

Detlef Ridder

# AutoCAD 2025 und AutoCAD LT 2025 für Ingenieure und Architekten

Das umfassende Praxisbuch





# 3D-Modellierung und Visualisierung (nicht LT)

## 14.1 Gründe für Volumenmodellierung

Bei der Modellierung von Volumenkörpern geht es darum, die Form bzw. die Oberflächen von Volumenkörpern mit Design-Werkzeugen völlig frei zu gestalten. Man spricht in diesem Sinne auch von Freiformflächen, beliebig formbaren Flächen.

Bei den *Netzkörpern* geht die Konstruktion von einer *vorgegebenen Netztopologie* wie Quader oder Zylinder etc. aus, die dann modelliert wird. Dagegen bieten die *NURBS-Flächen* sehr detaillierte Formgebungswerkzeuge. Wie bei Splinekurven möglich, können diese NURBS-Flächen über die *Kontrollscheidelpunkte* sehr flexibel geformt werden. Diese NURBS-Flächen können zur Gestaltung von Volumenkörpern verwendet werden und erschließen damit das ganze Spektrum der Design-Konstruktionen.

Das Volumenmodell bietet auch Möglichkeiten zur Überprüfung des Designs durch *Analyse-Werkzeuge*. Eine realistische schattierte 3D-Darstellung für Präsentationen wird durch zahlreiche visuelle Stile und einen gut bestückten Material-Browser möglich.

Die umfassenderen Werkzeuge zur kompletten 3D-Modellierung finden Sie im Arbeitsbereich 3D-MODELLIERUNG, den Sie für die folgenden Abschnitte aktivieren sollten.

## 14.2 Der Arbeitsbereich 3D-Modellierung – Übersicht

AutoCAD bietet neben dem Arbeitsbereich 3D-GRUNDLAGEN den Arbeitsbereich 3D-MODELLIERUNG an. Während 3D-GRUNDLAGEN für die konventionellen 3D-Aufgaben zum Erstellen von Volumenkörpern aus Grundkörpern und Bewegungskörpern geeignet ist, enthält der Bereich 3D-MODELLIERUNG das volle 3D-Funktionsspektrum. Wie schon im vorangegangenen Kapitel sollten Sie auch für die folgenden 3D-Konstruktionen die spezielle Vorlage acadiso3D.dwt verwenden, die bereits auf eine isometrische Ansicht mit perspektivischer Projektion und realistischer Oberflächendarstellung eingestellt ist. Wenn Sie mit Hintergrundfarbe

Weiß arbeiten, sollten Sie die Farbe des *Layers 0* von Farbe Weiß auf ein besser sichtbares Blau ändern. Die wichtigen neuen Gruppen im Bereich 3D-MODELLIERUNG sind in Abbildung 14.1 zu sehen.

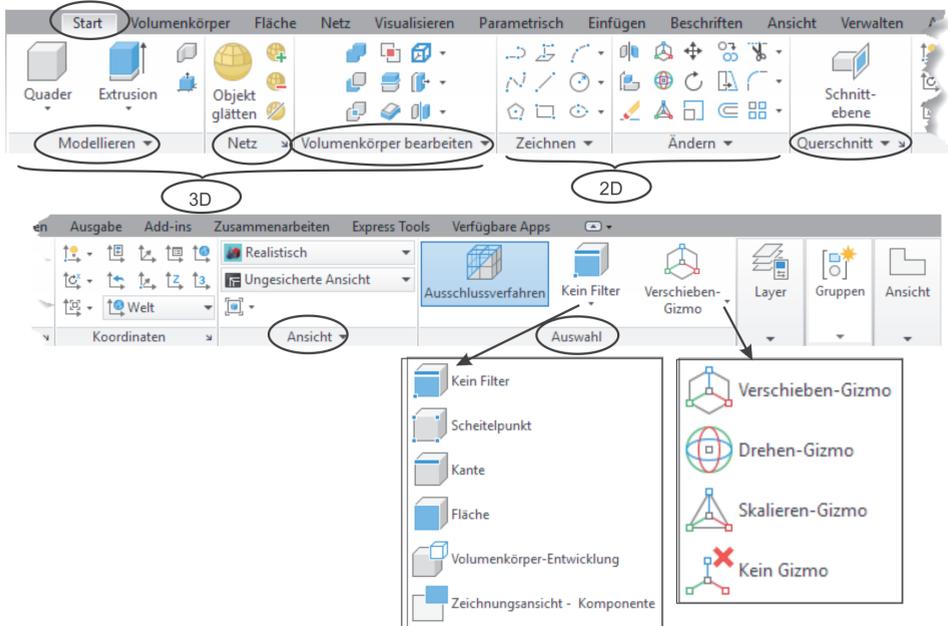


Abb. 14.1: Arbeitsbereich 3D-MODELLIERUNG, Register START

#### ■ Register START

- MODELLIEREN – Außer den aus dem letzten Kapitel bekannten Befehlen für Grundkörper und Bewegungskörper finden sich im Drop-Down-Menü MODELLIEREN ▼ einige seltene Befehle zur Berechnung von 2D-Ansichten.
- NETZ – bietet Funktionen zum Umwandeln von Volumenkörpern in facetierte Netze und zum Glätten derselben.
- VOLUMENKÖRPER BEARBEITEN – enthält im Wesentlichen aus dem letzten Kapitel bekannte Funktionen.
- ZEICHNEN und ÄNDERN – umfasst die normalen 2D-Zeichen- und Änderungsfunktionen.
- QUERSCHNITT – bietet Werkzeuge zur Erstellung von Schnittprofilen und 2D-Projektionen.
- KOORDINATEN – enthält zahlreiche Funktionen zur Manipulation benutzer-spezifischer Koordinatensysteme.
- ANSICHT – steuert die Darstellung über VISUELLE STILE (2D-DRAHTKÖRPER, VERDECKT, DRAHTKÖRPER, KONZEPTUELL und REALISTISCH) und Auswahl

von Standard-Ansichten oder eigenen. Sie können hier auch schnell zwischen 1 Ansicht und 4 Ansichten im Modellbereich umschalten. Unter dem Gruppentitel ANSICHT ▼ finden sich die KAMERA-Einstellungen mit Position und Brennweite, die Kamera finden Sie aber im Register VISUALISIEREN.

- **AUSWAHL** – bietet im rechten Flyout die permanente Aktivierung von GIZMO zum: VERSCHIEBEN, DREHEN und SKALIEREN. GIZMO bedeutet so viel wie hilfreiches wandlungsfähiges kleines Monster. Ein GIZMO bietet beim Anklicken von Objekten an deren Schwerpunkt angehängt ein Koordinaten-Dreibein, mit dem man eine der orthogonalen Achsen als Richtung fürs Verschieben, Drehen oder Skalieren anklicken und dann Entfernung, Winkel oder Faktor eingeben kann. Links daneben kann die AUSWAHL eingeschränkt werden auf FLÄCHEN, KANTEN, SCHEITELPUNKTE (Eckpunkte) oder auf Einzelobjekte aus der Volumenkörper-Entwicklungs-Historie bei zusammengesetzten Volumina (VOLUMENKÖRPER-ENTWICKLUNG). Je nach Einstellung des Filters können Sie diese Unterobjekte von Volumenkörpern gemäß der GIZMO-Einstellung verschieben, drehen oder skalieren.

### Tipp: GIZMOS

Die GIZMOS sind im visuellen Stil 2D-DRAHTKÖRPER *nicht* aktiv! Damit Sie alle besonderen Funktionen im 3D-Bereich nutzen können, sollten Sie also links oben auf dem Bildschirm bei den eckigen Klammern [-][ISO-ANSICHT SW][2D-DRAHTKÖRPER] den visuellen Stil mit einem Klick auf einen der übrigen Stile von [KONZEPTUELL] bis [RÖNTGEN] umstellen.

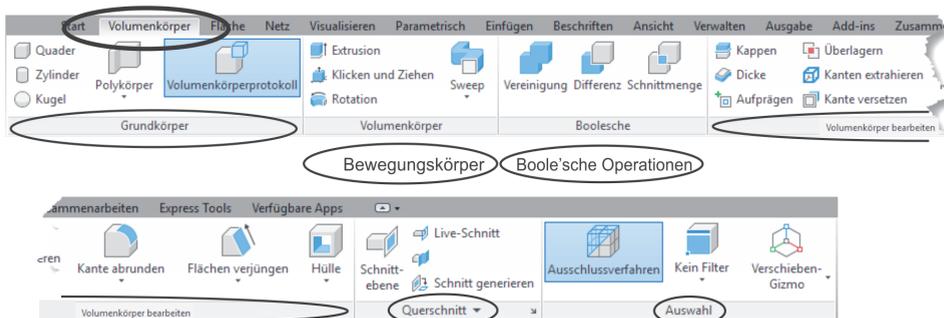


Abb. 14.2: Arbeitsbereich 3D-MODELLIERUNG, Register VOLUMENKÖRPER

### ■ Register VOLUMENKÖRPER

Hier finden Sie wieder die im letzten Kapitel vorgestellten GRUNDKÖRPER UND BEWEGUNGSKÖRPER und die booleschen Operationen und Bearbeitungsfunktionen für Einzelflächen.

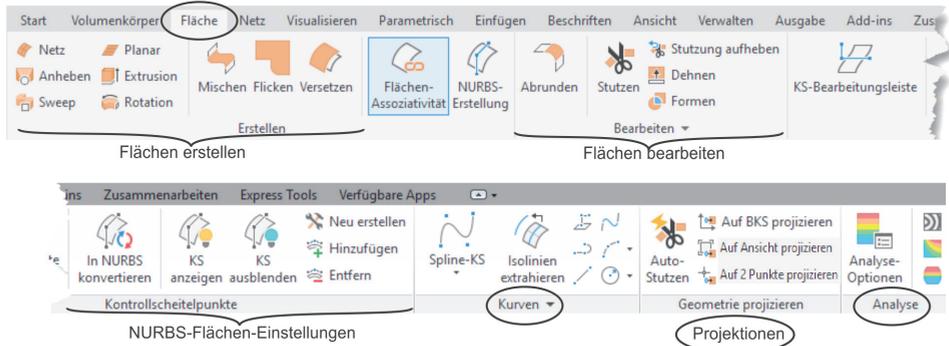
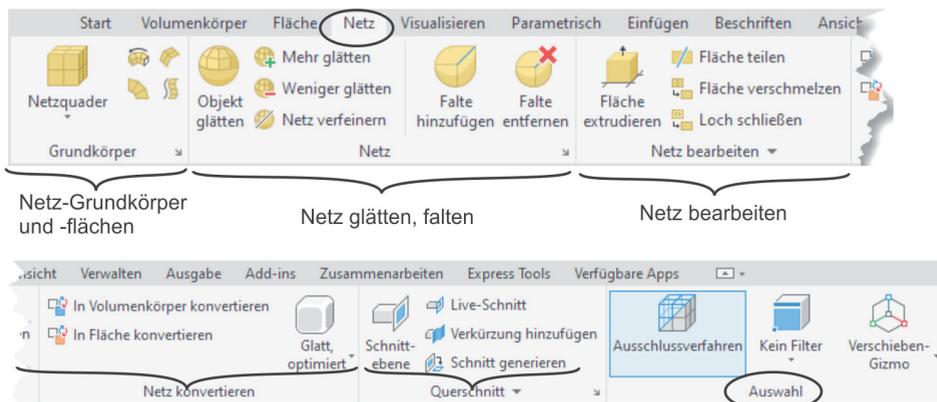


Abb. 14.3: Arbeitsbereich 3D-MODELLIERUNG, Register FLÄCHE

■ Register FLÄCHE

- ERSTELLEN – Hiermit können Flächen aus Kurven erzeugt werden. Mit NETZ wird eine Fläche aus zwei Scharen von Kurven erzeugt, die den Flächenkanten und ggf. zusätzlichen Kurven dazwischen entsprechen. Mit PLANAR wird dagegen eine total ebene Fläche entweder aus einer ebenen Kontur erzeugt oder viereckig aus zwei diagonalen Punkten. Die übrigen vier Konstruktionsmethoden kennen Sie schon von den Volumenkörpern: ANHEBEN, EXTRUSION, SWEEP, ROTATION. Weitere neue Flächentypen können aus bestehenden Flächen abgeleitet werden. MISCHEN ist eine Übergangsfläche zwischen den Rändern bestehender Flächen, FLICKEN ist ein Abschluss für eine Öffnung in einer Fläche. VERSETZEN erzeugt eine Fläche parallel zu einer bestehenden. Beim Erzeugen dieser Flächen können Sie wählen, ob es eine NURBS-Fläche (NURBS-ERSTELLUNG ein) werden soll oder eine prozedurale Fläche. Letztere kann über FLÄCHEN-ASSOZIATIVITÄT mit den erzeugenden Randkurven verbunden bleiben.
- BEARBEITEN – Mit dieser Funktion werden bestehende Flächen bearbeitet. Es gibt hier die Funktionen ABRUNDEN, STUTZEN und STUTZEN AUFHEBEN. Auch lässt sich eine Fläche in ihrem Verlauf mit DEHNEN fortsetzen. Aus mehreren Flächen, die einen Volumenbereich wasserdicht umschließen, können Sie mit FORMEN sogar einen Volumenkörper erzeugen.
- KONTROLLSCHEITELPUNKTE – *Kontrollschneitelpunkte* bilden bei NURBS-Flächen ein Netz, das die Fläche indirekt beeinflusst. Mit der Funktion KS-BEARBEITUNGSLEISTE können Sie einen **Punkt in der Fläche** wählen und verschieben. KONVERTIEREN IN NURBS konvertiert eine normale Fläche. Mit ANZEIGEN KS und AUSBLENDEN KS schalten Sie die Sichtbarkeit der Kontrollschneitelpunkte ein und aus. Diese können Sie zur Flächenmodellierung einzeln verschieben. Die Anzahl der Kontrollschneitelpunkte können Sie mit den übrigen Funktionen FLÄCHE-NEU ERSTELLEN, FLÄCHE-KS-HINZUFÜGEN und FLÄCHE-KS-ENTFERNEN verändern. Durch Absenken der Kontrollpunktzahl wird die Fläche dann insgesamt glatter.

- **KURVEN** – enthält die üblichen AutoCAD-Kurven, die auch als Basis für Flächen genutzt werden können. Mit **ISOLINIEN EXTRAHIEREN** können in einem wählbaren Punkt Flächenkurven in einer der beiden internen Laufrichtungen der Flächenparameter erzeugt werden.
- **GEOMETRIE PROJIZIEREN** – Diese Funktionen projizieren Geometrie auf Flächen. Als Richtung kann das aktuelle BKS mit seiner Z-Richtung dienen, die Ansichtsrichtung oder eine Richtung durch zwei Punkte. Mit **AUTO-STUTZEN** kann dann auch gleich mit dieser projizierten Kurve gestutzt werden.
- **ANALYSE** – Zur Analyse der gewölbten Flächen gibt es drei Verfahren: Mit **ZEBRA** wird ein schwarz-weißes Streifenmuster auf die Fläche projiziert und macht Knickstellen gut sichtbar. **KRÜMMUNG** zeigt über Farbcodierung die Krümmungen oder Radien an. Mit **FORMSCHRÄGE** lassen sich für Gussteile die Entformungswinkel farblich sichtbar machen.



**Abb. 14.4:** Arbeitsbereich 3D-MODELLIERUNG, Register NETZ

### ■ Register NETZ

- **GRUNDKÖRPER** – Hiermit können analog zu den Volumenkörpern im Register **START** *Grundkörper* als *Netze* erzeugt werden, die dann in ihren einzelnen Netzfacetten mit den **GIZMO**-Werkzeugen aus der Gruppe **AUSWAHL** modellierbar sind. Auch *Netzflächen* wurden hier integriert, die es schon lange in AutoCAD gibt.
- **NETZ** – Netzobjekte können geglättet werden, Partien aus der Glättung mit **FALTE HINZUFÜGEN** herausgenommen werden.
- **NETZ BEARBEITEN** – bietet Werkzeuge, um Netzmaschen zu unterteilen und einzeln zu extrudieren oder mehrere Netzmaschen zusammenzufügen. Damit wird die Netztopologie – die Einteilung in Netzmaschen – verändert und damit die Formbarkeit.

- NETZ KONVERTIEREN – bietet Funktionen zum Umwandeln von Netzkörpern und Netzflächen in Volumenkörper und Flächen. Dabei ist der Glättungsgrad einstellbar.
- QUERSCHNITT – siehe START|QUERSCHNITT.
- AUSWAHL – siehe START|AUSWAHL.

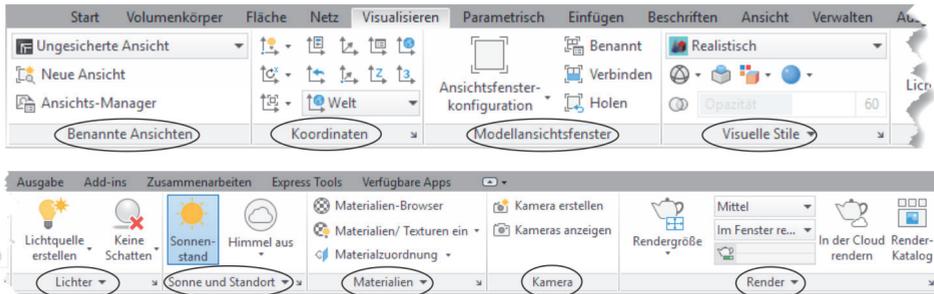


Abb. 14.5: Arbeitsbereich 3D-MODELLIERUNG, Register VISUALISIEREN

■ Register VISUALISIEREN

- ANSICHTEN – verwaltet Standard- und eigene Ansichten in einer Dropdown-Liste.
- KOORDINATEN – enthält die Optionen zum Erzeugen und Verwalten benutzerspezifischer Koordinatensysteme.
- MODELLANSICHTSFENSTER – enthält Funktionen für das Aufteilen des Modellbereichs in Ansichtsfenster (im Layout nicht aktiv).
- VISUELLE STILE – bietet eine Auswahlliste für den aktuellen VISUELLEN STIL und Werkzeuge zum Feintuning der Darstellung. Darunter ein wichtiges Werkzeug zum Ein- und Ausschalten von Isolinien (in gewölbten Flächen) und Facettenkanten (Flächenbegrenzungen). Hier finden Sie auch den interessanten RÖNTGEN-MODUS zur halbdurchsichtigen Modelldarstellung. Über ↘ erreichen Sie den MANAGER FÜR VISUELLE STILE.
- LICHTER – bietet Optionen zum Erstellen von PUNKT-, SPOT-Lichtern (Scheinwerfer), ENTFERNT-(Parallel-)Lichtquellen und flächenartigem NETZLICHT. Auch der Schattenwurf für die Modellansicht kann hier eingestellt werden. Die Vorgabebeleuchtung wird im LICHTER-Flyout angeboten. Das ist eine uhrzeitunabhängige Beleuchtung von oben. Diese sollten Sie abschalten, wenn Sie eine vom Sonnenstand abhängige Beleuchtung verwenden wollen.
- SONNE UND STANDORT – verwaltet die Sonneneigenschaften, inklusive Datum, Uhrzeit und Ort, und die Möglichkeit, den Sonnenstand *und* die Tönung der Himmelsfarbe zu aktivieren. Wenn Sonnenstand *und* Vorgabebeleuchtung eingeschaltet sind, dient die Uhrzeit nur dazu, die Helligkeit

zu regeln, nicht aber den Schattenwurf. Deshalb ist es sinnvoll, beim Einschalten von Sonnenstand, wie empfohlen, die Vorgabebeleuchtung abzuschalten. Sie können dann die Einstellung der Sonnenbeleuchtung abhängig vom geografischen Ort, dem Kalendertag und der Uhrzeit wählen.

