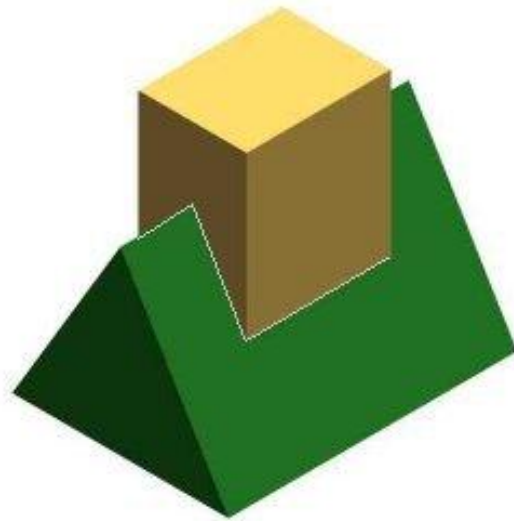




#### I. Prismendurchdringung

Unter dem Oberbegriff Durchdringung sind alle zusammengesetzten Körper zu verstehen, bei denen die ursprüngliche Form eines Körpers durch einen anderen verändert wurde. Dabei entstehen Durchdringungslinien, die bei ebenflächigen Körpern als Durchdringungskanten und bei Rotationskörpern als Durchdringungskurven bezeichnet werden. Eine besondere Bedeutung bei der Konstruktion von Durchdringungslinien kommt den Durchstoßpunkten zu. Sie können als markante Punkte bezeichnet werden, die den Anfang und das Ende einer Durchdringungslinie markieren.



Für die zeichnerische Ausführung einer Durchdringung sind zwei verschiedene Arten der Darstellung festgelegt:

1. Die **Verschmelzung**: Durchdringungskörper sind aus einem Guss. Im Inneren treten keine verdeckten Kanten auf.
2. Die **Steckung**: einer der Durchdringungskörper bleibt vollständig erhalten und lässt sich herausziehen. Für ihn müssen im Inneren der Durchdringung verdeckte Kanten gezeichnet werden.

Das Skizzieren einer Durchdringung klärt die Form der Durchdringungskörper und ihre Lage zueinander. Markante Punkte sind Durchstoßpunkte, die Anfang und Ende von Verschneidungslinien festlegen.

Während bei der Durchdringung von ebenflächigen Körpern die Durchdringungskanten durch das Verbinden der Durchstoßpunkte ermittelt werden, müssen bei der Durchdringung von Rotationskörpern zu den Anfangs- und Endpunkten weitere Kurvenpunkte mittels Konstruktion gefunden werden.

Das 3D-Volumenmodell kann in CAD-Systemen durch richtiges Positionieren der Durchdringungsgrundkörper erzeugt werden. Im Sinne der Boole'schen Operationen handelt es sich im Falle der Verschmelzung um eine additive Verknüpfung, bei der Steckung um eine subtraktive Verknüpfung. Die Steckung kann je nach Aufgabenstellung den unveränderten Durchdringungskörper enthalten oder ohne ihn gezeichnet sein.

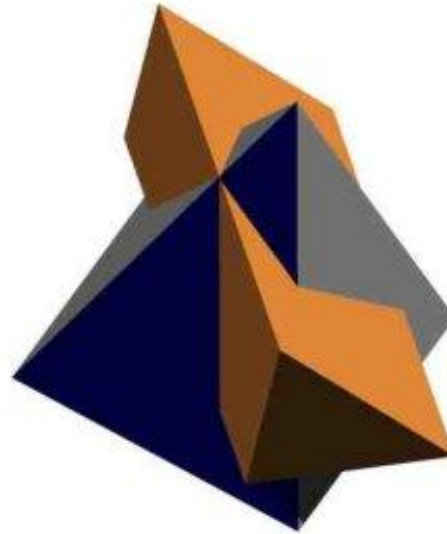
#### Aufgaben

- Zeichne die Durchdringung eines liegenden Dreikantprismas mit einem stehenden Quader einmal als Verschmelzung und einmal als Steckung (ohne Quader). Skizziere die Durchdringungsaufgaben, erzeuge sie in 3D und konstruiere sie auf dem Zeichenblatt.
- Verfahre ebenso bei der Durchdringung zweier Sechskantprismen.



