

Verschneidung gekrümmter Dachkörper

DACHAUSMITTLUNG BEI GEKRÜMMTEN DACHFLÄCHEN- TEIL 1 ■ Besonders bei repräsentativen Bauwerken entwerfen Architekten zunehmend Dachlandschaften, die sich aus gekrümmten Dachkörpern zusammensetzen (**Bild 1**). Anhand eines als Modell nachvollziehbaren Beispiels zeigt dieser zweiteilige Beitrag Verfahren auf, mit denen die Grundverschnidungslinien (die Dachausmittlung) und die Verschnidungslinien im Raum ermittelt werden können. **Peter Kübler**

alle Verfahren, ebene Dachkörper mit gekrümmten Dachkörpern oder gekrümmte Dachkörper mit gekrümmten Dachkörpern zu verschneiden, sind Näherungsverfahren. In der zeichnerischen Geometrie redet der Zimmermann von einer „Vergatterung“. In der EDV werden Verschneidungen mit Hilfe der analytischen Geometrie und mit sogenannten Boole'schen Operationen erzeugt.

In diesem ersten Teil wird zunächst das Beispielmodell vorgestellt. Anschließend werden anhand des Modells schematisch mögliche Vorgehensweisen aufgezeigt, die 3D-CAD-Programme bieten. Im zweiten Teil in Ausgabe 12/2013 wird dann dargestellt, wie die Dachausmittlung mittels 2D-Programm (oder Zeichenplatte) ermittelt werden kann.

Das Modell

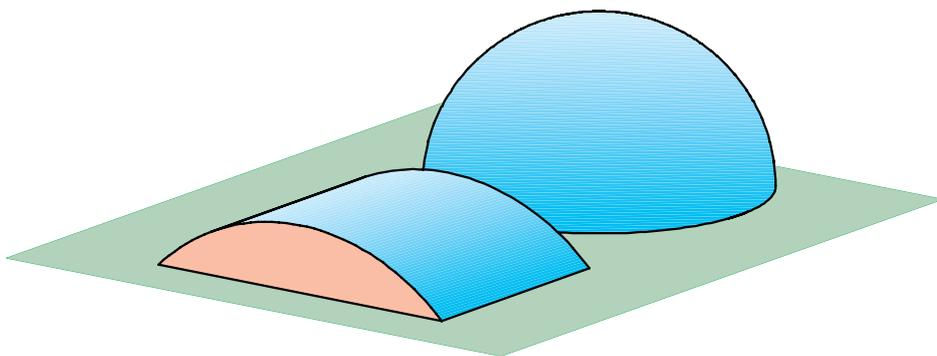
Das Modell besteht aus einem Tonnendachkörper und einem Kuppeldachkörper (**Bild 2**). Geometrisch gesehen handelt es sich bei den Dachkörpern um Teile eines Zylinders beziehungsweise einer Kugel.

„Ineinander geschoben“ entsteht ein zusammengesetzter Dachkörper. Die Verschnidungslinie zwischen beiden Teildachkörpern ist ein gemeinsames Element beider Körper (**Bild 3**).

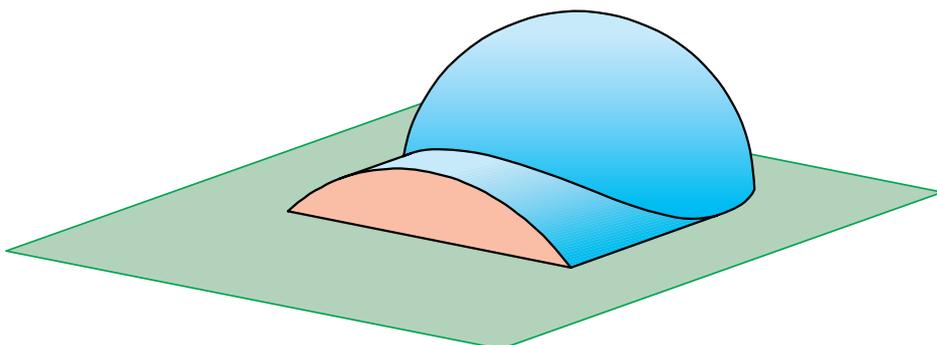


Bild: BAUEN MIT HOLZ

1 | Heute fast alltäglich: Mit gekrümmten Dachkörpern – hier aus Nagelplattenbindern gebaut – werden ansprechende Dachlandschaften erzeugt.