- MATERIALIEN – enthält oben den MATERIALIEN-BROWSER mit einer sehr großen Materialien-Auswahl. Die nächste Zeile ist ein Schalter zum Aktivieren/Deaktivieren von Materialien und/oder Texturen. Über die unterste Zeile wählen Sie das MAPPING, die Art der Projektion von Materialien auf die Oberflächen. Über  $\sphericalangle$  erhalten Sie den MATERIALIEN-EDITOR für die Erstellung eigener Materialien.
- RENDER – enthält die Werkzeuge zum Einstellen und Erzeugen der fotorealistischen Renderdarstellung. Hier werden die fotorealistischen Bilder berechnet. Sie können hier auch Ihre Zeichnungen zum Rendern in die Cloud schicken. Eine E-Mail-Nachricht informiert Sie, wenn die Bilder fertig sind.

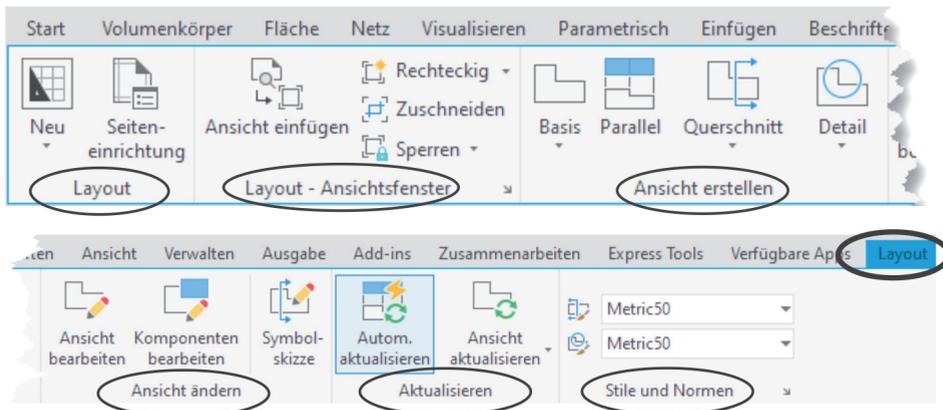


Abb. 14.6: Arbeitsbereich 3D-MODELLIERUNG, Register LAYOUT

- Register LAYOUT (Register erscheint nur bei aktivem LAYOUT-Bereich)
  - Die Register LAYOUT und LAYOUT-ANSICHTSFENSTER wurden bereits in Kapitel 8, *Modellbereich, Layout, Maßstab und Plot für 2D-Konstruktionen* beschrieben.
  - ANSICHT ERSTELLEN – erzeugt aus 3D-Modellen oder auch Inventor-Modellen Standard-Ansichten und auch Detail- und Schnitt-Ansichten. Die Funktion BASIS ist auch im MODELLBEREICH im Register START aktiv und erzeugt aus gewählten Objekten ein LAYOUT *und* ein ANSICHTSFENSTER der Standard-Ansicht VORNE (entspricht der xz-Ebene) mit der Möglichkeit, andere orthogonale Ansichten sofort davon abzuleiten. Die übrigen Funktionen sind nur im Layout zur Erzeugung einzelner Ansichten verfügbar.

- ANSICHT ÄNDERN – Die Sichtbarkeitskriterien der Objekte in verschiedenen Ansichten lassen sich hiermit nachträglich verändern.
- AKTUALISIEREN – aktualisiert automatisch oder manuell Ansichten nach Änderungen.
- STILE UND NORMEN – Die Stile für die Darstellung von Schnitt- und Detailansichten können verändert werden.

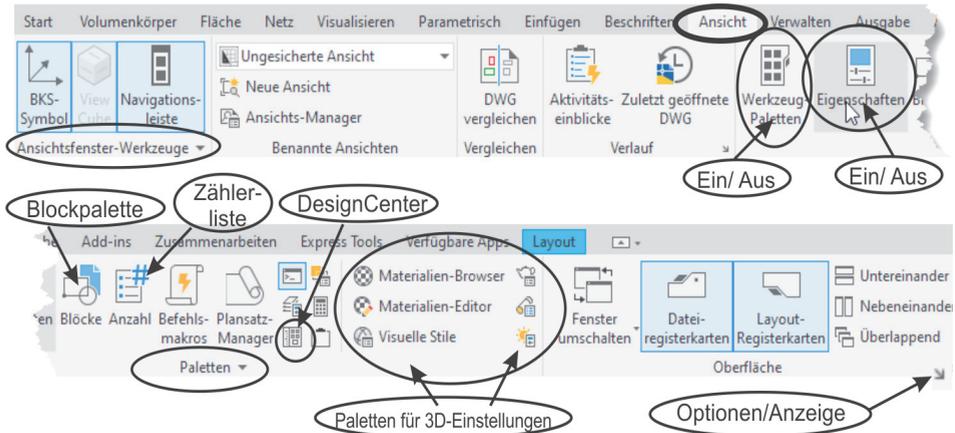


Abb. 14.7: Arbeitsbereich 3D-MODELLIERUNG, Register ANSICHT

■ Register ANSICHT

- Neben den bereits weiter oben behandelten Gruppen sind in der Gruppe PALETTEN die WERKZEUGPALETTEN und die 3D-spezifischen Paletten MATERIALIEN-BROWSER und -EDITOR, VISUELLE STILE, ERWEITERTE RENDER-EINSTELLUNGEN, LICHTER IN MODELLPALETTE (Lichtliste) und die TAGESLICHTEINSTELLUNGEN-Palette (Sonneneigenschaften) interessant. Bei den WERKZEUGPALETTEN sind für den 3D-Bereich insbesondere diejenigen mit fotometrisch angepassten Lichtquellen interessant: ALLGEMEINE LICHTER, FLUORESZIEREND (Leuchtstoffröhren), ENTLADUNG MIT HOHER INTENSITÄT (Metalldampf-Lampen), GLÜHLICHT (Glühlampen), NATRIUM-NIEDERDRUCK (Natriumdampf-Lampen).

## 14.3 Modellieren mit Kurven

### 14.3.1 2D-Objekte in 3D ausdehnen: Objekthöhe

Jeder Kurve kann in AutoCAD eine Höhengausdehnung zugeordnet werden. Sie bewirkt, dass aus der Kurve praktisch eine Wand mit der angegebenen Höhe wird. Die Richtung dieser Wand ist immer senkrecht zur xy-Ebene bei Objekterstellung, also parallel zur z-Richtung. Diese OBJEKTHÖHE können Sie nachträglich mit dem

EIGENSCHAFTEN-MANAGER bzw. **[Strg]+1** jedem Objekt, auch mehreren gleichzeitig, zuordnen. Als Voreinstellung können Sie die OBJEKTHÖHE auch eingeben, wenn im EIGENSCHAFTEN-MANAGER *keine* Objekte gewählt sind. Dann gilt diese Einstellung als Vorgabe für alle künftigen Objekte.

### 14.3.2 Erhebung

Ebene Objekte können auch in verschiedenen z-Höhen liegen. Dies nennt man die ERHEBUNG. Beim Start von AutoCAD ist sie auf den Wert 0.0 gesetzt. Geändert wird sie mit dem Befehl ERHEBUNG:

```
Befehl: ERHEBUNG
ERHEBUNG Neue Standard-Erhebung angeben <0.0000>: 10
ERHEBUNG Neue Standard-Objekthöhe angeben <0.0000>:
```

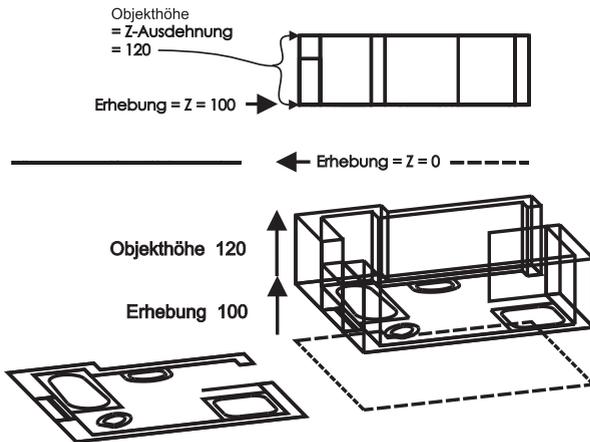


Abb. 14.8: Erhebung und Objekthöhe bei 3D-Konstruktionen

Sie sehen, dass Sie in diesem Befehl hier auch gleichzeitig die OBJEKTHÖHE, also die Ausdehnung der Objekte in z-Richtung, einstellen können. Die ERHEBUNG legt praktisch die Arbeitsebene fest. Alle 2D-Objekte entstehen in dieser Arbeitsebene. Auch bei 3D-Objekten wird der Wert der ERHEBUNG als z-Koordinate verwendet, wenn nur x und y angegeben werden. Viele 3D-Konstruktionen werden zunächst als 2D-Ansicht vorbereitet und dann durch Ändern der ERHEBUNG und gegebenenfalls der OBJEKTHÖHE zu 3D-Teilen aufgebaut (Abbildung 14.8).

Das Ändern von ERHEBUNG und OBJEKTHÖHE zugleich können Sie mit dem EIGENSCHAFTEN-MANAGER durchführen – der sollte eigentlich immer im SCHNELL-ZUGRIFF-WERKZEUGKASTEN über ▼ aktiviert sein. Sie finden dort den Eintrag OBJEKTHÖHE für die z-Ausdehnung. Die ERHEBUNG spiegelt sich in den z-Koordinaten wider, die Sie dann unter den angezeigten Koordinaten ändern können. Auch mehrere Erhebungen gleichzeitig lassen sich so ändern.

Die mit Objekthöhe erzeugten Objekte erscheinen zwar auch wie Flächen oder – bei Polylinien mit Breite und Objekthöhe – sogar wie Volumenkörper. Sie sind das aber nicht im echten Sinne. Sie können aber mit `START|VOLUMENKÖRPER BEARBEITEN` |`IN FLÄCHE KONVERTIEREN` bzw. `...|...|IN VOLUMENKÖRPER KONVERTIEREN` in echte 3D-Objekte umgewandelt werden.

### 14.3.3 Drahtmodell – Konstruktionen mit Kurven

Es soll nun zunächst das reine 3D-Drahtmodell behandelt werden, bei dem die Objekte aus Kurven bestehen, die die Kanten des Teils repräsentieren. Falls noch von den vorhergehenden Betrachtungen die Vorgaben für `ERHEBUNG` und `OBJEKTHÖHE` eingestellt sind, sollten sie nun mit dem Befehl `ERHEBUNG` wieder auf null gesetzt werden.

Vollwertige dreidimensionale Kurven, das heißt, Kurven, bei denen jeder Definitionspunkt beliebig im dreidimensionalen Raum angegeben werden kann, sind `LINIE`, `3DPOLY`, `SPLINE` und `SPIRALE`.

3D-Modellierung	Icon	Befehl
<code>START ZEICHNEN</code>		<code>LINIE</code>
<code>START ZEICHNEN</code>		<code>3DPOLY</code>
<code>START ZEICHNEN</code>		<code>SPLINE</code>
<code>START ZEICHNEN</code> ▼		<code>SPIRALE</code>

Im Befehl `LINIE` lassen sich jederzeit beliebige x-, y- und z-Koordinaten für die Endpunkte eingeben und damit beliebige Linien im dreidimensionalen Raum erzeugen. Der Vorteil einer solchen Konstruktion ist, dass sie, soweit sie mit Linien durchgeführt werden kann, sehr einfach ist. Der Nachteil ist, dass – wie der Name Drahtmodell sagt – das Objekt durchsichtig ist, weil es nur aus den Kanten besteht. Es ist, zum Beispiel bei einem einfachen Würfel, keine Füllung zwischen diesen Kanten vorhanden. Das erreicht man erst mit Flächen- und Volumenmodellen.

Die 3D-Polylinie ist eigentlich nichts anderes als eine zusammengesetzte Kurve, bestehend nur aus Liniensegmenten. Die 3D-Polylinie kann wie die normale zweidimensionale Polylinie auch mit `PEDIT` geglättet werden und für Designzwecke genutzt werden.

Die Splinekurve ist eine glatte Kurve, die durch Stützpunkte sowie durch die Richtung am Start- und Endpunkt (Starttangente und Endtangente) definiert wird.

Die Spirale eignet sich beispielsweise für die Konstruktion einer Schraubenlinie.

Wenn Sie im Drahtmodell auch Kreise und Bögen zeichnen, werden diese 2D-Objekte immer in der *xy*-Ebene oder parallel dazu erzeugt werden. Um schräg im Raum stehende Kreise, Bögen oder 2D-Polylinien zu konstruieren, müssen Sie deshalb immer erst die Konstruktionsebene, also die *xy*-Ebene des aktuellen Koordinatensystems ist, entsprechend verschieben oder neigen. Ganz korrekt gesagt ist die *Konstruktions- oder Arbeitsebene* eine zur *xy*-Ebene *parallele Ebene*, deren Höhe in *z*-Richtung durch die ERHEBUNG angegeben wird.

Einfache Drahtmodelle, wie das in Abbildung 14.9 dargestellte Badezimmermodell, können Sie leicht durch Konstruieren in einer Ebene und Kopieren von Geometrien in parallele Ebenen erstellen. Beim Befehl KOPIEREN geben Sie dann nur eine *z*-Verschiebung an. Dabei geben Sie auf die Anfrage nach BASISPUNKT oder VERSCHIEBUNG den Verschiebungsbetrag in allen drei Koordinatenrichtungen an, aber absolut, also ohne @, und bei ZWEITER PUNKT der Verschiebung antworten Sie einfach mit :

```
Befehl: _copy
KOPIEREN Objekte wählen: Objekte anklicken. 21 gefunden
KOPIEREN Objekte wählen: 
KOPIEREN Aktuelle Einstellungen: Kopiermodus = Mehrere
KOPIEREN Basispunkt oder [Verschiebung/modus] <Verschiebung>: 
KOPIEREN Verschiebung angeben <0.0000, 0.0000, 0.0000>: 0,0,250 Verschiebung um 250 in z-Richtung
```

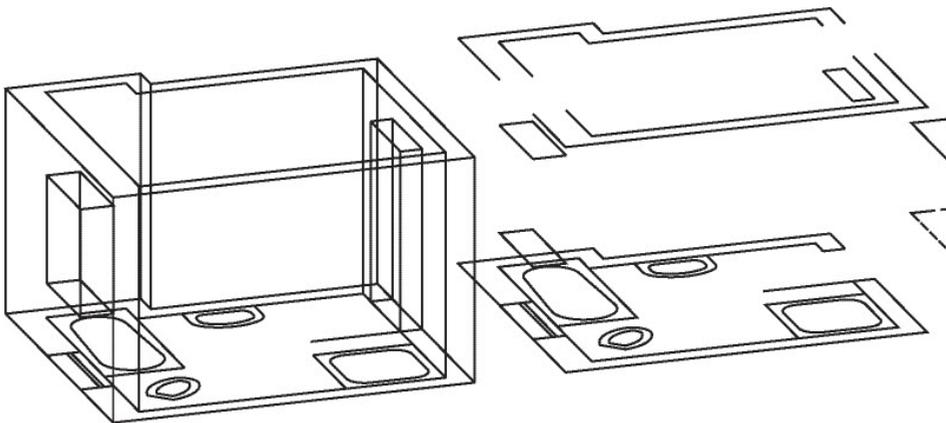


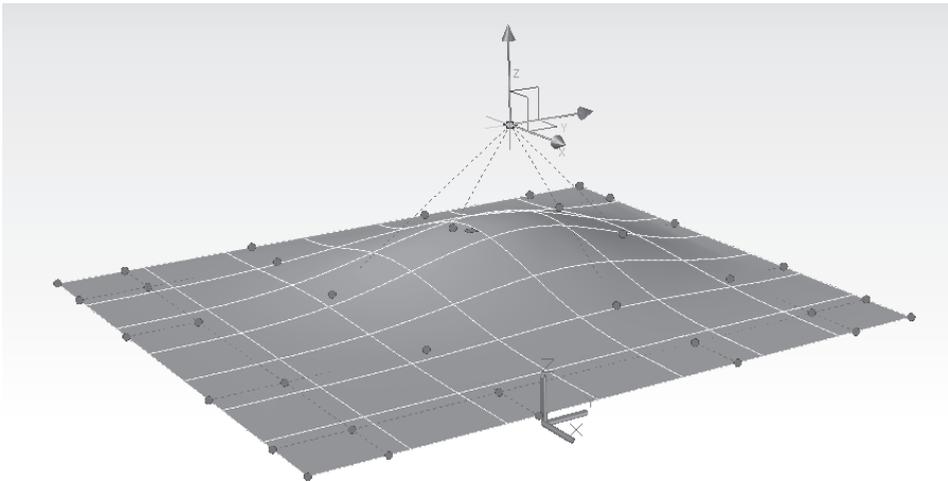
Abb. 14.9: 3D-Drahtmodell; rechts kopierte 2D-Konturen, links mit Linien verbunden

## 14.4 Modellieren mit Flächen

Seit Version 2011 ist nun das Modellieren mit Flächen möglich geworden. Die Flächen können als NURBS-Flächen erzeugt oder in NURBS-Flächen umgewandelt

werden. Diese NURBS-Flächen werden durch ein internes Polygon von Kontrollscheidelpunkten (KS) gesteuert. Dieses Netz beeinflusst die NURBS-Fläche relativ indirekt, lediglich die vier Eckpunkte liegen exakt auf der Fläche. Die indirekte Wirkung der Kontrollscheidelpunkte bedingt, dass ein Knick im Kontrollscheidelpunkt-Polygon eine sanfte Biegung in der Fläche bewirkt. Die Änderungen wirken damit immer relativ sanft und erzeugen ästhetische Formen.