### II. Pyramidendurchdringung

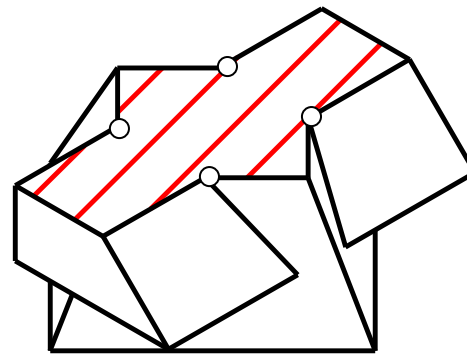
Treffen ebenflächige Körper wie Prisma und Pyramide aufeinander, entstehen geradlinige Durchdringungslinien, die durch Durchstoßpunkte begrenzt werden. Es ist sehr hilfreich, die Kanten und Durchstoßpunkte zu nummerieren. Ein bewährtes Verfahren ist dabei, die Körperkanten mit Buchstaben und die Durchdringungspunkte mit Ziffern zu kennzeichnen. Verdeckte Kanten und Punkte sollten in Klammern gesetzt werden. Auch bei ebenflächigen Durchdringungen reichen bisweilen die Durchstoßpunkte nicht aus, so dass Mantellinien- oder Hilfsschnittverfahren notwendig sind.



Das *Mantellinienverfahren* setzt mindestens zwei Ansichten voraus, so dass eine Mantellinie durch einen aufzufindenden Punkt gelegt und in eine andere Ansicht projiziert werden kann. Das *Hilfsschnittverfahren* kann mit vertikalen oder horizontalen Schnitten erfolgen.

Das Skizzieren einer Durchdringung wird als Freihandzeichnung oder als Rasterskizze ausgeführt. Entscheidend dabei ist die *Aufgabenanalyse*, die als Vorarbeit sowohl für die manuelle als auch für die 3D-CAD-Konstruktion immer am Anfang stehen sollte.

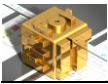
In den meisten Fällen reichen bei ebenflächiger Durchdringungen die markanten Punkte (Durchstoßpunkte) aus, um die Verschneidungskanten einzuzichnen. Ist ein Konstruktionsverfahren nötig, eignet sich in vielen Fällen das Horizontalschnittverfahren. Die Schnittpunkte der jeweiligen Hilfsschnittflächen sind auch Punkte der Verschneidungskanten.



Zur Konstruktion von Durchdringungen eignet sich in besonderer Weise das Volumenmodell. Durch Addition entsteht ein neues 3D-Objekt. Nach der subtraktiven Verknüpfung kann der Grundkörper im Sinne der Steckung eingefügt werden und im zusammengesetzten Körper beweglich bleiben.

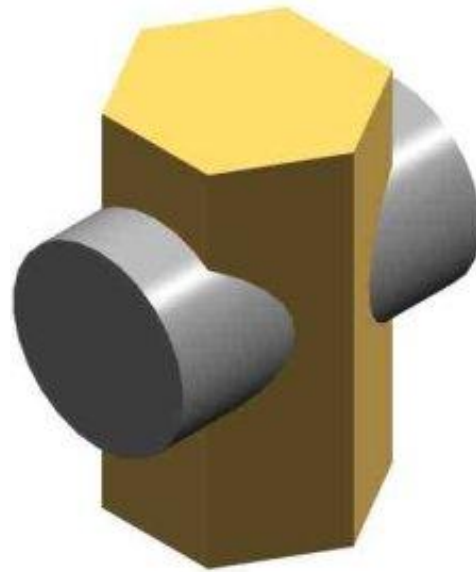
### Aufgaben

- Konstruiere die Durchdringung einer Vierkantpyramide mit einem Dreikantprisma und zeichne die wahren Größen des Pyramidenmantels.
- Ergänze das Dreitafelbild der Durchdringung Pyramide – Prisma.



