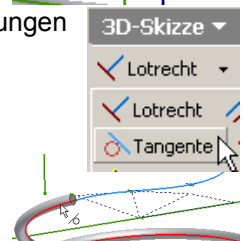
8.3 Geben Sie den Verlauf der SPLINE 1 an.

- Die Skizzen mit den Stützpunkten müssen sichtbar sein
- 3D-SKIZZE – SPLINE
- Nacheinander anklicken
- Ende der Spirale – Achtung: Quadrantpunkt, nicht Mittelpunkt
- Stützpunkt 1
- Stützpunkt 2
- Anfang der Öse
- RMK¹¹ – WEITER
- RMK – FERTIG



8.4 Definieren Sie die Randbedingungen für Spline 1.

- 3D-SKIZZE – TANGENTE
- Nacheinander anklicken
- Spline – Spirale
- dann
- Spline – Öse



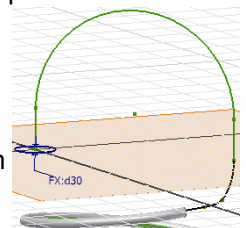
8.5 Erstellen Sie auch Spline 2.

9 Profil des Drahtes

Auch wenn der Federdraht einfach nur rund ist, benötigt das Sweeping eine Skizze des Drahtprofils. Sie muss an einem Ende des Pfades liegen.

9.1 Platzieren Sie eine Arbeitsebene am Ende des Pfades.

- BAUTEILELEMENTE – ARBEITSEBENE
- Endpunkt des Pfades anklicken
- MODELL – URSPRUNG – XZ-EBENE



9.2 Zeichnen Sie einen Kreis in die Profilskizze.

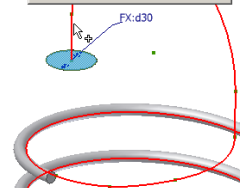
- 2D-Skizze auf die Arbeitsebene
- 2D-SKIZZE – KREIS DURCH MITTELPUNKT

10 Spirale fertig stellen

Nach den Vorarbeiten geht es jetzt schnell.

10.1 „Verkörpern“ Sie die Zugfeder mittels Sweeping.

- BAUTEILELEMENTE – SWEEPING
- Profil: Kreis d30
- Pfad: Kurve in der 3D-Skizze
- OK



⁶ Splines sind mathematische Modelle, die über gegebene Punkte möglichst glatte Linien legen. Sie werden in der Konstruktion für Freiformflächen und -kurven verwendet.

⁷ Man kann die Stützpunkte bei der Definition der Splines auch als Koordinaten eingeben. IV10 nimmt sie sogar Formeln mit Parametern, speichert aber nur ihr Ergebnis und reagiert dann nicht mehr auf eine Änderung der Parameter, z.B. des Federdurchmessers.

⁸ BMP: PUNKT, MITTELPUNKT DER BOHRUNG aus dem Menü 2D-Skizze

⁹ Koordinatensystem einbinden → Kap. 3.1.

¹⁰ Da von der Spirale die Innenkurve übernommen wird, wurde in Kap. 4.1 der Quadrantpunkt bemalt.

¹¹ RMK: Rechter Mausklick

2D-Ableitung: *.idw

11 Ansichten

Der erste Schritt zur Erstellung des 3D-Modelles war eine Profilskizze in der xy-Ebene (→ Kap. 4). Die Ösen wurden dazu verdreht anbracht (→ Kap. 5). Diese liegen also nicht in einer Hauptebene des Koordinatensystems und es wird zum Problem, die 2D-Ableitung nach einer Öse auszurichten.

Man kann es mit einer Arbeitsebene in 1. Öse lösen¹², nach der man die 2D-Ableitung ausrichten kann.

11.1 Legen Sie eine Arbeitsebene in Öse1.

- ZUGFEDER.IPT öffnen
- BAUTEILELEMENTE – ARBEITSEBENE
 - URSPRUNG – Y-ACHSE
 - vorhandene Arbeitsebene oder *Skizze für Öse1* anklicken¹³
 - WINKEL: 0°
- AE umbenennen: *Mittlebene Öse1*
- *Mittlebene Öse1* muss sichtbar bleiben

11.2 Erstellen Sie die Erstsicht der Zugfeder.

- ZUGFEDER.IDW öffnen
- BAUTEILELEMENTE – ERSTSICHT
 - DATEI: *Zugfeder.ipt*
 - ANSICHTSAUSRICHTUNG ÄNDERN
 - AUSRICHTEN NACH: *Mittlebene Öse1*
 - GRÜNES HÄKCHEN
 - OK
- Anschließend darf die *Mittlebene Öse1* unsichtbar gemacht werden.