Die Abkürzung NURBS steht für Non-Uniform-Rational-B-Splines. Es sind sozusagen die ultimativen Freiformgeometrien, die auch konventionelle Geometrie wie Bögen, Kreise und Ellipsen als exakte Varianten enthalten. Andere Freiformgeometrien wie Bézier oder Spline und B-Spline können keine kreisförmigen Geometrien beliebig genau approximieren. Deshalb muss jedes CAD-System, das *alle* Kurvenformen abdecken will, NURBS-Geometrien enthalten. In AutoCAD sind die Flächenmodellierfunktionen im Register FLÄCHE enthalten.



**Abb. 14.10:** Ebene NURBS-Fläche mit Kontrollscheidelpunkten und einem in z-Richtung verschobenen Punkt

### 14.4.1 Register FLÄCHE Gruppe ERSTELLEN

Die Gruppe ERSTELLEN enthält die Werkzeuge zum Erstellen von Flächen. Die Flächen können aus Kurven erzeugt werden oder durch Anpassen an andere Flächen erstellt werden. Auch aus Netzflächen (siehe nächstes Register) können durch Umwandlung solche Flächen erzeugt werden. Die Flächen können wieder weiterverwendet werden, um Volumenkörper zu erstellen oder zu modifizieren.



Abb. 14.11: Register FLÄCHE, Gruppe ERSTELLEN

Beim Erzeugen der Flächen über die Funktionen in der Gruppe ERSTELLEN können Sie wählen, ob es eine NURBS-Fläche (NURBS-ERSTELLUNG ein) werden soll oder eine *prozedurale Fläche*. Eine NURBS-Fläche besteht aus der eigentlichen Fläche und einem normalerweise unsichtbaren Kontrollscheitelpunkt-Polygon. Mit dem Werkzeug ANZEIGEN KS können Sie es sichtbar machen. Die NURBS-Fläche lässt sich über das dazugehörige Kontrollpunkt-polygon gut modellieren. Die Kontrollpunkte wirken abgesehen von den Eckpunkten indirekt auf die Fläche ein. Sie können über die Griffe verschoben werden.

Die vier Befehle ANHEBEN, EXTRUSION, SWEEP und ROTATION sind bereits aus dem VOLUMENKÖRPER-Register bekannt. Sie werden hier genauso angewendet, nur mit dem Unterschied, dass hier meist keine geschlossenen Profile Verwendung finden, sondern *offene Kurven*. Wenn Sie aus einem geschlossenen Profil eine Fläche erstellen wollen, müssten Sie in dem Befehl die Option MODUS wählen und FLÄCHE aktivieren. Das ist im Unterschied zu den gleichnamigen Befehlen im Register VOLUMENKÖRPER in den Befehlen hier schon voreingestellt.

#### 14.4.2 Register FLÄCHE Gruppe BEARBEITEN

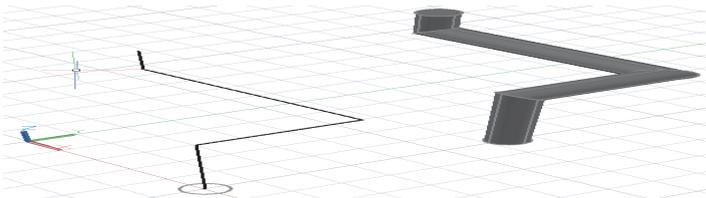


Abb. 14.12: Gruppe BEARBEITEN

ABRUNDEN – Kanten zwischen Flächen können abgerundet werden. Mit der Option RADIUS wird der Radius eingestellt, mit der Option FLÄCHE STUTZEN kann das automatische Stutzen ein- und ausgeschaltet werden. Klicken Sie die Flächen ungefähr da an, wo die Ausrundung berühren wird.

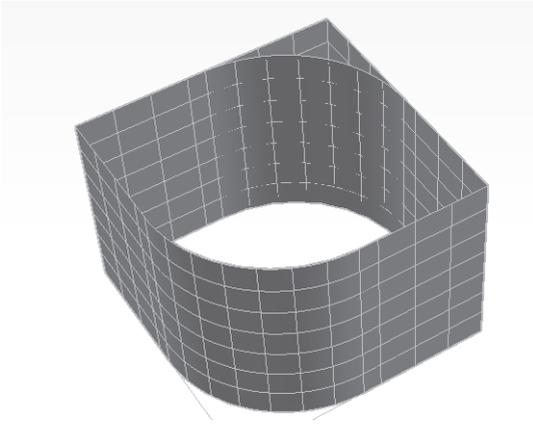


Abb. 14.13: Abrunden von Flächen mit/ohne Stutzen

STUTZEN – Beim STUTZEN werden Flächen an anderen Flächen, Regionen, Kurven oder projizierten Konturen gestutzt. Die Projektionsrichtung richtet sich

- in einer orthogonalen Ansicht mit Parallelprojektion nach der *Ansichtsrichtung*,
- in einer beliebigen anderen Ansicht bei einer ebenen Kontur nach der Richtung *lotrecht zur Konturebene* – das ist im Beispiel der Fall – und
- in einer beliebigen Ansicht und bei einer nicht ebenen Kontur nach der *z-Richtung* des aktuellen Koordinatensystems.

Zuerst wählen Sie die zu stutzenden Flächen, dann die Kontur und dann klicken Sie in die auf die Fläche sichtbare Stutzkontur hinein, um den zu stutzenden Bereich zu definieren, bei mehreren Flächen auch mehrfach.

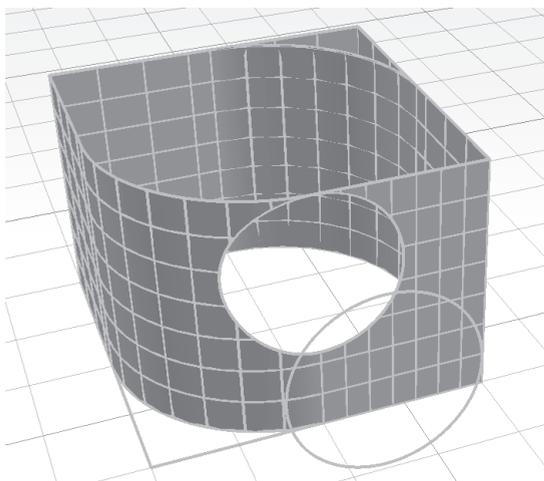


Abb. 14.14: Stutzen von Flächen

Befehl: **FLÄCHESTUTZ** oder **SURFTRIM**

Flächen verlängern = Ja, Projektion = Automatisch.

**FLÄCHESTUTZ** Zu stutzende Flächen oder Regionen wählen oder [ERweitern Projektionsrichtung]: **Klick auf ebene Zielfläche** 1 gefunden

**FLÄCHESTUTZ** Zu stutzende Flächen oder Regionen wählen oder [...]: **Klick auf gewölbte Zielfläche** 1 gefunden, 2 gesamt

**FLÄCHESTUTZ** Zu stutzende Flächen oder Regionen wählen oder [ERweitern Projektionsrichtung]:

**FLÄCHESTUTZ** Schneidende Kurven, Flächen oder Regionen wählen: **Kreis anklicken** 1 gefunden

**FLÄCHESTUTZ** Schneidende Kurven, Flächen oder Regionen wählen:

**FLÄCHESTUTZ** Zu stutzenden Bereich wählen [Zurück]: **Klick in markierte Stutzregion auf ebener Fläche**

**FLÄCHESTUTZ** Zu stutzenden Bereich wählen [...]: **Klick in markierte Stutzregion auf gewölbter Fläche**

**STUTZEN DER FLÄCHE AUFHEBEN** – Die Funktion fordert zum Anklicken der Stutzkante auf und nimmt dann für jede Kante die Stutzaktion zurück. Wenn sich die Kante über mehrere Flächen erstreckt, können Sie für jedes Kantenstück das Stutzen einzeln aufheben.

**FLÄCHE DEHNEN** – Der Befehl verlängert unter Beibehaltung der bisherigen Form eine Fläche weiter. Es gibt zwei **ERWEITERUNGSMODI**:

- **ERWEITERN** – erhält die Form der Fläche,
- **STRECKEN** – erhält die Form der Fläche nicht unbedingt.

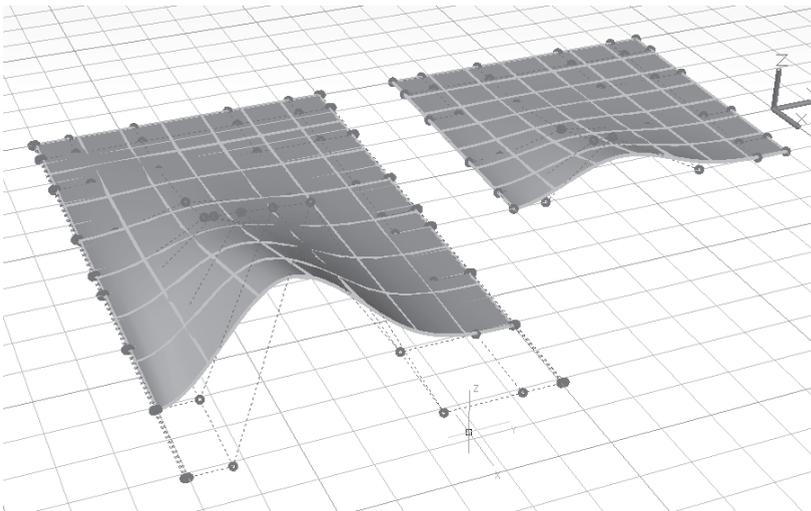


Abb. 14.15: Verlängern einer Fläche

Außerdem gibt es zwei ERSTELLUNGSTYPEN:

- ANHÄNGEN – erzeugt die Verlängerung als extra Fläche,
- VERSCHMELZEN – verlängert die aktuelle Fläche.

FORMEN – Mit dieser fantastischen Funktion können Sie aus einem Netz von Flächen, die ein Raumgebiet wasserdicht umschließen, einen Volumenkörper erstellen. In Abbildung 14.16 wurde der Volumenkörper nach Erstellung aus dem Gebiet herausgezogen. Achten Sie unbedingt darauf, dass das Gebiet absolut lückenlos geschlossen ist.

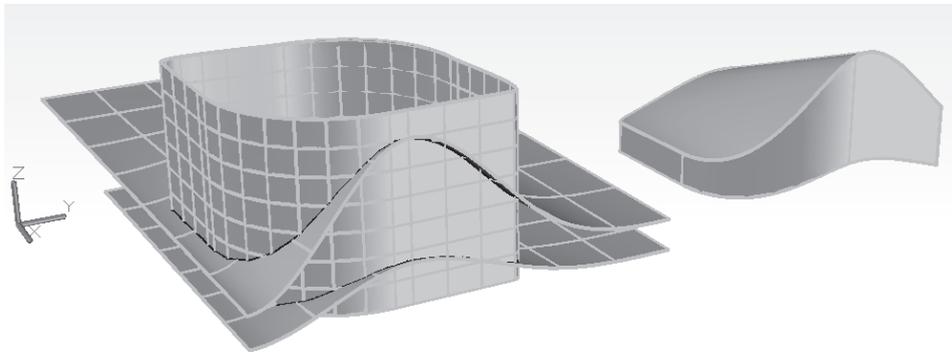


Abb. 14.16: Volumen aus umhüllenden Flächen erzeugt

### 14.4.3 Register FLÄCHE Gruppe KONTROLLSCHEITELPUNKTE

Mit den Funktionen der Gruppe KONTROLLSCHEITELPUNKTE können Sie die Kontrollscheitelpunkte der NURBS-Flächen verwalten.

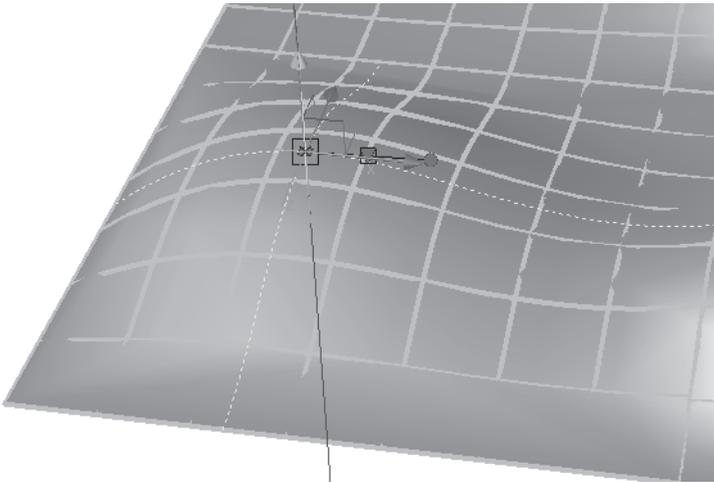


Abb. 14.17: Gruppe KONTROLLSCHEITELPUNKTE

KS-BEARBEITUNGSLEISTE – Hiermit kann ein Punkt *in der Fläche* anhand der flächeninternen u- und v-Koordinaten angeklickt und dann mit dem erscheinenden Verschiebungs-GIZMO verschoben werden, um die Fläche zu deformieren. Die internen u- und v-Richtungen erscheinen zunächst als rote Linien, danach als gestrichelte gelbe Linien. Im GIZMO markieren Sie die Richtung, in der sich die Verschiebung bewegen soll, durch Anklicken einer Achse oder einer Ebene.

IN NURBS KONVERTIEREN – Damit kann eine Fläche in eine NURBS-Fläche konvertiert werden. Fläche meint hier aber eine Fläche, die mit den Funktionen dieses Registers FLÄCHE erstellt wurden. Wenn Sie Netzflächen mit Funktionen aus dem Register NETZ erstellt haben, müssen Sie diese erst in Flächen umwandeln. Dazu gibt es die Funktion NETZ|NETZ KONVERTIEREN|IN FLÄCHE KONVERTIEREN oder Befehl INFLÄCHKONV. Danach können Sie dann die Fläche in eine NURBS-Fläche umwandeln.

KS ANZEIGEN / KS AUSBLENDEN – Diese beiden Funktionen dienen dazu, das Kontrollscheitelpunktpolygon von NURBS-Flächen sichtbar bzw. unsichtbar zu machen. Da das Kontrollstützpunktpolygon ein wichtiges Hilfsmittel zur Modellierung von NURBS-Flächen ist, spielt die Sichtbarkeit des Polygons eine wichtige Rolle. Diese sichtbaren Punkte können Sie dann mit den Griffen verschieben, um die Fläche zu gestalten.



**Abb. 14.18:** Punkt in der Fläche in z-Richtung verschoben

NEU ERSTELLEN – Mit dieser Funktion können die Anzahl der Kontrollscheitelpunkte und/oder der Grad einer NURBS-Fläche erhöht werden. Die Erhöhung der Anzahl von Kontrollscheitelpunkten bedeutet eine höhere Flexibilität bei der Modellierung. Verringert man die Anzahl der Kontrollscheitelpunkte, dann wird die Fläche glatter, die Krümmung wird kontinuierlicher. Der Grad gibt an, ob eine Änderung an einem Kontrollscheitelpunkt mehr lokal wirkt – bei einem niedrigen Grad – oder ob sie globaleren Einfluss hat – bei einem hohen Grad. Bei hohem Grad besteht allerdings die Gefahr sogenannter Schwingungen (Abbildung 14.19 rechts).



Abb. 14.19: Einfluss von Anzahl der Kontrollscheitelpunkte und Grad

HINZUFÜGEN / ENTFERN – fügt einzelne Reihen von Kontrollscheitelpunkten zu einer Fläche hinzu oder entfernt einzelne Reihen. Damit können Sie also gezielt an bestimmten Stellen die Modellierbarkeit der Flächen erhöhen oder erniedrigen.

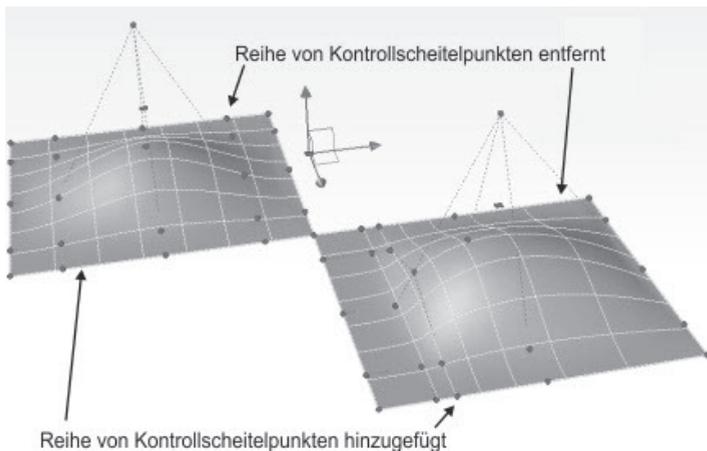


Abb. 14.20: Wirkung von zusätzlichen bzw. entfernten Kontrollscheitelpunkten

#### 14.4.4 Register FLÄCHE Gruppe GEOMETRIE PROJIZIEREN

In derselben Weise wie bei der Funktion STUTZEN (Abbildung 14.14) die Kontur einer Kurve außerhalb der Fläche projiziert wird, kann auch mit diesen Funktionen projiziert werden. Sie können wählen, ob Sie nur projizieren wollen oder auch gleich stutzen. Außerdem können Sie über die Funktionswahl direkt vorgeben, mit welcher Projektionsrichtung gearbeitet werden soll.