2 | Hier sind zwei gekrümmten Teildachkörper als unabhängige Objekte dargestellt. Die Kuppel ist geometrisch eine Halbkugel, das Tonnendach ein seitlicher Abschnitt eines Zylinders.



3 | Sind die beiden Teildachkörper ineinander geschoben und miteinander verschnitten, zeigt sich die Verschnidungslinie. Um ihre Ermittlung dreht sich dieser Beitrag.

In **Bild 4** sind vier Ansichten eines Modelldachs mit einem halbkugelförmigen Teildachkörper und einem anschließenden Teildachkörper mit Tonnendach dargestellt. Die Maßangaben sind in cm ausgeführt. Das Modell lässt sich mit Bauteilen aus Holzresten ausführen. Hier sind zunächst nur die Teildachkörper vor der Verschneidung dargestellt.

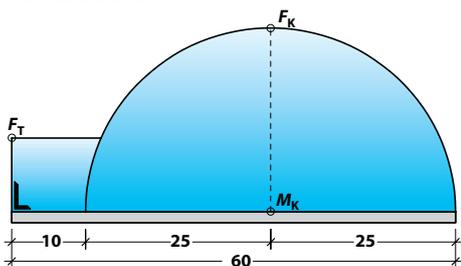
Bearbeitung mit 3D-Programm

Es gibt mittlerweile eine ganze Reihe von CAD- und Konstruktionsprogrammen, mit denen im dreidimensionalen Raum konstruiert werden kann. Hierzu zählen auch „Abbundprogramme“, die eine „freie“ Bearbeitung in 3D zulassen. Die Programme unterscheiden sich untereinander deutlich in Handhabung, Funktionalität und dem Umfang der Ansteuerung der unterschiedlichen CNC-Maschinen. Es kann hier deshalb nur auf Grundfunktionen hingewiesen werden.

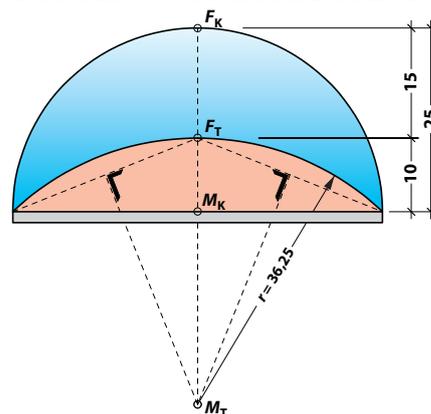
Bei der Konstruktion von gekrümmten Bauteilen kann von Volumen (oder Hilfsvolumen) ausgegangen werden, aus denen in weiteren Arbeitsschritten die Bauteile, beispielsweise eines hölzernen Tragwerks, entwickelt werden.

Der Teildachkörper „Tonnendach“ in **Bild 4** wurde als freies Volumen aus seiner Kontur im Profil hergestellt. Das Volumen des Teildachkörpers „Kuppel“ ist als „Rotationselement“ aus dem Viertelprofil einer Kugel mit Radius = 25 cm entstanden. Dabei ist die Genauigkeit (die Segmentierung) festzulegen, in der die Krümmungen ausgeführt werden. Je genauer (kleiner) die Segmentierung bestimmt wird, umso größer ist die erforderliche Rechen- und Speicherleistung des Computers. Gleichzeitig ist zu beachten,