11.3 Erstellen Sie eine PARALLELANSICHT der Feder.

Bei den vielen Windungen einer Spirale verliert IV10 offensichtlich die Orientierung und verschluckt gelegentlich Linien der Ansicht von oben oder unten. Wer die genaue Ansicht braucht, muss wohl STIL: MIT VERDECKTEN LINIEN wählen und dann einzeln deren Sichtbarkeit oder Linienart ändern. Manchmal genügt es auch, die Feder zu verdrehen.


12 „Vereinfachte“ Darstellung der Feder

Händisch zeichnet man Spiralfedern nicht vollständig, sondern ersetzt einige Spiralen durch Strich-Punktlinie. Wer Retrolook mag, kann das theoretisch¹⁴ auch in CAD nachbilden, aber eine Vereinfachung ist es nicht mehr.

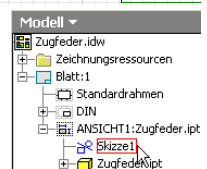
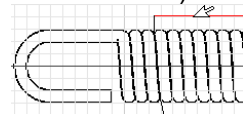
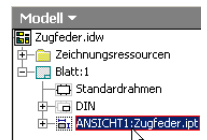
Die folgende Lösung basiert auf der AUSSCHNITTANSICHT. Sie benötigt eine Skizze mit dem Schnittverlauf und ist ziemlich heikel in der Bedienung.

12.1 Skizzieren Sie eine Linie um die Windungen, die nicht dargestellt werden sollen.

- Beachten Sie die Reihenfolge.
- 1. Ansicht der Zugfeder markieren (unter MODELL oder am roten Rand der Ansicht)

- 2. SKIZZE 
- ZEICHNUNGSSKIZZE – LINIE: geschlossenen Linienzug um den Ausschnitt legen¹⁵.

- ZURÜCK
Die neue Skizze muss in der Browserleiste unter ANSICHT1 erscheinen (Bild)¹⁶



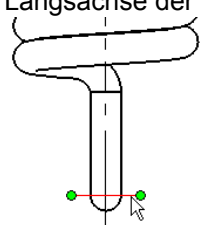
12.2 Schneiden Sie die Windungen aus.

- ZEICHNUNGSANSICHT – AUSSCHNITTANSICHT
 - Ansicht mit der Skizzenebene anklicken
 - PROFIL: wird automatisch gefunden
 - TIEFE: DURCH BAUTEIL
 - MODELL – *Zugfeder.ipt* (Bild)
- OK



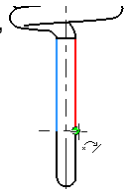
12.3 Zeichnen Sie eine Mittellinie in die Längsachse der Feder.

- ZEICHNUNGSKOMMENTAR – MITTELLINIE von Öse zu Öse
 - RMK – ERSTELLEN
 - RMK – FERTIG
- Zu kurze oder überflüssige Linien kann man an den grünen Ohren ziehen oder löschen



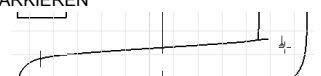
12.4 Zeichnen Sie die Mittelachse für die Öse, deren Form nicht sichtbar ist.

- ZEICHNUNGSKOMMENTAR – MITTELLINIE Fangpunkte am Ösenkreis nutzen



12.5 Erstellen Sie die äußeren Mittellinien über die Drahtquerschnitte. Da IV10 in der Spirale keine Fangpunkte findet, müssen Sie sich mit einer Skizze behelfen¹⁷.

- 1. ANSICHT DER ZUGFEDER MARKIEREN
- 2. SKIZZE 
- ZEICHNUNGSSKIZZE – LINIE: Anfang und Ende der Mittellinien nach Augenmaß markieren
- ZURÜCK



¹²Man könnte natürlich auch die Feder von Anfang an neu modellieren.

¹³Man könnte auch die vorhandene Arbeitsebene verwenden. Aber eine neue Ebene mit einer aussagekräftigen Bezeichnung erleichtert die Arbeit mit der Feder im nächsten Jahr.

¹⁴In der Praxis liegen Federn oft in einer Schnittebene und werden vom Schnitt ausgenommen. Dann funktioniert die Methode AUSSCHNITTANSICHT leider nicht mehr.

¹⁵Wer es zum ersten Mal macht, sollte mit einem einfachen Rechteck üben.

¹⁶Über ANSICHT1 bedeutet, dass die Skizze nicht mit der Ansicht, sondern mit dem Blatt verknüpft ist. Damit funktioniert AUSSCHNITTANSICHT nicht.

¹⁷Man kann die Mittellinie direkt in die Skizze zeichnen, aber das kann Unterschiede im Stil der Linien ergeben. Deshalb setze ich in der Skizze nur Fangpunkte für die Mittellinie.