Abb. 14.21: Gruppe GEOMETRIE PROJIZIEREN

AUTO STUTZEN – ist ein Schalter, mit dem Sie wählen können, ob *nur* eine Kontur auf die Fläche *projiziert* werden soll oder ob auch zugleich mit dieser Kontur *gestützt* werden soll.

AUF BKS PROJIZIEREN / ...ANSICHT... / ...2 PUNKTE... – Mit diesen Optionen legen Sie fest, in welcher Weise die Projektionsrichtung bestimmt werden soll: Projektion in BKS-Richtung, senkrecht zur Ansicht oder Richtung durch zwei Punkte bestimmen.

### 14.4.5 Register FLÄCHE Gruppe ANALYSE

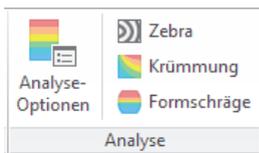


Abb. 14.22: Gruppe ANALYSE

ANALYSE-OPTIONEN – Mit diesen Einstellungen für die drei ANALYSE-Funktionen können Sie festlegen, wie fein das ZEBRA-Muster werden soll, welchen Bereich von Krümmungen oder Radien bei Analyse der KRÜMMUNG das Farbspektrum abdecken soll und welchen Winkelbereich für die Analyse der FORMSCHRÄGE das Farbspektrum darstellen soll.

ZEBRA – Die ZEBRA-Analyse projiziert ein schwarz-weißes Streifenmuster auf die gewählten Oberflächen oder Volumenkörper. Dadurch wird es leicht möglich, Unregelmäßigkeiten im Flächenverlauf und Knickstellen zu lokalisieren.

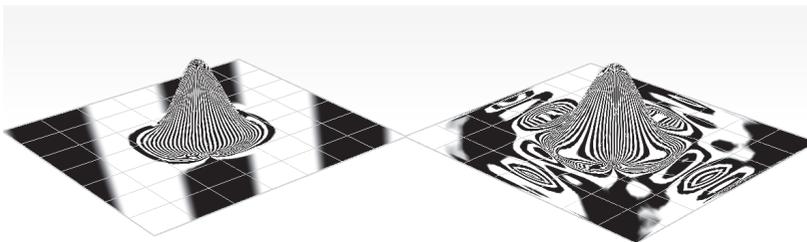
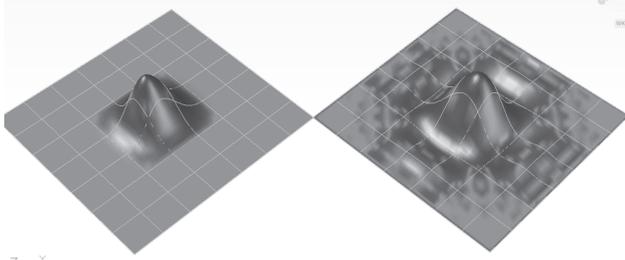


Abb. 14.23: Zebra-Analyse

**KRÜMMUNG** – Bei der KRÜMMUNGS-Analyse werden verschiedene Krümmungen durch verschiedene Farben dargestellt. Eine zylinderförmige Fläche wäre also einfarbig, weil sie einen festen Radius oder eine feste Krümmung hat.

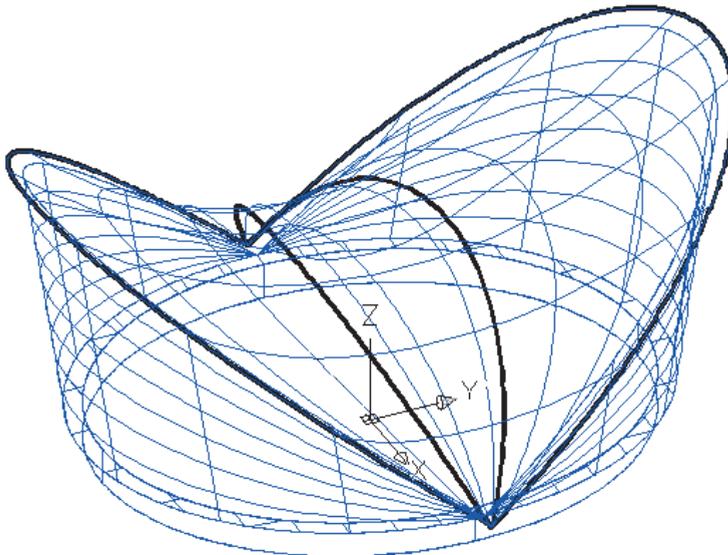


**Abb. 14.24:** Krümmungsanalyse mit Radien zwischen -30 und 300 (leider hier nicht farbig sichtbar)

**FORMSCHRÄGE** – Die FORMSCHRÄGE-Analyse verteilt ein Farbspektrum über einen engen Winkelbereich von etwa  $3^\circ$  bis  $-3^\circ$ , um Abweichungen von der gewünschten Formschräge farblich genau anzuzeigen.

### 14.4.6 Beispiel: Flächenmodell mit Lofting-Flächen

Abbildung 14.25 zeigt eine Flächenmodellkonstruktion für eine Sporthalle, die dann mit dem Lofting-Befehl ANHEBEN mit Flächen überzogen wurde.



**Abb. 14.25:** Konstruktion einer Sporthalle

Eine solche Konstruktion erfordert einige Übung im dreidimensionalen Arbeiten, insbesondere bei der Manipulation der Koordinatensysteme. Sie beginnen am besten mit der halben elliptischen Grundfläche, also einem Ellipsenbogen, in der xy-Ebene des Weltkoordinatensystems. Die ganze Ellipse misst dann in x-Richtung 130 m und in y-Richtung 150 m. Dann kopieren Sie den Ellipsenbogen in die z-Höhe 10 m und versetzen sie um 5 m nach außen. Dann verschieben Sie das BKS mit der Option URSPRUNG auf die Nebenachse der oberen Ellipse. Dort drehen Sie das BKS um  $-40^\circ$  um die y-Achse. In der neuen xy-Ebene konstruieren Sie den nächsten Ellipsenbogen für das Dach.

Starten Sie also mit der Vorlage **acadiso3D.dwt** eine neue Zeichnung. Schalten Sie mit dem LAYER-MANAGER (Befehl LAYER) die Farbe des Layers **0** auf **Blau**. Klicken Sie den VIEWCUBE so an, dass Sie die Ansicht ISO-SW erhalten (Ecke zwischen LINKS, VORNE und OBEN). Aktivieren Sie den visuellen Stil SCHATTIERUNG MIT KANTEN über das Ansichtsmenü [ ] [ISO-ANSICHT SW] [SCHATTIERUNG MIT KANTEN] oder über START|ANSICHT.

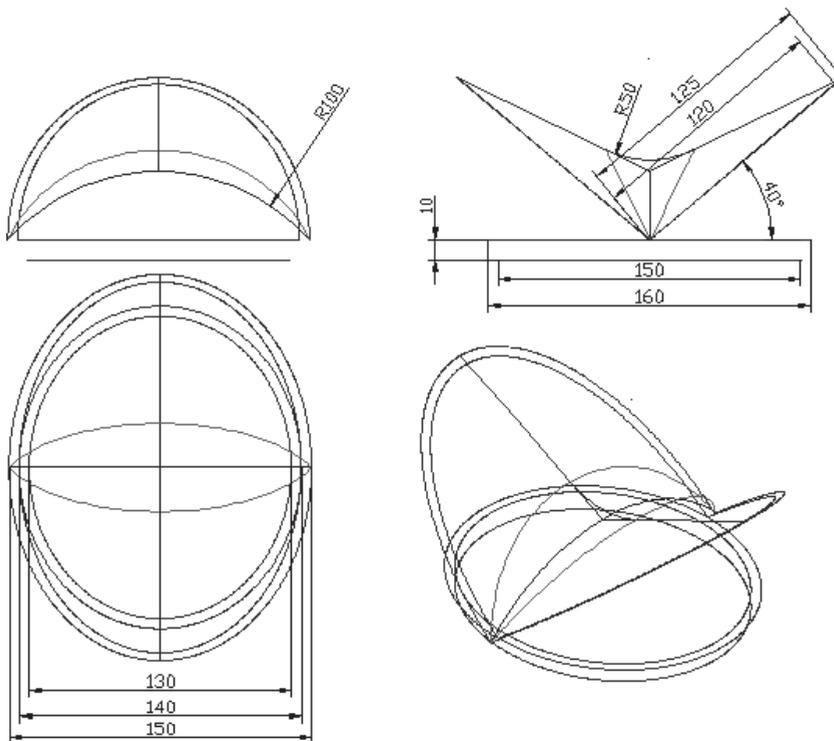


Abb. 14.26: Abmessungen



Befehl: \_ellipse **Ellipsenbogen mit Hauptachse 150 und Nebenachse 130**  
 ELLIPSE Achsenendpunkt der Ellipse angeben oder [Bogen Zentrum]: **B**  
 ELLIPSE Achsenendpunkt des elliptischen Bogens angeben oder [Zentrum]: **65,0**  
 ELLIPSE Anderen Endpunkt der Achse angeben: **-65,0**  
 ELLIPSE Abstand zur anderen Achse angeben oder [Drehung]: **75**  
 ELLIPSE Startwinkel angeben oder [Parameter]: **-90**  
 ELLIPSE Endwinkel angeben oder [Parameter einGeschlossener winkel]: **90**



Befehl: \_copy **Kopieren nach Z=10**  
 KOPIEREN Objekte wählen: **L 1** gefunden

KOPIEREN Objekte wählen:   
 KOPIEREN Aktuelle Einstellungen: Kopiermodus = Mehrfach  
 KOPIEREN Basispunkt oder [Verschiebung mOduS] <Verschiebung>:   
 KOPIEREN Verschiebung angeben <0.0000, 0.0000, 0.0000>: **0,0,10**



Befehl: \_offset **oberen Ellipsenbogen um 5 nach außen versetzen**  
 Aktuelle Einstellungen: Quelle löschen=Nein Layer=Quelle OFFSETGAPTYPE=0  
 VERSETZ Abstand angeben oder [...] <Durch punkt>: **5**  
 Zu versetzendes Objekt wählen oder [...] <...>: **oberen Ellipsenbogen anklicken**  
 VERSETZ Punkt auf Seite angeben, auf die versetzt werden soll, ... [...] <...>: **nach außen klicken**  
 VERSETZ Zu versetzendes Objekt wählen oder [Beenden ...] <Beenden>:

Befehl: **BKS BKS auf Endpunkt des oberen Ellipsenbogens setzen (Endpunkt)**  
 Aktueller BKS-Name: \*WELT\*

**BKS** Ursprung des neuen BKS angeben oder [...] <...>: **END von oberer Ellipsenbogen**

**BKS** Punkt auf X-Achse angeben oder <Akzeptieren>:

Befehl: **BKS BKS um 40° um die x-Achse drehen**

**BKS** Aktueller BKS-Name: \*KEIN NAME\*

**BKS** Ursprung des neuen BKS angeben oder [FLäche bENannt Objekt VÖrher ANsicht Welt X Y Z ZAchse] <Welt>: **X**

**BKS** Drehwinkel um Y-Achse angeben <90>: **40**



Befehl: \_ellipse **Ellipsenbogen für die Fassadenkante**  
 ELLIPSE Achsenendpunkt der Ellipse angeben oder [Bogen Zentrum]: **B**  
 ELLIPSE Achsenendpunkt des elliptischen Bogens angeben oder [...]: **END von Vorderen Endpunkt des oberen äußeren Ellipsenbogens anklicken**  
 ELLIPSE Achsenendpunkt der Achse angeben: **END von Hinteren Endpunkt des oberen äußeren Ellipsenbogens anklicken**  
 ELLIPSE Abstand zur anderen Achse angeben oder [...]: **120**  
 ELLIPSE Startwinkel angeben oder [...]: **-90**  
 ELLIPSE Endwinkel angeben oder [...]: **90**

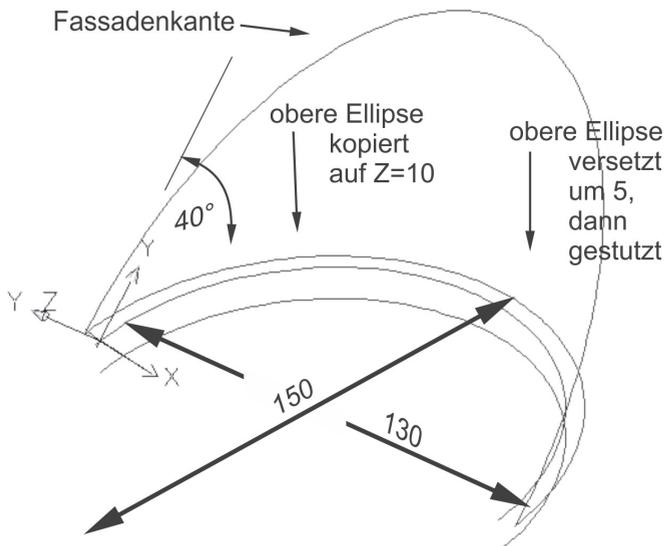


Abb. 14.27: Ellipse für Sockel und Fassade

Versetzen Sie dann mit dem gedrehten BKS noch die obere geneigte Fassadenkante um 5 nach außen, um die Dachkante zu erhalten. Als Nächstes brauchen Sie das orthogonale BKS VORNE, um den Bogen mit R100 mit der Option STARTPUNKT, ENDPUNKT, RADIUS zu konstruieren. Zeichnen Sie nun die Linie, die die Mitte der Dachkante mit der Kreisbogenmitte verbindet.

```

Befehl: _offset
Aktuelle Einstellungen: Quelle löschen=Nein Layer=Quelle OFFSETGAPTYPE=0
VERSETZ Abstand angeben oder [...] <5.0000>: 
VERSETZ Zu versetzendes Objekt wählen oder [...] <Beenden>: Fassadenkante wählen
VERSETZ Punkt auf Seite angeben, auf die versetzt werden soll, ... [...]
<...>: nach außen klicken
VERSETZ Zu versetzendes Objekt wählen ... [Beenden ...] <Beenden>: 
Befehl: BKS BKS Vorne einstellen, um den Bogen in der Symmetrieebene mit R=100 zu konstruieren
Aktueller BKS-Name: *WELT*
BKS Ursprung des neuen BKS angeben ... [...bENannt ...] <...>: EN
BKS Option eingeben [HOLen SPEichern Löschen ?]: VORNE
Befehl: _arc
BOGEN Startpunkt für Bogen angeben ... [...]: Startpunkt am vorderen Ende der Dachkante
BOGEN Zweiten Punkt für Bogen angeben ... [...Endpunkt]: E
BOGEN Endpunkt für Bogen angeben: Startpunkt am hinteren Ende der Dachkante
BOGEN Zentrum für Bogen angeben ... [...Radius]: R
    
```

```

BOGEN   Radius für Bogen angeben: 100
Befehl1:  _line   von Mitte Dachkante bis Mitte Bogen LINIE   Ersten
Punkt angeben: Mitte Dachkante
LINIE    Nächsten Punkt angeben ... [...]: Mitte Bogen
LINIE    Nächsten Punkt angeben ... [...]: 
    
```

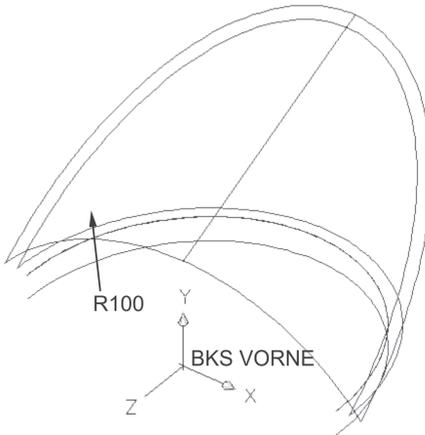


Abb. 14.28: Hilfskonstruktionen für Dach

Gehen Sie ins Weltkoordinatensystem zurück und spiegeln Sie alles außer dem R100. Wechseln Sie dann zu dem orthogonalen BKS RECHTS und zeichnen Sie mit ABRUNDEN den Radius R50 ein. Den unter ca. 60° schräg stehenden Kreisbogen können Sie erstellen, nachdem Sie ein BKS nach der Methode 3 PUNKTE erstellt haben.