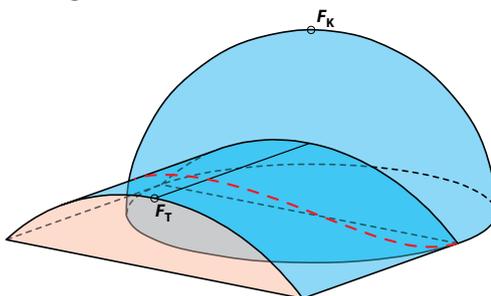
Seitenansicht



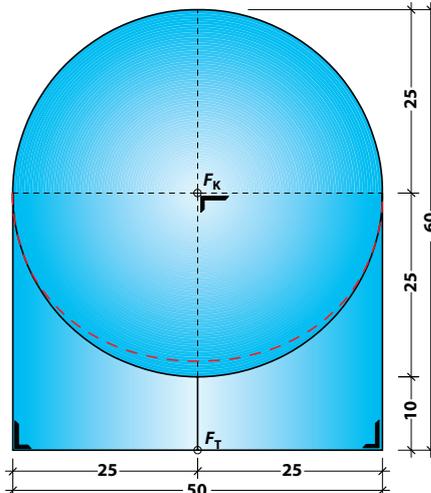
Vorderansicht mit Tonnendachkonstruktion



Schrägsicht (Verschneidungslinie rot angedeutet)

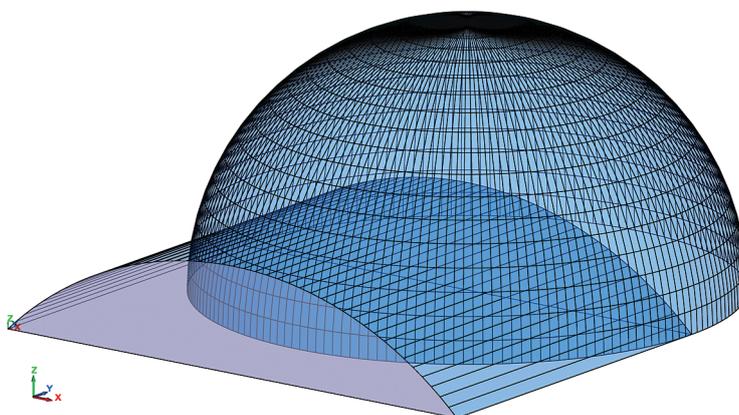


Draufsicht (Dachausmittlung rot angedeutet)

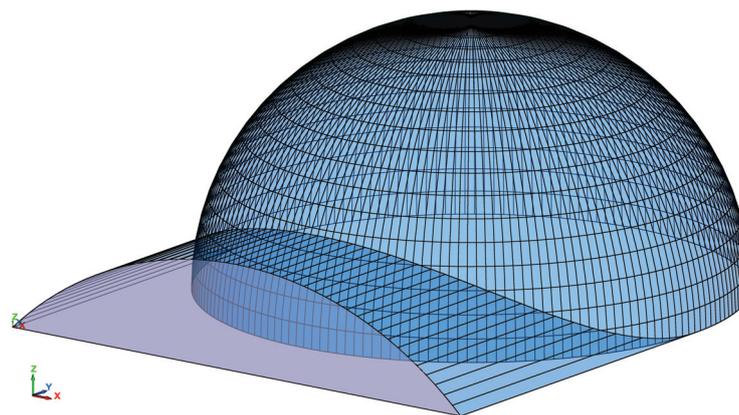


4 | Seitenansicht, Vorderansicht und Draufsicht vermitteln die Höhen- und Grundmaße des Modells. Die Konstruktion des Tonnendachs lässt sich über Grundmaß 50 cm und Höhe 10 cm zeichnerisch oder rechnerisch ausführen.

5 | Hier sind die beiden Teildachkörper als räumliche Körper (Volumen oder Hilfsvolumen) innerhalb eines 3D-CAD-Programms ineinander geschoben. Eine Verschneidung hat noch nicht stattgefunden. Die Verschneidungslinie ist als dünne Linie bereits erkennbar.



6 | So sieht das Modell nach der Hart/Weichverschneidung aus. Der Kuppeldachkörper war hier vor dem Verschneidungsvorgang als „hart“ und der Tonnendachkörper als „weich“ definiert. Der „harte“ Körper hat den betroffenen Teil des „weichen“ Körpers verdrängt. Nun zeigt sich die Verschneidungslinie deutlich. In der Draufsicht ist jetzt die Dachausmittlung erkennbar.



dass kleine Segmentierung bei den Bauteilen, die auf der CNC-Maschine bearbeitet werden sollen, zu sehr vielen und möglicherweise sehr zeitraubenden Bearbeitungsschritten der einzelnen Maschinenaggregate führt.