– ZEICHNUNGSKOMMENTAR – MITTELLINIE

Abmessungen der Feder verändern

Die vielen MODELLPARAMETER, die sich beim Modellieren der Zugfeder angesammelt haben, sind ziemlich unübersichtlich, wenn man ein Jahr später eine Feder mit anderen Abmessungen benötigt. Besser ist es, wichtige Maße als BENUTZERPARAMETER anzulegen und die MODELLPARAMETER davon abzuleiten. Danach kann man die internen Details des Federmodells vergessen.

Im Folgenden finden Sie eine Vorschlag, wie das aussehen kann.

13 Parameter

– EXTRAS – PARAMETER



Parameter

☐ Modellparameter

Parametername	Einheit	Gleichung	Modellwert	Kommentar
d1	mm	$d / 4 \text{ oE}$	0,500000	Spirale: Durchmesser Dummydraht (Hilfswert)
d2	mm	D	10,000000	Spirale: mittlerer Windungsdurchmesser
d3	mm	$L_s / 2 \text{ oE}$	20,000000	Spirale: Hilfswert zur Zentrierung der Feder im Ursprung
d4	mm	L_s	40,000000	Spirale: Höhe
d5	oE	$n - 2 \text{ oE} * Wü / 360 \text{ grad}$	19,500000	Spirale: Windungszahl
d6	grad	0,00 grad	0,000000	Spirale: Verjüngungswinkel
d10	grad	$180 \text{ grad} - Wü$	135,000000	Öse1: Übergangswinkel zum Spiralende
d11	mm	$D / 2 \text{ oE}$	5,000000	Öse1: Durchmesser
d12	mm	Lh	10,000000	Öse1: Hakenlänge
d13	mm	$Lö + L_s / 2 \text{ oE}$	22,000000	Öse1: Öffnung (axialer Abstand zur Spiralmitte)
d14	grad	$180 \text{ grad} - Wü / 3 \text{ oE}$	165,000000	Öse1 Stützpunkt1: Winkel
d15	mm	$D / 2 \text{ oE}$	5,000000	Öse1 Stützpunkt1: Radius
d16	mm	$F1 * Lö + L_s / 2 \text{ oE}$	20,100000	Öse1 Stützpunkt1 : Höhe
d17	grad	$180 \text{ grad} - 2 \text{ oE} * Wü / 3 \text{ oE}$	150,000000	Öse1 Stützpunkt2: Winkel
d18	mm	$D / 2 \text{ oE}$	5,000000	Öse1 Stützpunkt2: Durchmesser
d19	mm	$F2 * Lö + L_s / 2 \text{ oE}$	20,300000	Öse1 Stützpunkt2: Höhe
d20	grad	Wü	45,000000	Öse2: Übergangswinkel zum Spiralende
d21	mm	$D / 2 \text{ oE}$	5,000000	Öse2: Durchmesser
d22	mm	Lh	10,000000	Öse2: Hakenlänge
d23	mm	$Lö + L_s / 2 \text{ oE}$	22,000000	Öse2: Öffnung (axialer Abstand zur Spiralmitte)
d24	grad	$Wü / 3 \text{ oE}$	15,000000	Öse2 Stützpunkt1: Winkel
d25	mm	$D / 2 \text{ oE}$	5,000000	Öse2 Stützpunkt1: Radius
d26	mm	$F1 * Lö + L_s / 2 \text{ oE}$	20,100000	Öse2 Stützpunkt1: Höhe
d27	grad	$2 \text{ oE} * Wü / 3 \text{ oE}$	30,000000	Öse2 Stützpunkt2: Winkel
d28	mm	$D / 2 \text{ oE}$	5,000000	Öse2 Stützpunkt2: Radius
d29	mm	$F2 * Lö + L_s / 2 \text{ oE}$	20,300000	Öse2 Stützpunkt2: Höhe
d30	mm	d	2,000000	Sweeping: Drahtdurchmesser
d31	grad	0 grad	0,000000	Sweeping: Verjüngungswinkel
d32	grad	0 grad	0,000000	Mittelebene Öse1: Winkel

☐ Benutzerparameter

Parametername	Einheit	Gleichung	Modellwert	Kommentar
D	mm	10 mm	10,000000	Windungsdurchmesser (mittel)
d	mm	2 mm	2,000000	Drahtdurchmesser
L	mm	$L_s + D + 2 \text{ oE} * (L_h + Lö) - d$	72,000000	aktuelle Federlänge (zwischen den Öseninnenkanten)
Ls	mm	40 mm	40,000000	Körperlänge der Feder (Spirallänge für d=0)
Lh	mm	10 mm	10,000000	Hakenlänge
Lö	mm	2,0 mm	2,000000	Ösenöffnung (für d=0)
n	oE	19,75 oE	19,750000	Windungszahl der Spirale
Wü	grad	45 grad	45,000000	Übergangswinkel zwischen Spirale und Ösen
F1	oE	0,05 oE	0,050000	Höhenfaktor für Stützpunkt 1
F2	oE	0,15 oE	0,150000	Höhenfaktor für Stützpunkt 2