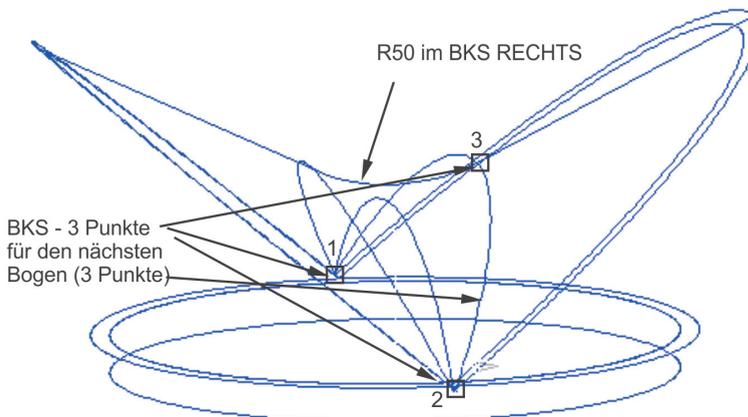


Abb. 14.29: Abmessungen

```

Befehl: BKS      BKS zurücksetzen auf Welt zum Spiegeln
Aktueller BKS-Name: *LINKS*
BKS      Ursprung des neuen BKS angeben oder [...] <Welt>: Enter
Befehl: _mirror
SPIEGELN  Objekte wählen: Alles außer R100 wählen
SPIEGELN  Objekte wählen: Enter
SPIEGELN  Ersten Punkt der Spiegelachse angeben: Startpunkt des R100-Bogens
SPIEGELN  Zweiten Punkt der Spiegelachse angeben: Endpunkt des R100-Bogens
SPIEGELN  Quellobjekte löschen? [Ja Nein] <N>: Enter
Befehl: BKS      BKS RECHTS. Um zwischen beiden Linien abzurunden
Aktueller BKS-Name: *WELT*
BKS      Ursprung des neuen BKS angeben oder [...bENannt ...] <Welt>: EN
BKS      Option eingeben [HOLen SPEichern Löschen ?]: RECHTS
Befehl: _fillet      Linien mit R=50 abrunden
Aktuelle Einstellungen: Modus = STUTZEN, Radius = 0.0000
ABRUNDEN  Erstes Objekt wählen ... [...Radius ...]: R ABRUNDEN      Run-
dungradius angeben <0.0000>: 50
ABRUNDEN  Erstes Objekt wählen ... [...]: erste Linie anklicken
ABRUNDEN  Zweites Objekt wählen...: zweite Linie anklicken
Befehl: BKS      BKS mit 3 Punkten durch die Endpunkte des 100er-Bogens und der
50er-Abrundung legen
Aktueller BKS-Name: *VORNE*
BKS      Ursprung des neuen BKS angeben oder [FLäche bENannt Objekt VORher
ANSicht Welt X Y Z Achse] <Welt>: 3
BKS      Neuen Ursprung angeben <0,0,0>: Endpunkt des 100er-Bogens
BKS      Punkt auf der positiven X-Achse angeben: anderen Endpunkt des 100er-
Bogens
BKS      Punkt mit positiven Y-Wert in der XY-Ebene des BKS angeben: Endpunkt
der 50er-Abrundung
Befehl: _arc      Bogen durch diese 3 Punkte legen
BOGEN     Startpunkt für Bogen angeben oder [...]: Endpunkt des 100er-Bogens
BOGEN     Zweiten Punkt für Bogen angeben oder [...]: Endpunkt der 50er-Abrun-
dung
BOGEN     Endpunkt für Bogen angeben: anderen Endpunkt des 100er-Bogens
Befehl: BKS      BKS Welt zum Spiegeln einstellen
Aktueller BKS-Name: *KEIN NAME*
BKS      Ursprung des neuen BKS angeben oder [...] <Welt>: Enter
Befehl: _mirror      den letzten Bogen spiegeln
SPIEGELN  Objekte wählen: letzten Bogen wählen
SPIEGELN  Objekte wählen: Enter
SPIEGELN  Ersten Punkt der Spiegelachse angeben: Endpunkt des 100er-Bogens
SPIEGELN  Zweiten Punkt der Spiegelachse angeben: anderen Endpunkt des
100er-Bogens
SPIEGELN  Quellobjekte löschen? [Ja Nein] <N>: Enter

```

Sie können nun alle Flächen mit FLÄCHE|ERSTELLEN|ANHEBEN erzeugen. Beginnen Sie mit der Dachfläche. Für diese Funktion wählen Sie die vier Querschnittskurven (siehe Abbildung 14.30) und lassen dann eine Fläche mit glatter Oberfläche erstellen. Weitere Eingaben sind nicht nötig. Wenn Sie die Querschnittskurven eventuell behalten wollen, müssen Sie das automatische Löschen von Kurven, die zur Erzeugung von Volumenkörpern oder Flächen dienen, abschalten. Das geschieht durch Eingabe des Wertes **0** für die Systemvariable DELOBJ.



```
Befehl: DELOBJ      automatisches Löschen der für die Flächenerzeugung verwendeten Profilkurven verhindern
Neuen Wert für DELOBJ eingeben <1>: 0
Befehl: _loft
Aktuelle Drahtmodelldicke: ISOLINES=4, Erstellungsmodus für geschlossene Profile =Volumenkörper
ANHEBEN    Querschnitte in Reihenfolge der Erhebung wählen oder [Punkt mehrere kurven VERbinden M0dus]: _MO Erstellungsmodus für geschlossene Profile [Volumenkörper Fläche] <Volumenkörper>: _SO
ANHEBEN    Querschnitte in Reihenfolge der Erhebung wählen oder [Punkt mehrere kurven VERbinden M0dus]: Dachkanten und Bögen in der richtigen Reihenfolge für das Dach wählen
ANHEBEN    Querschnitte in Reihenfolge der Erhebung wählen oder [Punkt mehrere kurven VERbinden M0dus]: 
ANHEBEN    Option eingeben [Führungen Pfad nur Querschnitte Einstellungen] <nur Querschnitte>: 
```

Auch die anderen Flächen der Sporthalle können mit ANHEBEN erstellt werden. Wählen Sie für die nächste Fläche auf einer Seite dann zuerst den unteren inneren Ellipsenbogen, dann den darüber liegenden, dann den äußeren versetzten, dann am Dach den inneren Ellipsenbogen und dann am Dach wieder den äußeren versetzten. Nun sollen diese vier Flächenteile aber nicht wie beim Dach glatt ineinander übergehen, sondern mit Knick. Dazu benutzen Sie nach der Auswahl die Option EINSTELLUNGEN und ändern im Dialogfenster von GLATT ANPASSEN auf GEREGELT. Damit erhalten Sie Übergänge zwischen den Teilflächen, als wären es einzelne Regelflächen (wie bei Befehl REGELOB).

Das Flächenmodell hat den Vorteil, dass Sie eine schattierte Darstellung erzeugen oder verdeckte Kanten ausblenden können. Verdeckte Kanten können Sie mit dem Befehl VERDECKT ausblenden. Sie finden diesen Befehl unter START|ANSICHT in der Dropdown-Liste für VISUELLE STILE.

Zusätzlich können Sie mit dem MATERIALIEN-BROWSER noch den einzelnen Flächen Oberflächenmaterialien zuordnen, im Register VISUALISIEREN in den Grup-

pen LICHTER und SONNE UND STANDORT den Schattenwurf aktivieren, die Sonne einschalten und die Uhrzeit für den Sonnenstand einstellen.

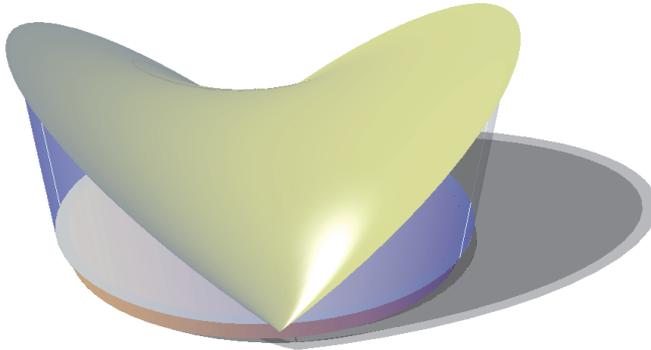


Abb. 14.30: Darstellung mit Materialien, Sonnenlicht und Bodenschatten

## 14.5 Modellieren mit Netzen

Seit Version 2010 gibt es die Möglichkeit, mithilfe von Netzkörpern freie Oberflächen zu modellieren. Die Netzkörper bestehen aus mehreren Netzmaschen, die geglättet und manipuliert werden können. Wenn einzelne Netzknoten, -kanten oder -maschen beispielsweise verschoben werden, dann wirkt sich diese Verformung auf den gesamten Netzkörper aus, wobei natürlich der Einfluss der Modifikation mit der Entfernung abnimmt.

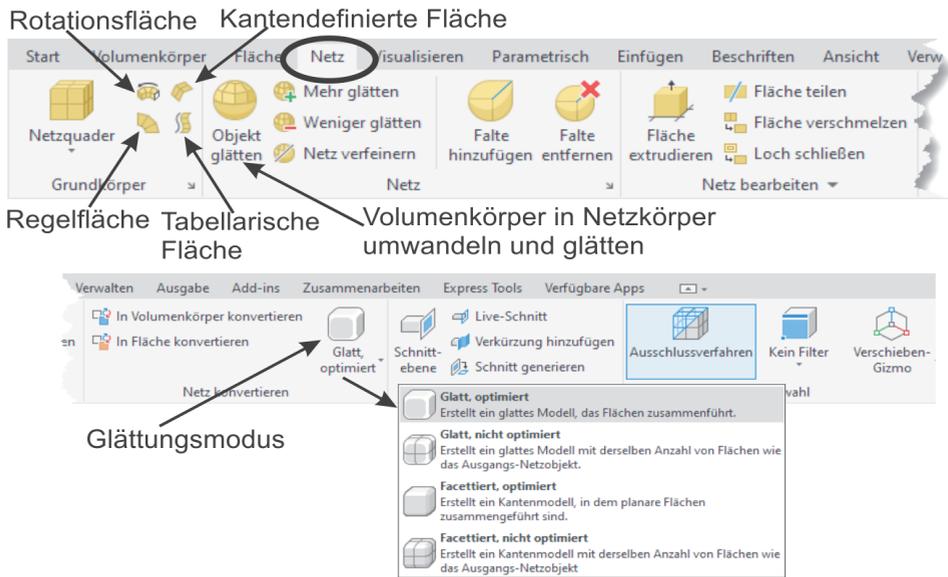


Abb. 14.31: Register NETZ

Diese Art der Modellierung geglätteter Oberflächen bezeichnet man auch als Freiformmodellierung. Neben der Modellierbarkeit gibt es auch noch die Möglichkeit, einzelne Teilobjekte wie Knoten, Kanten oder Flächen aus dieser Deformation auszuschließen, indem man sie sozusagen versteift.

Die Funktionen für die Freiformmodellierung sind im Register NETZ zusammengefasst. In der ersten Gruppe GRUNDKÖRPER finden sich alle Grundobjekte, die modellierbar sind. Da sind einerseits dieselben Objekte wie bei den Volumenkörpern im Register START unter MODELLIEREN zu finden: NETZQUADER, NETZKEGEL, NETZZYLINDER, NETZPYRAMIDE, NETZKUGEL, NETZKEIL und NETZTORUS. Daneben gibt es auch modellierbare Flächen: Rotationsfläche ROTOB, kantendefinierte Fläche KANTOB, Regeloberfläche REGELOB und tabellarische Fläche TABOB. Mit dem Werkzeug  $\sphericalangle$  erreichen Sie die OPTIONEN FÜR NETZ-GRUNDKÖRPER (ABBILDUNG 14.32). Hier wird definiert, mit wie vielen Netzmaschen die Netzkörper erstellt werden sollen. Damit wird auch vorbestimmt, wie sehr sich der Körper später beim Modellieren deformieren lässt. Auch der Glättungsgrad kann bei der Vordersicht eingestellt und beurteilt werden. Die Vorgabe ist null, also ungeglättet, und so werden die Netzkörper auch zuerst eingefügt.

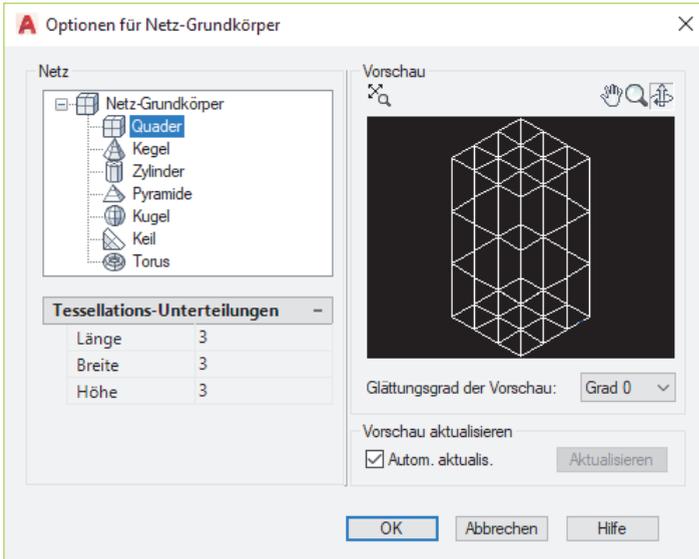


Abb. 14.32: Einstellungen für Netzkörper

### Register NETZ Gruppe GRUNDKÖRPER

Sie enthält die Werkzeuge zum Erstellen von Netzkörpern. Die Netzkörper können im Unterschied zu den Volumenkörpern mit geglätteten Oberflächen frei modelliert werden. Dadurch können moderne Freiform-Modelle erzeugt werden. In der Gruppe sind auch die vier Flächen ROTOB, KANTOB, REGLOB und TABOB enthalten.

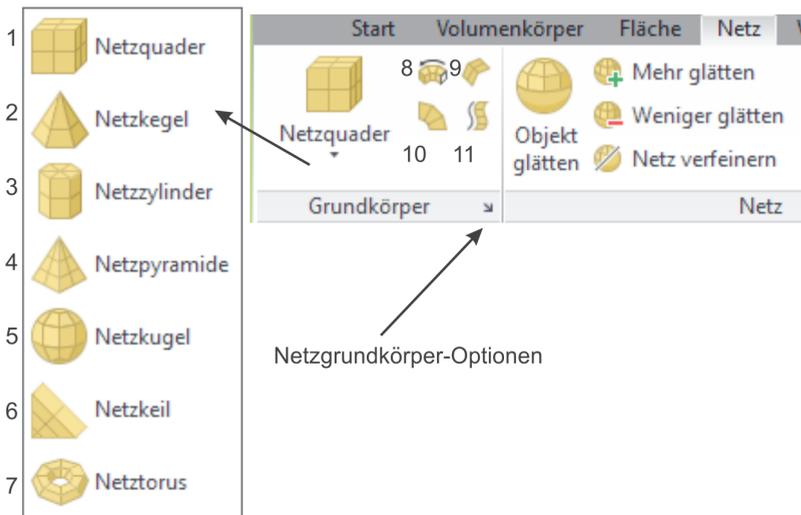


Abb. 14.33: Gruppe GRUNDKÖRPER

1. NETZQUADER – Der Grundkörper wird entweder über zwei räumlich diagonale Punkte oder zwei in der Ebene diagonale Punkte zuzüglich z-Höhe erzeugt.
2. NETZKEGEL – Der Netzkegel wird über Zentrum und Radius für die Grundfläche sowie die Höhe in Z-Richtung erstellt. Es kann ein oberer Radius für einen Kegelmantel angegeben werden. Ein liegender Kegel entsteht mit der Option ACHSENENDPUNKT.
3. NETZZYLINDER – Den Netzzylinder über ZENTRUM, RADIUS und HÖHE in z-Richtung erstellen. Auch ein liegender Zylinder ist mit der Option ACHSENENDPUNKT über den zweiten Endpunkt beliebig auszurichten.
4. NETZPYRAMIDE – Ein pyramidenförmiger Körper basierend auf polygonaler Grundfläche ähnlich POLYGON wird erzeugt.
5. NETZKUGEL – Die Kugel wird über ZENTRUM und RADIUS erzeugt.
6. NETZKEIL – Der Grundkörper Keil entsteht mit rechteckiger Grundfläche und Höhe am ersten Eckpunkt. Die Dreiecksfläche liegt immer in der xz-Ebene.
7. NETZTORUS – Der Grundkörper Torus in Form eines Schwimmreifens wird über ZENTRUM, großen RADIUS der Rohrmitte und kleinen Rohrradius erstellt.
8. ROTOB – Durch Rotation eines Profils um eine Achse wird eine Rotationsfläche erzeugt.
9. KANTOB – Die kantendefinierte Fläche entsteht durch glatte Interpolation zwischen vier Randkurven.
10. REGELOB – Die Regelfläche wird durch geradlinige Verbindung zweier beliebig geformter Kurven generiert.
11. TABOB – Die tabellarische Fläche entsteht über eine Art Extrusion eines Profils.

### Register NETZ Gruppe NETZ

In der Gruppe NETZ liegen verschiedene Werkzeuge zum Glätten und Versteifen:

- OBJEKT GLÄTTEN – kann Volumenkörper in Netzkörper umwandeln und gleichzeitig glätten.
- MEHR GLÄTTEN/WENIGER GLÄTTEN – erhöht oder verringert den Glättungsgrad.
- NETZ VERFEINERN – erhöht die Netzmaschen in jeder Richtung. Die Funktion ist aber erst ab Glättungsgrad 1 sinnvoll. Hierbei können Sie die Unterobjektauswahl aus der Gruppe AUSWAHL auch auf FLÄCHE schalten, um nur einzelne Flächen zu verfeinern.
- FALTE HINZUFÜGEN/FALTE ENTFERNEN – dient zum *Versteifen* von Flächen oder Kanten, die dann entweder nicht geglättet werden können oder schwächer geglättet werden (Abbildung 14.34). Ein hoher Faltwert bedeutet hohe Steifigkeit.
- Unter  $\sphericalangle$  finden Sie die NETZ-TESSELLATIONSOPTIONEN, mit denen Sie die Feinheiten für die Netz-Verfeinerung einstellen können. Insbesondere können Sie hier auch festlegen, ob Sie Dreiecks- oder Vierecksfacetten vorschreiben oder optimiert die Flächen unterteilen lassen.

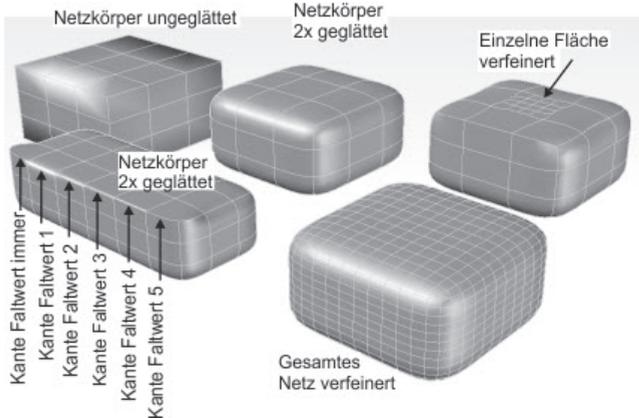


Abb. 14.34: Netze mit Glättung, Verfeinerung und verschiedenen Faltwerten

### Register NETZ Gruppe NETZ BEARBEITEN

Die Gruppe NETZ BEARBEITEN enthält mehrere Funktionen zur Bearbeitung von *Einzelflächen* des Netzkörpers:

- **FLÄCHE EXTRUDIEREN** – ermöglicht es, einzelne Netzflächen zu extrudieren. Nicht gewählte Nachbarflächen werden nur wenig an den Rändern deformiert, wie es dem Glättungsgrad des Gesamtkörpers entspricht. Die mitgewählten Flächen können einzeln extrudiert werden oder im Verbund (Abbildung 14.35). Wenn Sie dagegen mit dem **VERSCHIEBEN-GIZMO** aus der Gruppe **AUSWAHL** dieselben drei Flächen verschieben, ergibt sich eine globale Verformung des Volumenkörpers.