Eine der Grundfunktionen von 3D-Programmen ist das „Hart/Weich-Verschneiden.“ Dabei werden zwei sich überlappende Körper in ihren Eigenschaften derart festgelegt, dass der eine Körper als „hart“ – also „verdrängend“ – und der andere als „weich“ – also „nachgebend“ – bestimmt sind.

Bild 5 zeigt das Modell vor dem Hart-/Weich-Schneidevorgang. Die Teildachkörper sind noch vollständig vorhanden, aber überlappen sich teilweise. In **Bild 6** ist der Schneidevorgang mit „hartem“ Kuppelvolumen und „weichem“ Tonnendachvolumen ausgeführt. Nun ist auch die Kante (die Verschneidungslinie) zwischen den beiden Körpern festgelegt. Diese Linie setzt sich aus Punkten zusammen, die Teile (Elemente) beider Körper sind.

3D-Programme bieten eine Vielzahl von Möglichkeiten, Konstruktionen zu erzeugen, wie sie in **Bild 7** gezeigt sind. Hier wurden die Träger von Tonnendach und Kuppel aus den vorher erzeugten Volumen durch senkrecht geführte Schnitte herausmodelliert. Die Innenkanten können durch weitere Hart-/Weichverschneidungen erzeugt werden.

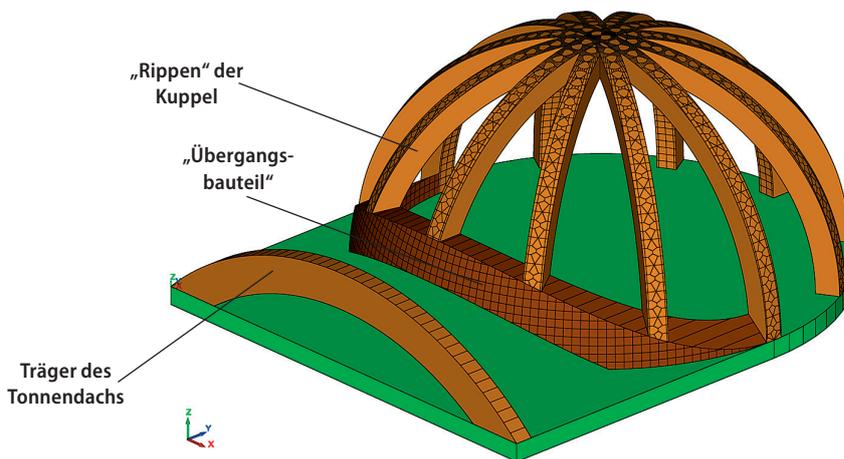
Das geschah hier beim Tonnendach durch ein Hilfsvolumen, das in der Größe des Raumes unterhalb von Unterkante-Träger erzeugt wurde (**Bild 8**).

Mit diesem Volumen kann auch am Übergangsbau teil die gleiche untere Begrenzungsfläche modelliert werden. Die obere Begrenzungsfläche erzeugt ein „hartes“ Volumen mit der Negativform der Tonnendach-Oberfläche (**Bild 9**).

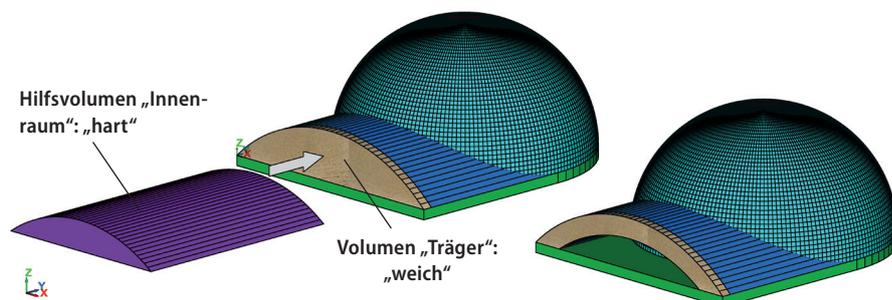
Bild 10 zeigt schließlich die Formung der Unterkanten bei den „Rippen“ der Kuppel durch ein halbkugelförmiges Rotationselement (Hilfsvolumen) mit Radius Innenkante-Rippe (hier beispielsweise 22,5 cm).