### III. Zylinderdurchdringung

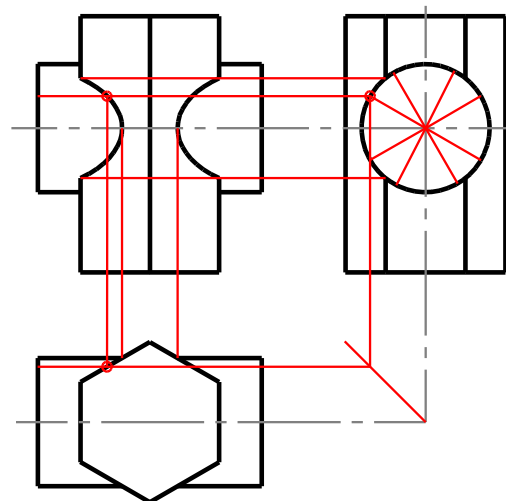
Treffen ebenflächige Körper wie Prisma und Pyramide auf Rotationskörper, entstehen meistens gekrümmte Verschneidungslinien, die wiederum durch Durchstoßpunkte begrenzt werden. Es ist auch hier sehr hilfreich, die Durchstoßpunkte zu nummerieren. Gekrümmte Durchdringungslinien (Durchdringungskurven) müssen mit Hilfe des Mantellinien- oder Hilfsschnittverfahrens konstruiert werden. Selbstverständlich ist auch eine Kombination aus verschiedenen Schnittverfahren möglich. Wie immer steht die Analyse am Anfang und damit das Auffinden von markanten Punkten.



Das *Mantellinienverfahren* wird auch als *Radialschnittverfahren* bezeichnet, wenn es mit Hilfe der so genannten 12-er Teilung durchgeführt wird. Dabei kann ggf. eine Ansicht entfallen, wenn man die Zylindergrundflächen in zwei Ansichten als aufgeklappte Halbkreise zeichnet.

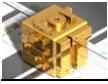
Die Form- und Konstruktionsanalyse sollte immer als Freihandskizze in den richtigen Proportionen ausgeführt werden. Neben dem Einzeichnen von markanten Punkten werden die zu erwartenden Schnittkurven skizziert und Überlegungen zu geeigneten Konstruktionsverfahren angestellt.

Nach dem Auffinden der markanten Punkte kann das Mantellinienverfahren zur Konstruktion von Kurvenpunkten eingesetzt werden. Zur exemplarischen Klärung des Durchdringungsproblems reicht nebenstehende Lösung aus. Werden weitergehende Darstellungen wie Raumbilder oder Abwicklungen verlangt, ist es zweckmäßig, die Mantellinien im Radialschnittverfahren zu verwenden. Dann wird die 12er-Teilung in der Seitenansicht eingezeichnet, um eine gleichmäßige Verteilung zu erhalten.



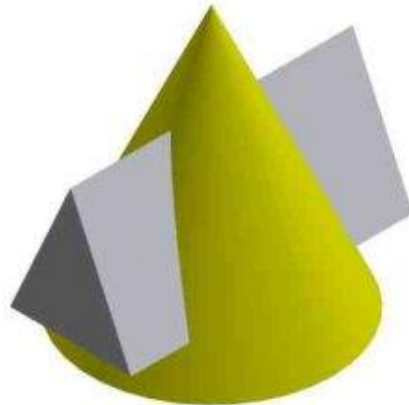
### Aufgaben

- Analysiere und konstruiere die Durchdringung eines stehenden Sechskantprismas mit einem liegenden Zylinder. Skizziere Raumbilder!
- Konstruiere eine schräge Zylinderdurchdringung mit dem Radialschnittverfahren (Halbkreise in Vorderansicht und Draufsicht).