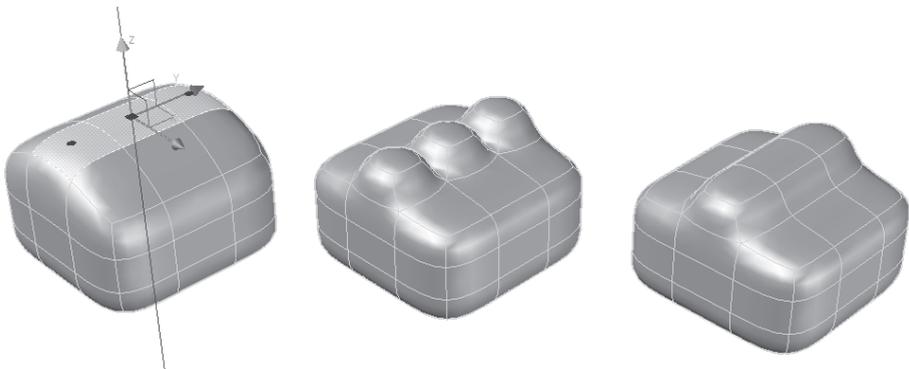
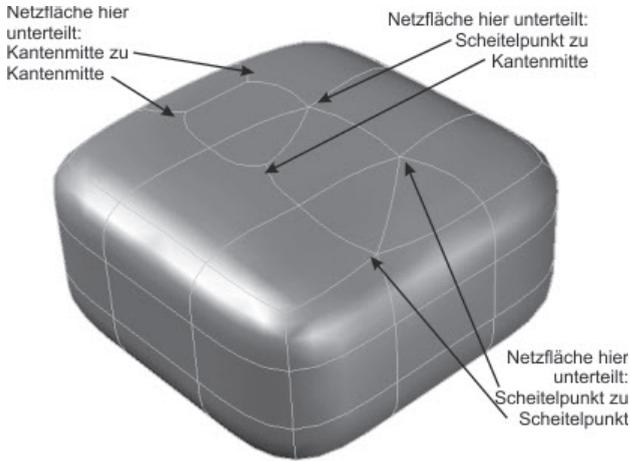


Abb. 14.35: Dieselben drei Netzflächen mit Gizmo verschoben (links), extrudiert ohne (Mitte) und mit Verbindung (rechts)

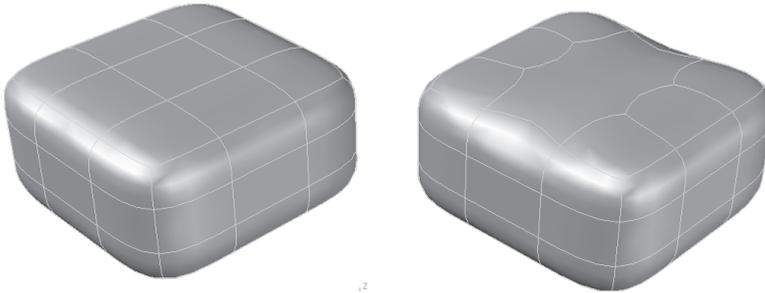
- **FLÄCHE TEILEN** – dient zur Unterteilung einer Netzfläche über eine Trennlinie, die Sie selbst einfügen können. Die Trennung kann von Kante zu Kante gehen

oder von Scheitelpunkt zu Scheitelpunkt (sprich: Eckpunkt der Teilfläche) und auch gemischt. Dadurch können Sie die Flexibilität der Fläche für Glättungen erhöhen.



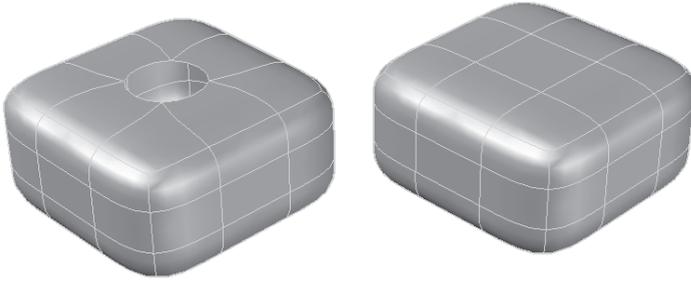
**Abb. 14.36:** Quader geglättet, oben Flächen unterschiedlich geteilt

- **FLÄCHE VERSCHMELZEN** – macht aus mehreren gewählten Flächen eine Gesamtfläche.



**Abb. 14.37:** Drei Netzflächen zu einer verschmolzen

- **LOCH SCHLIEßEN** – Wenn in einem Netz ein Loch entstanden ist, wie im Beispiel (Abbildung 14.38) durch LÖSCHEN einer Fläche, kann es mit LOCH SCHLIEßEN und nach Wahl der Randkurven wieder geschlossen werden.



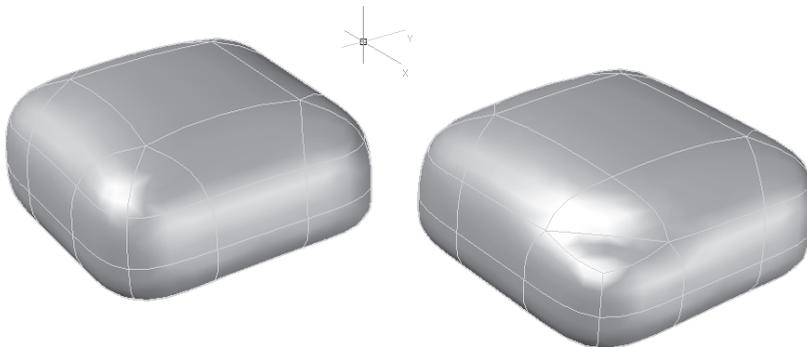
**Abb. 14.38:** Loch in Netzfläche (durch LÖSCHEN entstanden) mit LOCH SCHLIEßEN repariert

- **FLÄCHE/KANTE KOMPRIMIEREN** (unter ▼) – Mit dieser Funktion können Flächen oder einzelne Kanten aus Ausdehnung null zusammengezogen werden. Benachbarte Flächen werden teilweise dadurch zu Dreiecksflächen.



**Abb. 14.39:** Mittlere Fläche komprimiert (links), vier Eckflächen komprimiert (rechts)

- **DREIECKSFLÄCHE DREHEN** (unter ▼) – Bei benachbarten Dreiecksflächen gibt es die Möglichkeit, die Ausrichtung der Dreiecke umzukehren. Das verändert natürlich auch etwas die Oberflächenglättung.



**Abb. 14.40:** Dreiecksflächen an der vorderen Ecke gedreht

## Register NETZ Gruppe NETZ KONVERTIEREN

In der Gruppe NETZ KONVERTIEREN finden Sie zwei Funktionen zur Umwandlung von Netzkörpern und Netzflächen in normale Volumenkörper und Flächen. Dies ist dann sinnvoll, wenn danach Volumenkörperfunktionen angewendet werden sollen. Als weitere Option ist hier der Glättungsmodus wählbar. Meist wird man die beste Glättung GLÄTTEN OPTIMIERT wählen.

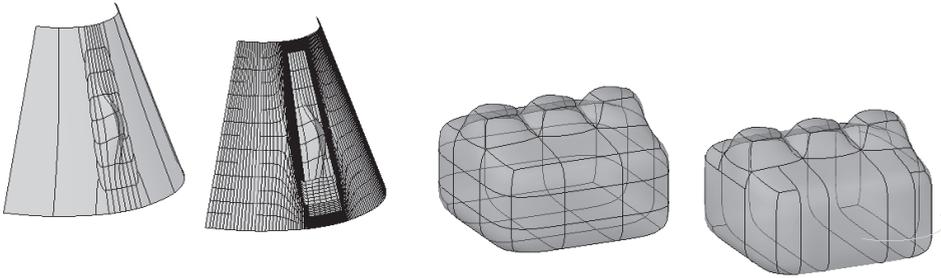


Abb. 14.41: Netzflächen und -körper (jeweils links) in Flächen bzw. Volumenkörper konvertiert

## Register NETZ Gruppe AUSWAHL

Die letzte Gruppe AUSWAHL steuert die Aktionen, die Sie zum Modellieren verwenden können. Hier finden Sie links Filteroptionen. Damit legen Sie fest, welche Unterobjekte der Netzkörper Sie modifizieren möchten. Die Wahl besteht zwischen KEIN FILTER, SCHEITELPUNKT, KANTE und FLÄCHE. Eine weitere Filteroption, VOLUMENKÖRPERENTWICKLUNG, ermöglicht die Wahl von Teilobjekten eines komplexen Volumenkörpers, der durch boolesche Operationen aus mehreren anderen zusammengesetzt wurde.

Die GIZMOS sind Hilfsfunktionen, über die Sie die Modellierfunktionen auf bestimmte Aktionen, nämlich VERSCHIEBEN, DREHEN und SKALIEREN, schalten können. Die Funktionen werden dann durch Anklicken der als Unterobjekt voreingestellten Flächen, Kanten oder Scheitelpunkte ausgeführt. Dabei erscheint auch stets ein Achsenkreuz-Symbol, mit dem Sie durch Markieren einzelner Achsen die Bewegung kontrolliert beispielsweise nur auf eine Achsenrichtung beschränken können. Es ist auch möglich, durch Markieren einer Ebene im Achsenkreuz die Bewegung auf eine Ebene zu beschränken. Beim DREHEN-GIZMO wählen Sie die Drehachse. Beim SKALIEREN-GIZMO können Sie eine Achsenrichtung zur Skalierung, eine Ebene oder auch das Zentrum wählen.

Im Beispiel (Abbildung 14.42) wurde die AUSWAHL auf FLÄCHE geschaltet und das GIZMO auf SKALIEREN. Nach Anklicken der Fläche erscheint das Achsensymbol in der Flächenmitte. Dort können Sie noch die Skalierungsrichtung auswählen. Hier wurde keine bestimmte Achse, sondern die Fläche zwischen x- und y-Achse markiert, um eine gleichmäßige Skalierung in der xy-Ebene zu erhalten. Der Abstand zwischen Achsenkreuz und Fadenkreuz steuert den Skalierfaktor.

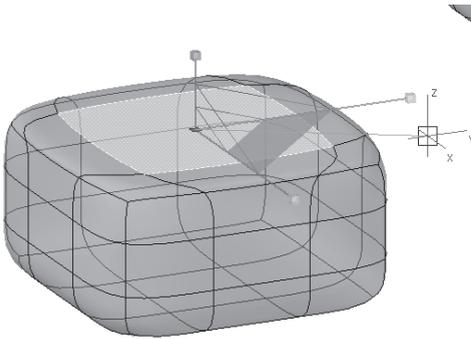


Abb. 14.42: SKALIEREN-GIZMO in der xy-Ebene in Aktion

Im Beispiel wurde die AUSWAHL auf FLÄCHE geschaltet und das GIZMO auf SKALIEREN. Nach Anklicken der Fläche erscheint das Achsensymbol in der Flächenmitte. Dort können Sie noch die Skalierungsrichtung auswählen. Hier wurde keine bestimmte Achse, sondern die Fläche zwischen x- und y-Achse markiert, um eine gleichmäßige Skalierung in der xy-Ebene zu erhalten. Der Abstand zwischen Achsenkreuz und Fadenkreuz steuert den Skalierfaktor.

## 14.6 3D-Darstellung

### 14.6.1 Visuelle Stile

Die visuellen Stile beeinflussen die Darstellung und Schattierung von Oberflächen, Schattenwurf, Art der Kantendarstellung und Färbung der Flächen. Sie können die Einstellungen an verschiedenen Stellen vornehmen. Im Register START|ANSICHT und in VISUALISIEREN|VISUELLE STILE finden Sie viele nützliche Stile. Mit REGEN3 können Sie bei Darstellungsproblemen die Visualisierung neu berechnen lassen.

#### Register VISUALISIEREN Gruppen VISUELLE STILE, LICHTER und MATERIALIEN

Hiermit können Sie die Darstellung der Volumenkörper-Oberflächen, der Schattierung und der Materialien bestimmen. Man bezeichnet diese Darstellungseigenschaften auch als »Visuelle Stile«. Auch können Sie hier die Flächenkanten zur besseren Darstellung ausblenden oder Isolinien oder Facetten der Flächen aktivieren.



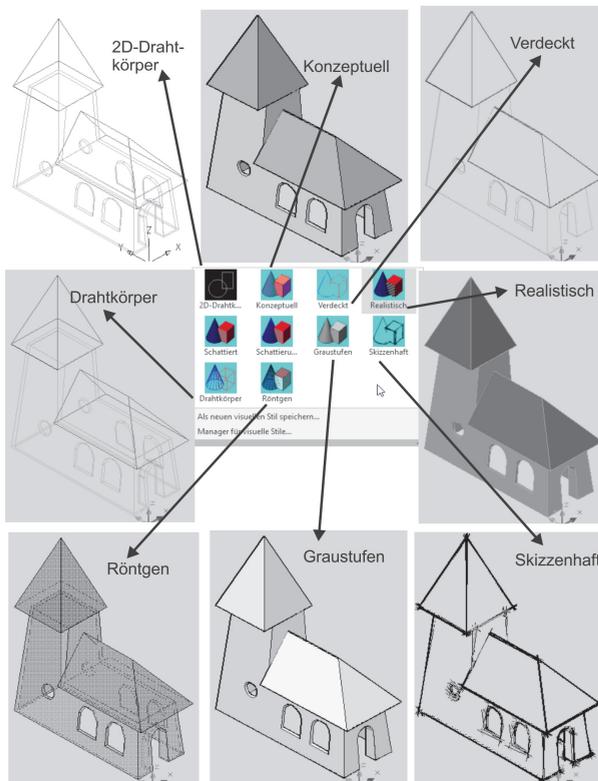
Abb. 14.43: Multifunktionsleiste VISUALISIEREN

## Kapitel 14

### 3D-Modellierung und Visualisierung (nicht LT)

1. RÖNTGEN-MODUS – Oberflächen werden schattiert, bleiben aber trotzdem teilweise durchsichtig, um die Kanten anzuzeigen.
2. FLÄCHENFARBEN – stellt die Intensität der Färbung der Flächen ein: Normal / Monochrom / Färbung / Sättigung verringern.
3. FLÄCHENSTIL – Kein / Realistischer / Warm-Kalt-Flächenstil
4. SCHATTENWURF – Keine Schatten / Schatten auf Grundebene / Vollständige Schatten – Der Modus SCHATTEN AUF GRUNDEBENE zeigt im Zeichenfenster den Schattenwurf auf die Ebene mit  $z=0$  an; damit VOLLSTÄNDIGER SCHATTEN wirkt, sollten Sie eine Grundebene zur Darstellung des Schattens zeichnen.
5. MATERIAL- UND TEXTURDARSTELLUNG – Hier können Sie Materialien und/oder Texturen für die Oberflächen ein- und ausschalten.

Über zahlreiche Optionen im MANAGER FÜR VISUELLE STILE können noch die Art der Kanten, die Kanten-Präzision oder ein Entwurstil mit Kantenzufallswert eingestellt werden. Die verschiedenen Möglichkeiten zeigt Abbildung 14.44. Mit dem MANAGER FÜR VISUELLE STILE können Sie sich neben den gezeigten Stilen mit dem Werkzeug mit Sternchen noch weitere neue einstellen.



**Abb. 14.44:** Vordefinierte visuelle Stile aus der Multifunktionsleisten-Gruppe VISUELLE STILE

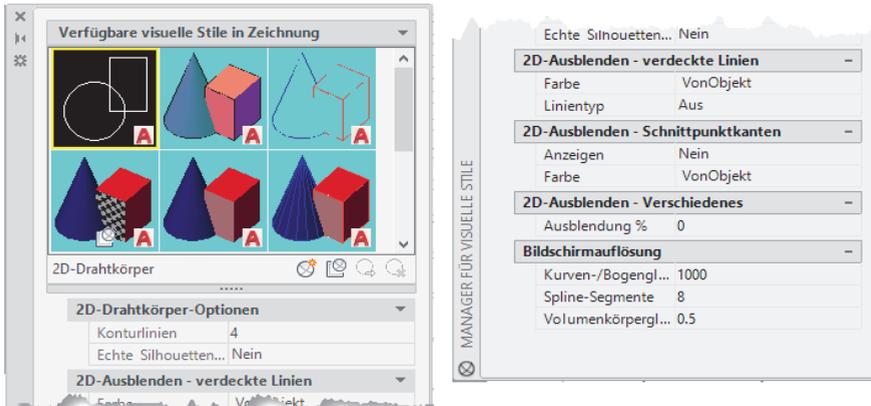


Abb. 14.45: Stil-Änderungen mit dem MANAGER FÜR VISUELLE STILE

Es sei noch angemerkt, dass auch einige Systemvariablen nützlich für die Darstellungssteuerung sind:

- DISPSILH – steuert die Darstellung von Sichtkanten für gewölbte Oberflächen und sollte auf **1** gesetzt sein.
- ISOLINES – gibt die Anzahl der Isolinien in gewölbten Oberflächen an (Vorgabe 4).
- FACETRES – steuert die Anzahl der Facetten, die intern zur Oberflächendarstellung verwendet werden. Der Vorgabewert ist 0.5. Die feinste Facettierung wird mit dem Wert **10** erreicht, die größte mit **0.01**.

## Kapitel 14

### 3D-Modellierung und Visualisierung (nicht LT)

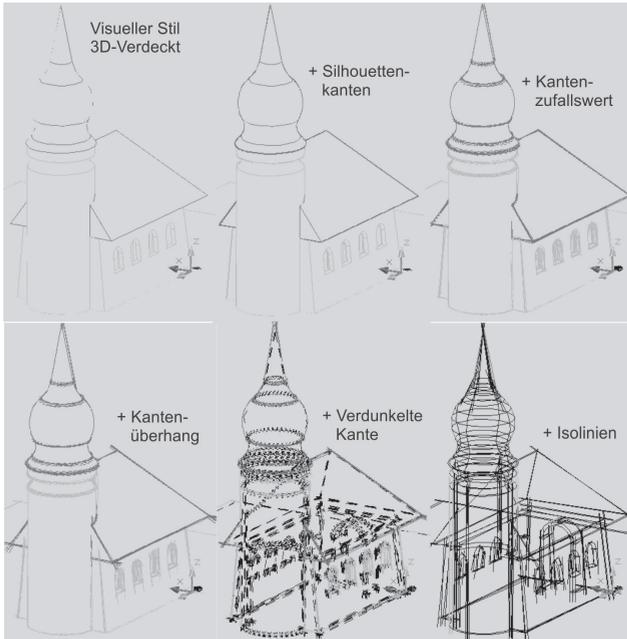


Abb. 14.46: Visueller Stil VERDECKT mit verschiedenen Kantendarstellungen

## 14.6.2 Rendern mit Materialien und Beleuchtung

### Register VISUALISIEREN Gruppe MATERIALIEN

Diese Funktionen dienen zum Verwalten der Oberflächen-Texturen und Materialien. Außerdem wird die Art der Materialzuordnung zum Volumenkörper hier bestimmt.