Ohne Nutzung eines 3D-Programms ist die Ermittlung der Dachausmittlung und der Abbundmaße von Tragwerksbauteilen etwas aufwendiger. Mit dem 2D-Programm („der elektronischen Zeichenplatte“) und entsprechender Systematik geht das jedoch ganz gut.

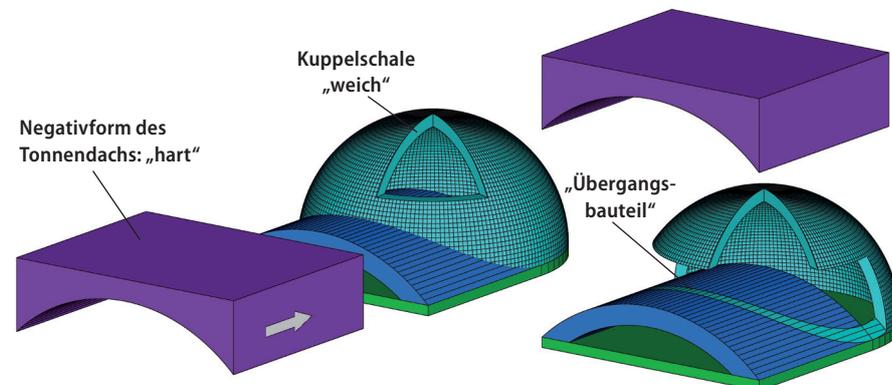
Darüber mehr in **Teil 2** des Beitrags in **Ausgabe 12/2013**.



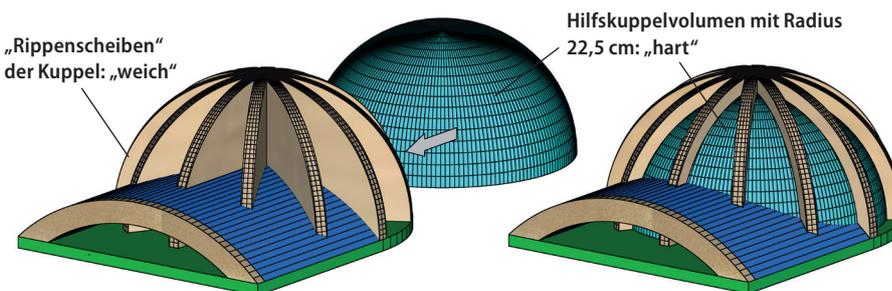
7 | Mit 3D-Programm modell- und beispielhaft ausgeführte Bauteile eines Tragwerks. Die gebogenen Träger des Tonnendachs und die „Rippen“ der Kuppel sind aus den vorher erzeugten Volumen „herausgeschnitten“ und lassen sich baupraktisch als BS-Holz-Bauteile herstellen. Das „Übergangsbau teil“ an der Verschneidungslinie ist der Teil einer Kugelschale. Vorausgesetzt, das 3D-Programm kann die Maschine ansteuern, ist seine maschinelle Ausführung – beispielsweise aus gekrümmtem Brettsperrholz – durchaus möglich. In der Praxis können hierfür wirtschaftlich Industrieroboter eingesetzt werden.



8 | Erzeugung der Träger-Unterkante beim Tonnendach durch Hart-/Weichverschneidung. Das Hilfsvolumen „Innenraum“ wird vor den Schneidevorgang als „hart“, der Träger als „weich“ definiert.



9 | Zuerst wird eine Kuppelschale mit dem Maß der „Rippen“ modelliert. Das „Übergangsbau teil“ ist ein Element (ein Teilvolumen) dieser „Kuppelschale“ (wie auch die „Rippen“ selbst, siehe Bild 10). Die obere Begrenzungsfläche des „Übergangsbau teils“ kann durch ein „hartes“ Volumen in Negativform des Tonnendachs erzeugt werden.



10 | Aus dem Vollvolumen der Kuppel (Bild 5) kann eine „Rippenscheibe“ herausgeschnitten und um die Firstsenkelachse 5 x rotiert und kopiert werden. Die Formung der Unterkante der „Rippen“ der Kuppel kann mittels halbkugelförmigem Hilfsvolumen mit Radius 22,5 cm geschehen. Das Hilfsvolumen wird als „hart“, die Rippen als „weich“ definiert.