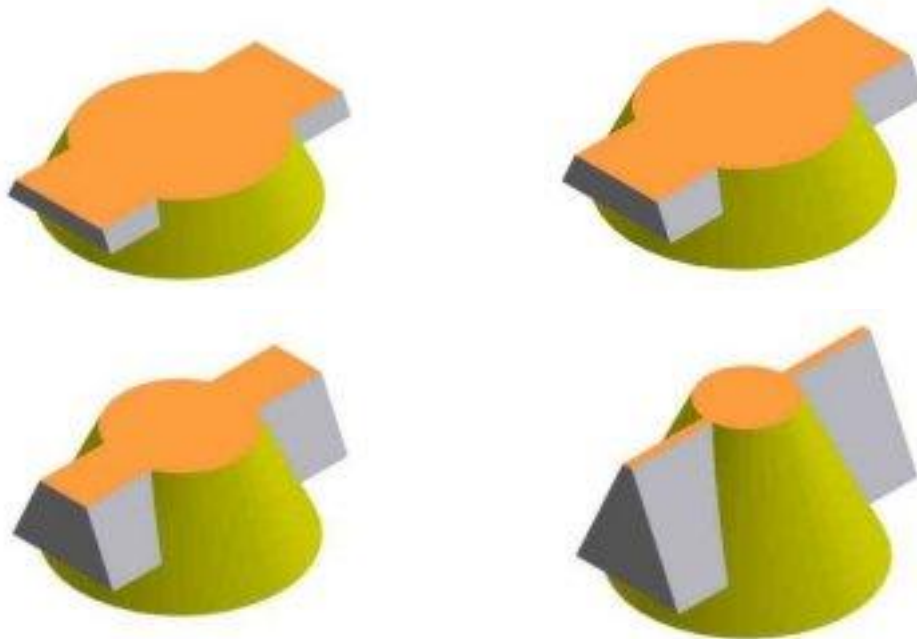
#### IV. Kegel- und Kugeldurchdringung

Wird ein Kegel durch eine ebene Fläche geschnitten, entstehen die klassischen *Kegelschnitte*. Je nach Lage der Schnittebenen werden verschiedene Kurven unterschieden. Diese treten auch bei entsprechenden Durchdringungsaufgaben als Teilschnittkurven auf: senkrecht zur Kegelachse als *Kreis*, schräg dazu als *Ellipse*, parallel zu einer Mantellinie als *Parabel*, parallel zur Kegelachse als *Hyperbel*.



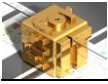
Das *Hilfsschnittverfahren* wird auch als *Scheibenschnittverfahren* bezeichnet. Die Schnitte werden entweder horizontal, parallel zur Grundfläche (Horizontalschnittverfahren) oder vertikal (Vertikalschnittverfahren) gelegt. Diese Verfahren kommen nur zur Anwendung, wenn dadurch geeignete Schnittflächen entstehen (Rechteck, Quadrat, Kreis, Dreieck). Ellipsen sind als Hilfsschnittflächen z. B. ungeeignet.

3D-Modelle können sehr zur Veranschaulichung beitragen. Schnitte parallel zur Grundfläche ergeben in dem hier gezeigten Beispiel in der Draufsicht Kreise und Rechtecke, deren Schnittpunkte auf der Durchdringungskurve liegen.



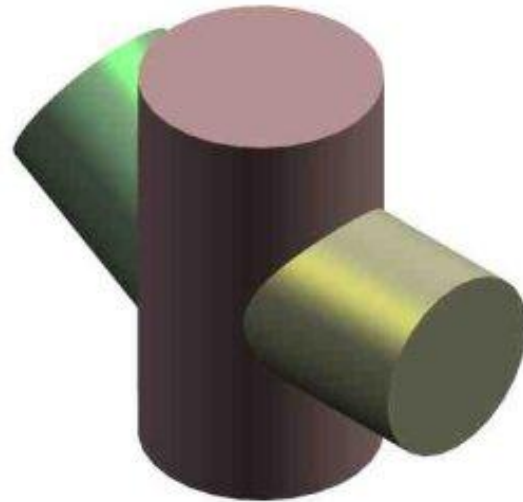
#### Aufgaben

- Konstruiere die Beispielaufgabe und erstelle ein Abfolge des Schnittverfahrens als Bildschirmpräsentation.
- Erzeuge eine Kugeldurchdringung als Steckung und montiere die beiden Teile so, dass die Kugel auf einer Schiene beweglich ist.