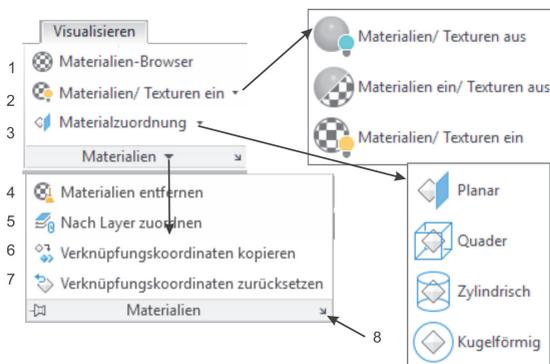


Abb. 14.47: Multifunktionsleisten-Gruppe MATERIALIEN

1. MATERIALIEN-BROWSER – startet den MATERIALIEN-BROWSER, aus dem Sie zahlreiche Materialien Ihren Flächen und Volumenkörpern zuordnen können.
2. MATERIALIEN/TEXTUREN EIN – Hier können Sie Materialien und/oder Texturen für die Oberflächen ein- und ausschalten.
3. MATERIALZUORDNUNG (auf Oberflächen): PLANAR, QUADERFÖRMIG, ZYLINDRISCH, KUGELFÖRMIG – Wählen Sie das sogenannte Materialmapping nach dem Grundtyp des Volumenkörpers.
4. MATERIALIEN ENTFERNEN – entfernt Materialien von gewählten Objekten.
5. NACH LAYER ANHÄNGEN – allen Objekten auf einem Layer das gleiche Material zuordnen.
6. VERKNÜPFUNGSKOORDINATEN KOPIEREN – Zuordnungskordinaten von einem Objekt auf ein anderes kopieren.
7. VERKNÜPFUNGSKOORDINATEN ZURÜCKSETZEN – Zuordnungskordinaten zurücksetzen.
8. MATERIALIEN  – startet den Materialeditor zur Erstellung eigener Materialien.

Sie können auch eine dynamische Simulation mit Sonnenstand und Schattenwurf vornehmen. Ordnen Sie dafür den Objekten zunächst Materialien zu. Da die Ziegelstein-Materialien beim Muster MAUERWERK-ZIEGEL (BLOCKVERBAND) auf  $8,5\text{ cm} \times 2,5\text{ cm}$  skaliert sind und auch mit den *Zeichnungs-Einheiten* skaliert werden, sollten Sie spätestens jetzt die korrekten Zeichnungseinheiten, nämlich Meter, einstellen (|ZEICHNUNGSPROGRAMME|EINHEITEN).

Zum Auswählen eines Materials rufen Sie den MATERIALIEN-BROWSER unter VISUALISIEREN|MATERIALIEN|MATERIALIEN-BROWSER auf. Wählen Sie ein Material aus und klicken Sie dann den oder die Volumenkörper an, um das Material zuzuordnen.

Wenn Sie eine Ziegelwand etwas gröber darstellen wollen, müssten Sie das Material in jeder Richtung noch mit einem Faktor multiplizieren. Man kann auf der Gruppe VISUALISIEREN|MATERIALIEN|MATERIALZUORDNUNG dazu beispielsweise QUADERFÖRMIG aufrufen. Dann erscheint die in Abbildung 14.48 gezeigte Mapping-Box, über deren Größe ein Material in allen Richtungen variiert werden kann. Wenn nötig, können Sie diese Box auch drehen.

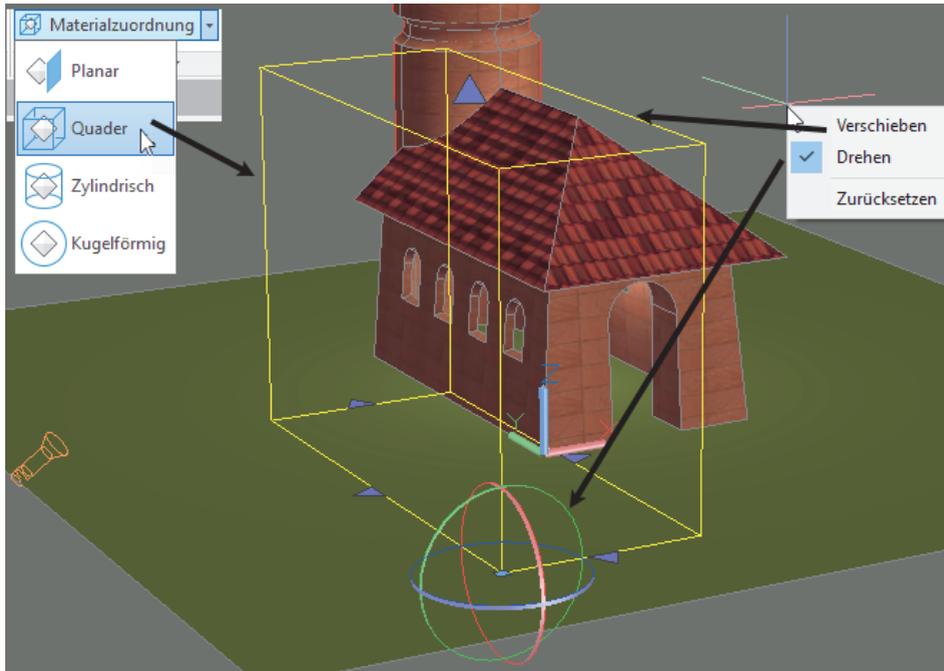
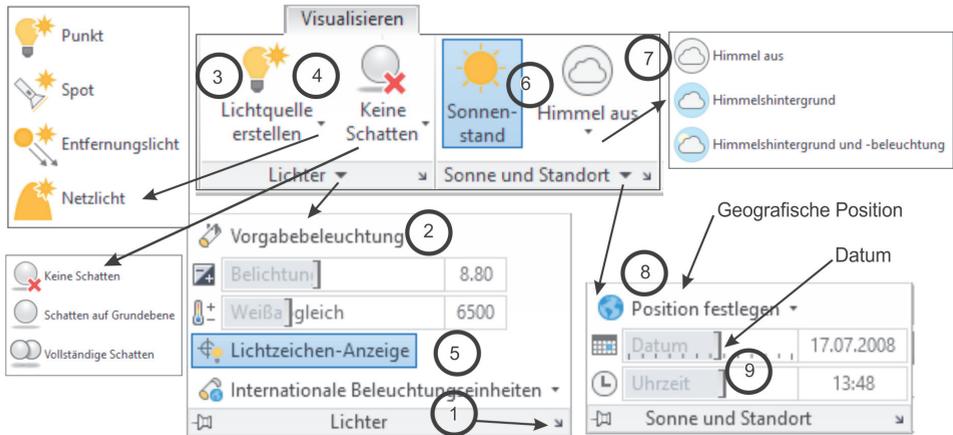


Abb. 14.48: Anpassen eines Ziegelmaterials

### Register VISUALISIEREN Gruppen LICHTER und SONNE und STANDORT

Hiermit können Sie die Beleuchtung der Volumenkörper, insbesondere auch den Sonnenstand und sogar den Sonnenlauf mit Schattensimulation direkt steuern.

1. LICHTER  $\supset$  LICHTER IM MODELL – Liste aller bisher erstellten Lichtquellen
2. VORGABE-BELEUCHTUNG – Für realistische Lichtverhältnisse wird die VORGABE-BELEUCHTUNG *abgeschaltet* und durch Sonnenstand und Standortangaben eine natürliche Beleuchtung mit Schattenwurf ermöglicht.
3. LICHT ERSTELLEN – Sie erstellen hier eine *punktförmige Lichtquelle* wie z.B. eine Glühbirne mit PUNKT, einen *Scheinwerfer* mit SPOT, eine Lichtquelle mit *parallelen Strahlen* über ENTFERNT oder Lichtquellen mit *flächiger Ausdehnung* über NETZ.
4. Schatteneinstellungen – KEINE SCHATTEN zeigt keinen Schattenwurf an, SCHATTEN AUF GRUNDEBENE erzeugt bei aktiviertem Sonnenstand den Schattenwurf auf die Ebene mit  $z=0$ , VOLLSTÄNDIGER SCHATTEN berechnet den korrekten Schattenwurf für mehrere komplexe Volumenkörper untereinander.



**Abb. 14.49:** Multifunktionsleisten-Gruppen LICHTER und SONNE UND STANDORT

5. LICHTZEICHEN-ANZEIGE – ein/aus, macht alle Beleuchtungskörper durch Logos sichtbar.
6. SONNENSTAND – schaltet die Sonne ein und die Vorgabebeleuchtung aus.
7. Himmelsdarstellung – bietet noch Feinheiten zur Beleuchtung. Die Optionen sind nur bei perspektivischer Darstellung wählbar (PERSPEKTIVE über Kontextmenü des VIEWCUBE wählen): HIMMEL DEAKTIVIEREN zeigt keine Himmelsfärbung an, HIMMELSHINTERGRUND zeigt den Himmel farbig an, HIMMEL UND -BELEUCHTUNG bewirkt diffuse Beleuchtung durch den Himmelhintergrund.
8. POSITION FESTLEGEN – Geben Sie die geografische Position für die automatische Sonnenstandberechnung ein über: Karte eines Webdienstes (nach Anmeldung bei Autodesk ACCOUNT), direkte Eingabe der bekannten geografischen Koordinaten oder Google-Earth-Datei (\*.KML- oder \*.KMZ-Datei).
  - Bei der Option KARTE können Sie noch entscheiden, ob Sie die Online-Karte verwenden wollen oder nicht. Die Online-Karte setzt voraus, dass Sie bei AUTODESK ACCOUNT angemeldet sind. Beim ersten Mal werden Sie gefragt, ob Sie die *Live-Karteneinstellungen* verwenden wollen. Dann erscheint eine Weltkarte, auf der Sie sich an jeden beliebigen Ort zoomen können. Am oberen Rand kann auch eine Adresse für eine Suchfunktion eingegeben werden. Am richtigen Ort wählen Sie per Rechtsklick MARKIERUNG HIER ERSTELLEN und erhalten die Koordinaten Ihres Ortes. Dann müssen Sie sich noch entscheiden, welches geografische Referenzsystem Sie verwenden wollen. Damit die Kartenposition und Ihre Maße nachher exakt zusammenpassen, wählen Sie hier im deutschen Raum UTM84-32N (Nordhalbkugel zwischen 6° und 12° östlicher Länge) mit dem Erdellipsoid WGS84. Weiter geht es auf dem Bildschirm, wo Sie eine *Position* für diesen Ort wählen müssen, in der Regel ist das der Nullpunkt Ihrer Konstruktion, und eine *Nordrichtung* angeben müssen, normalerweise die y-Richtung.

## Kapitel 14

### 3D-Modellierung und Visualisierung (nicht LT)

- Für die direkte Koordinateneingabe ohne Web-Karte können Sie Ihre geographischen Koordinaten manuell als Breitengrad, Längengrad und Höhe eingeben. Weiter geht es wie oben mit der Wahl des Referenzsystems.

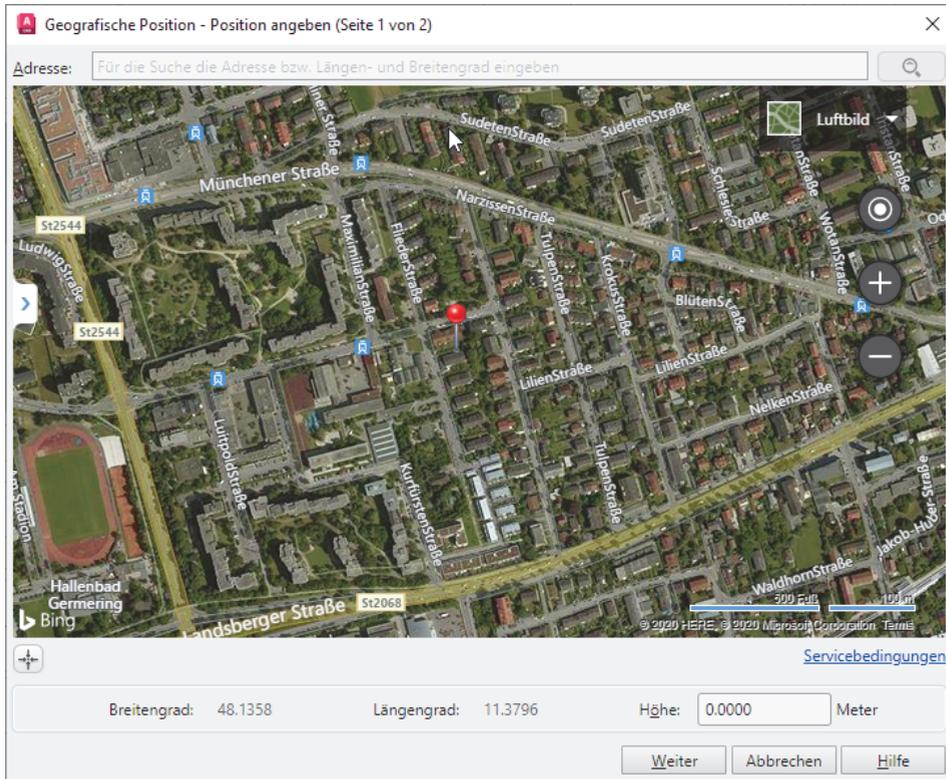


Abb. 14.50: Dialogfeld zur Georeferenzierung

9. Nun können Sie mit den Schieberegler Datum und Uhrzeit einstellen und damit Sonnenstand und Schattenwurf simulieren (Abbildung 14.51).

### Tipp

Wenn Sie keinen vollständigen Schattenwurf bekommen, müssen Sie ggf. die **HARDWAREBESCHLEUNIGUNG** in der Statusleiste einschalten . Über dessen Kontextmenü finden Sie auch einen Schalter für **VOLLSTÄNDIGE SCHATTENANZEIGE**. Wenn das nichts bringt, sollten Sie sich eine kompatible Grafikkarte beschaffen

## Tipp

Sie können nach der Georeferenzierung auch einen Landkartenausschnitt in der Zeichnung zum späteren Plotten speichern. Dazu wählen Sie im Register **GEOPOSITION** die Funktion **ONLINE-KARTE|BEREICH ERFASSEN**. Danach können Sie die restliche Kartendarstellung mit **GEOPOSITION|ONLINE-KARTE| KARTE AUS** deaktivieren.

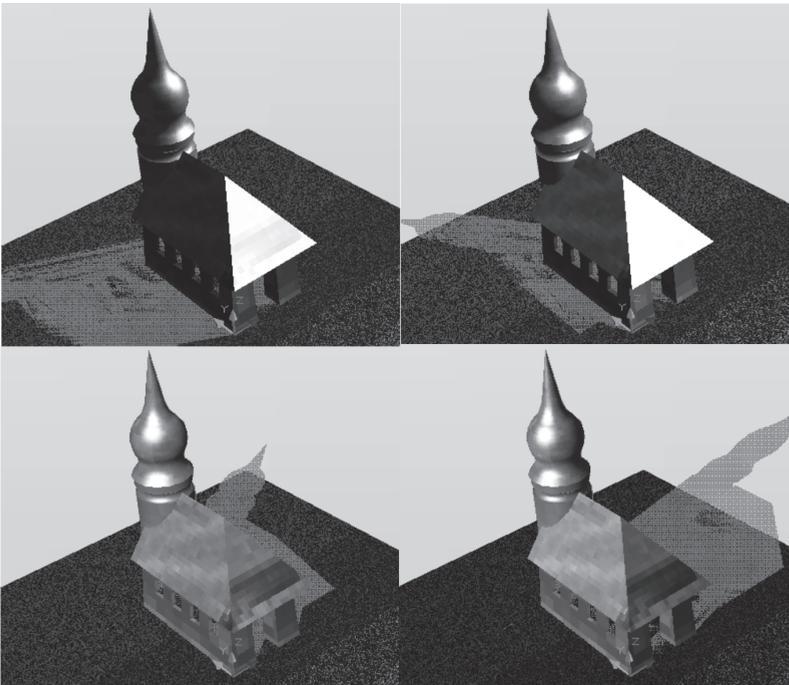


Abb. 14.51: Simulation von Sonnenstand und Schattenwurf

### 14.6.3 Render-Optimierung

Die vornehmste Darstellung von Volumenkörpern und/oder Flächen erreichen Sie unter AutoCAD in der Multifunktionsleisten-Gruppe **VISUALISIEREN|RENDER** (Abbildung 14.52). Unter *Rendern* versteht man eine Bildgenerierung für ein statisches fotorealistisches Bild, die Folgendes berücksichtigt:

- Lichtquellen
- Oberflächenmaterialien

- die aktuelle Ansicht
- ein Hintergrundbild
- ggf. Schnitte

Die Voraussetzungen dafür sind natürlich die Einstellungen für Schattierung, Beleuchtung und Material in den restlichen Gruppen des Registers VISUALISIEREN (Abbildung 14.52).