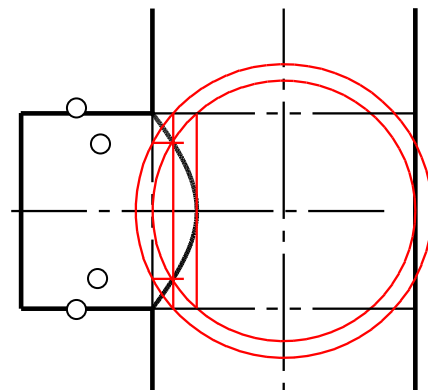
#### V. Durchdringung von Rotationskörpern

Treffen Rotationskörper wie Zylinder, Kegel und Kugel aufeinander, entstehen gekrümmte Durchdringungslinien, die durch Durchstoßpunkte begrenzt sind. Treffen gleich große Zylinder aufeinander (z. B. bei einem Rohrabzweig), bilden die Durchdringungslinien eine Gerade. Der Durchdringungswinkel spielt dabei keine Rolle. Oft reichen zwei Ansichten zur Konstruktion der Kurvenpunkte aus. Mit Hilfe des *Kugelschnittverfahrens* reicht in besonderen Fällen sogar eine Ansicht.

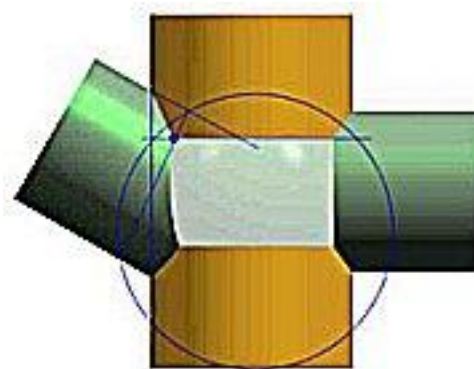
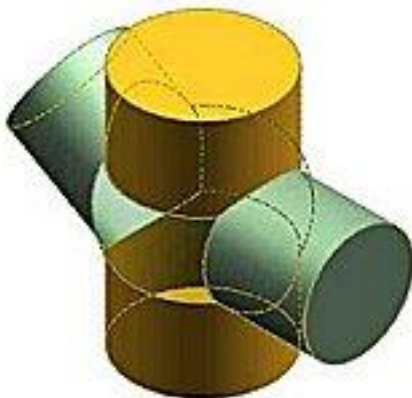


Das *Kugelschnittverfahren* setzt voraus, dass sich zwei Rotationskörper durchdringen, deren Achsen sich schneiden.

Das Kugelschnittverfahren ermöglicht die Konstruktion der Durchdringungskurve in einer Ansicht. Die erste Hilfskugel wird dabei so gelegt, dass sie den größeren der beiden Rotationskörper lediglich berührt (= gleicher Radius). Mittelpunkt ist der gemeinsame Achsenschnittpunkt. Dieser und alle weiteren Kreise schneiden die Rotationskörper in einer Kreisfläche, die in der Ansicht als Strecken erscheinen. Ihre Schnittpunkte sind Kurvenpunkte.



Das 3D-Modell kann dieses Verfahren sehr anschaulich darstellen.



#### Aufgaben

- Konstruiere Zylinderdurchdringungen mit dem Kugelschnittverfahren und fertige Mantelabwicklungen an.
- Zeichne die Durchdringungskurve in einer Ansicht und fertige die halbe Mantelabwicklung des unteren Zylinderteils.