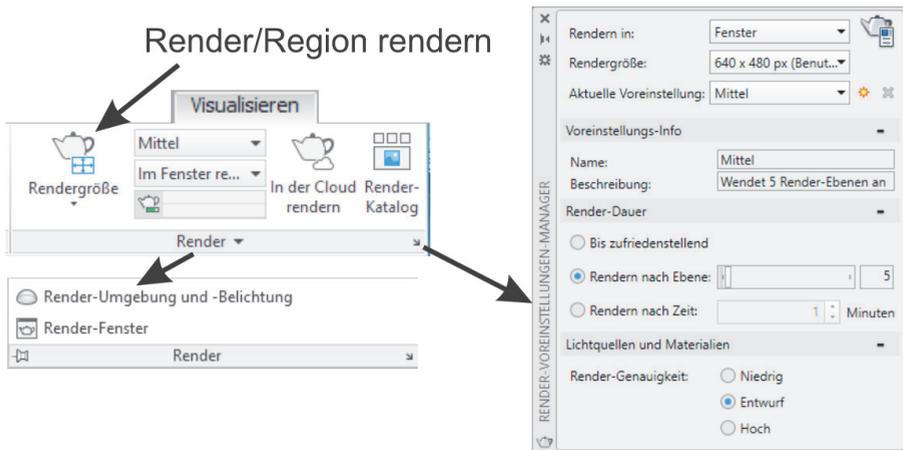


Abb. 14.52: Multifunktionsleisten-Gruppe VISUALISIEREN

## Lichtquellen

Zunächst sollten Sie die zu verwendenden Lichtquellen definieren und positionieren. Die wichtigste Lichtquelle, die Sonne, sollten Sie sowieso über die Multifunktionsleisten-Gruppe SONNE UND STANDORT schon eingeschaltet haben und auch die geografische Position schon festgelegt haben.

Es gibt nun vier verschiedene künstliche Lichtarten: PUNKT, SPOT, ENTFERNT und NETZ. Die Erstellung einer Lichtquelle findet über die Gruppe LICHT oder verschiedene WERKZEUGPALETTEN (**[Strg]+3**) mit vordefinierten Lichtquellen statt. Für die Lichtquellen werden Symbole in die Zeichnung gesetzt, damit Sie deren Position oder Richtung erkennen können. Mit den Werkzeugen fügen Sie die Lichtquellen einfach ein und ändern die Feinheiten am besten nachträglich nach Anklicken über die Eigenschaften. Auch mithilfe des Werkzeugs LICHTLISTE haben Sie schnellen Zugriff auf die Einstellungen aller Lichtquellen. Für jedes Licht können Sie die Farbzusammensetzung frei bestimmen.

Das PUNKT-Licht entspricht einer nackten Glühlampe, die eine punktförmige Lichtquelle darstellt und überallhin leuchtet. Sie wird über ihre Position definiert. Sie können über die Eigenschaften in der Kategorie LICHTABNAHME bei TYP noch wählen, wie stark die Intensität mit der Entfernung abnehmen soll. Physikalisch

korrekt ist eine invers quadratische Abnahme, aber der Wirklichkeit kommt in der Computergrafik eine invers lineare Abnahme meist näher, weil sie praktisch noch übrige Streulichter und Restlichter berücksichtigt.

Das SPOT-Licht stellt einen Scheinwerfer dar. Deshalb legt man für SPOT nicht nur eine Quellposition fest, sondern auch eine Zielposition: Damit wird angegeben, was ausgeleuchtet wird. Der Lichtkegel geht nicht abrupt in Dunkelheit über, sondern wird über zwei Winkel so gesteuert, dass ein kontinuierlicher Übergang stattfindet. Dazu definieren Sie über die Eigenschaften einen HOTSPOT-WINKEL für die maximale Helligkeit und einen etwas größeren Winkel für die minimale Helligkeit, genannt LICHTABNAHME-WINKEL. Auch hier können Sie wieder die Intensitätsabnahme mit der Entfernung wie beim Punktlicht steuern.

ENTFERNT ähnelt dem Sonnenlicht. Es kommt aus unendlicher Entfernung und sendet deshalb parallele Strahlen. Es gibt keine Position zu bestimmen, sondern nur eine Richtung über zwei Punkte.

NETZLICHT erlaubt die Erstellung einer Lichtquelle, für die eine Intensitätsverteilung als IES-Datei im EIGENSCHAFTEN-MANAGER geladen werden kann. Damit lassen sich Lichtquellen besonders realistisch darstellen.

## Materialien

Die *Oberflächenmaterialien* können Sie über VISUALISIEREN|MATERIALIEN|MATERIALIENBROWSER den Objekten durch Anklicken zuordnen. Mit dem Werkzeug MATERIALZUORDNUNG aus derselben Gruppe lassen sich auch die Materialien den Körper- oder Flächengeometrien anpassen.

## Register VISUALISIEREN Gruppe RENDER

Das Rendern findet normalerweise in einem eigenen Render-Fenster statt.

1. RENDER – startet die Berechnung der fotorealistischen Darstellung im Render-Fenster.
2. REGION RENDERN – rendert vom Zeichenbereich einen wählbaren rechteckigen Bereich.
3. ERWEITERTE RENDER-EINSTELLUNGEN – zeigt alle fürs Rendern verwendeten Einstellungen an.
4. RENDER-FENSTER – schaltet ins Render-Fenster um.
5. RENDER-UMGEBUNG UND BELICHTUNG ANPASSEN – Zur Hintergrundgestaltung können hier Bilder aktiviert werden sowie die Farbe der Hintergrundbeleuchtung. Im Verzeichnis C:\Windows\Web\Wallpaper finden Sie weitere Bilder. Besonders interessant ist die Einstellung IBL-BILD ALS HINTERGRUND VERWENDEN. Diese Option ist aber nur wählbar, wenn die *perspektivische* Ansicht aktiviert ist. Das geht z.B. im Kontextmenü des VIEWCUBE. IBL steht für Image Based Lightning, also »bildbasierte Beleuchtung«. Dabei kann ein Hintergrund-

## Kapitel 14

### 3D-Modellierung und Visualisierung (nicht LT)

bild mit passender Beleuchtung ausgewählt werden. In Abbildung 14.54 wurde der Hintergrund **Platz** gewählt. Über DREHUNG kann die komplette Ansicht geschwenkt werden.

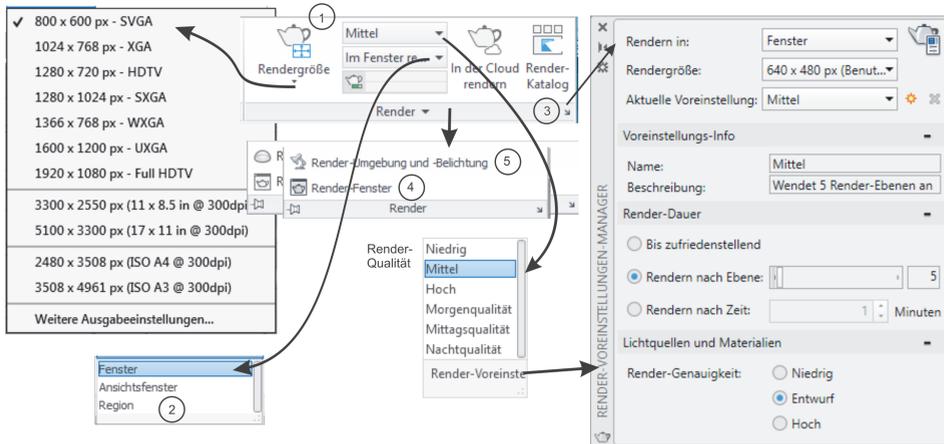


Abb. 14.53: Multifunktionsleiste-RIBBON RENDER

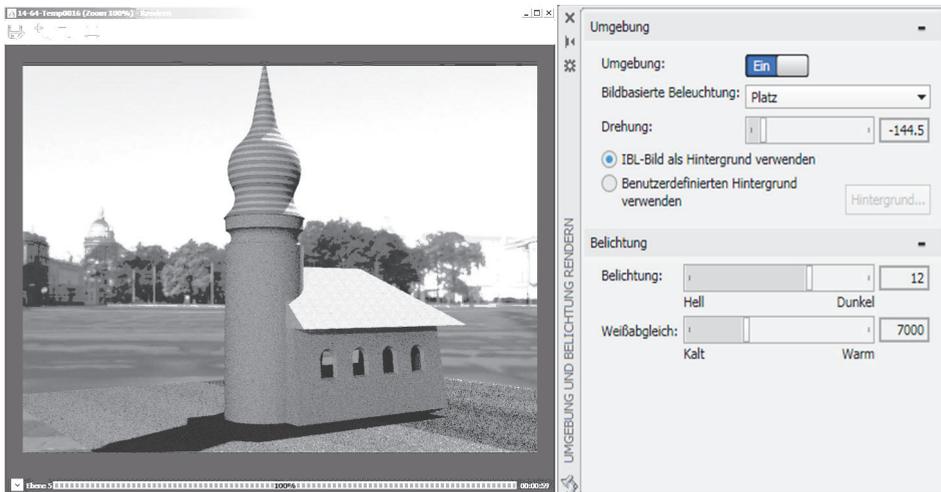


Abb. 14.54: Render-Bild mit Umgebungseinstellung BILDBASIERTE BELEUCHTUNG: PLATZ

Unter IN DER CLOUD RENDERN bietet sich eine Option zum Rendern in der Cloud an. Nach Abschluss der Berechnung erhalten Sie dann eine E-Mail.

### Ansicht mit Hintergrundbild

Ein normales Hintergrundbild lässt sich auch ohne Render-Bild in eine *Ansicht* integrieren. Stellen Sie dafür zunächst die zu rendernde Ansicht mit VIEWCUBE,

3DORBIT, ZOOM und PAN ein. Dann rufen Sie VISUALISIEREN|ANSICHTEN|ANSICHTS-MANAGER auf und definieren diese als neue Ansicht mit NEU. Geben Sie im Dialogfenster einen ANSICHTSNAMEN wie etwa **Realistisch** ein und ggf. eine ANSICHTSKATEGORIE wie **Rendern**. Unter UMGRENZUNG wählen Sie AKTUELLE ANZEIGE. Bei EINSTELLUNGEN sollte LAYERSCHNAPPSCHUSS MIT ANSICHT SPEICHERN aktiviert sein, damit die Layermodi mit der Ansicht erhalten bleiben. Wählen Sie dann den VISUELLEN STIL aus, meist wird es **Realistisch** sein. Im Bereich HINTERGRUND aktivieren Sie die Option BILD. Mit der Schaltfläche DURCHSUCHEN holen Sie sich ein passendes Hintergrundbild aus C:\Windows\Web\Wallpaper.

3D-Modellierung	Befehl
VISUALISIEREN ANSICHTEN ANSICHTS-MANAGER oder START ANSICHT UNGESICHERTE ANSICHT ▾  ANSICHTS-MANAGER	AUSSCHNT 

### Ansicht und Schnittflächen

Im ANSICHTS-MANAGER können Sie auch Schnittflächen zur Begrenzung der Sichtbarkeit einstellen. Wenn Sie die oben erzeugte Ansicht anklicken, können Sie dort die Eigenschaften der Ansicht sehen. Eine Ansicht entspricht übrigens immer auch einer Kamera. Deshalb können Sie die Schnittflächen auch über das zugehörige Kamera-Logo einstellen, aber das soll später geschehen.

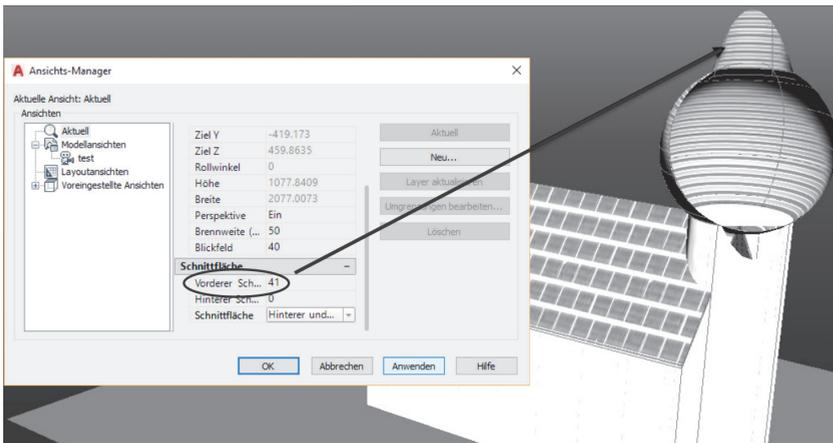


Abb. 14.55: Schnittflächen über Ansichtseigenschaften festlegen

Im ANSICHTS-MANAGER wählen Sie nun die Rubrik SCHNITTFLÄCHE, dort nochmals SCHNITTFLÄCHE und aktivieren HINTERER UND VORDERER AKTIVIERT und geben dann Werte ein. Dabei ist zu beachten, dass die Entfernungen für vorderen und

hinteren Schnitt vom Kameraziel nach vorne rechnen. HINTERER SCHNITT **0** bedeutet, dass der HINTERE SCHNITT im Kameraziel liegt. Im Beispiel wurde VORDERER SCHNITT **41** eingestellt. Das bedeutet, dass der vordere Schnitt 41 m (bzw. 41 Einheiten) vor dem Kameraziel liegt. Nach Abbildung 14.55 führt dieser Schnitt zum Aufschneiden des Modells. Für den hinteren Schnitt geben Sie die Entfernung vom Kameraziel nach hinten als negative Zahl in Ihren Zeicheneinheiten an.

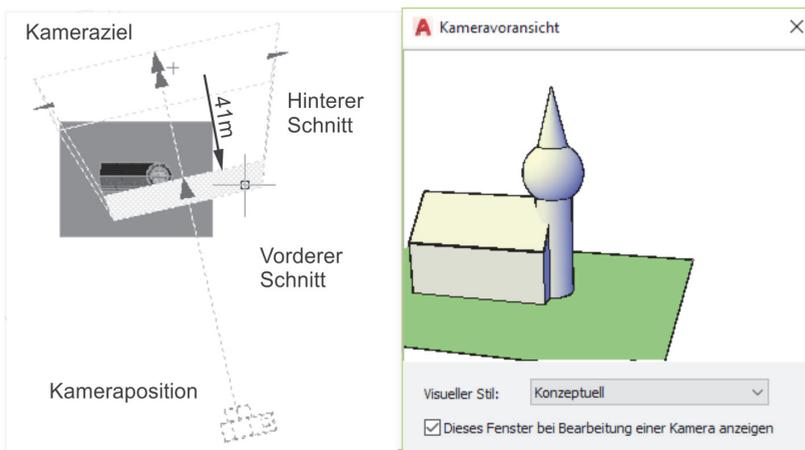
**Kamera und Schnittflächen: Register VISUALISIEREN Gruppe KAMERA**



**Abb. 14.56:** Multifunktionsleisten-Gruppe VISUALISIEREN|KAMERA

1. KAMERA ERSTELLEN – erlaubt, eine Kamera auf eine Punktposition zu setzen und einen Zielpunkt zu definieren. Dieser Kamera entspricht dann eine Ansicht, die unter START|ANSICHT gewählt werden kann.
2. KAMERAS ZEIGEN – aktiviert die Anzeige der Kamerasymbole.

Schnittflächen sind stets mit Kameras verknüpft und werden über die Kamera-Eigenschaften definiert (siehe Abbildung 14.57). Die Schnitte können Sie auch nach Anklicken der Kamera-Anzeige sichtbar machen und dynamisch am Bildschirm verschieben. In der Voransicht sehen Sie auch gleich die Wirkung.



**Abb. 14.57:** Schnittebene in der Kamera-Anzeige

Sie können aber auch den Befehl 3DSCHNITT eintippen, um Schnittebenen für die aktuelle Ansicht zu definieren. Gehen Sie vorher wieder in die zu rendernde Ansicht 3D-RENDER und tippen Sie den Befehl 3DSCHNITT ein. Es erscheint ein Fenster, das eine Ansicht zeigt, die senkrecht von oben auf der Bildschirmfläche steht. Dort erscheinen vorderer und hinterer Schnitt als Linien. Sie können nun die beiden Schnitte verschieben und aktivieren.

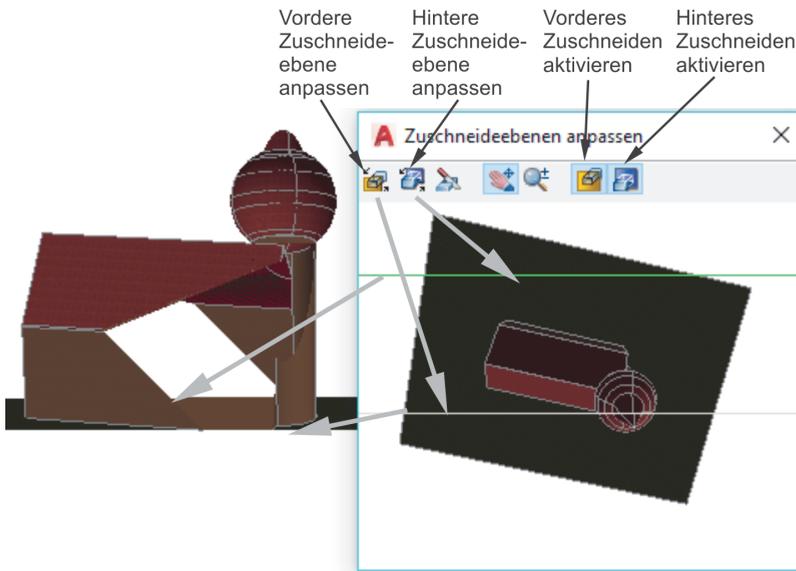


Abb. 14.58: Vorderen und hinteren Schnitt im Befehl 3DSCHNITT verschieben

#### 14.6.4 Neue Grafikdarstellung (Testversion)

Es gibt eine Grafikdarstellung als sogenannte technische Vorschau-Version. Sie soll eine bessere Performance bei Grafikdarstellungen komplexer großtechnischer Anlagen bieten. Dazu sind bestimmte Vorbedingungen bzgl. Hard- und Software erforderlich:

- DirectX-12-fähige Hardware und Software, mindestens Funktionsebene 11
- die AutoCAD-Systemvariable FASTSHADEDMODE muss eingeschaltet werden
- AutoCAD muss neu gestartet werden

Die DIRECTX-Fähigkeit Ihres PC können Sie in der Windows-EINGABEAUFFORDERUNG mit dem Befehl DXDIAG anzeigen lassen. AutoCAD verwendet diesen Darstellungsmodus nur unter SCHATTIERT bzw. unter SCHATTIERT MIT KANTEN.

## 14.7 Bewegungspfad-Animation

Eine animierte Darstellung erreichen Sie über den Befehl ANIPFAD bzw. in der Multifunktionsleisten-Gruppe VISUALISIEREN|ANIMATIONEN (diese Gruppe müssen Sie über Rechtsklick im Register erst aktivieren, da sie standardmäßig nicht aktiv ist).

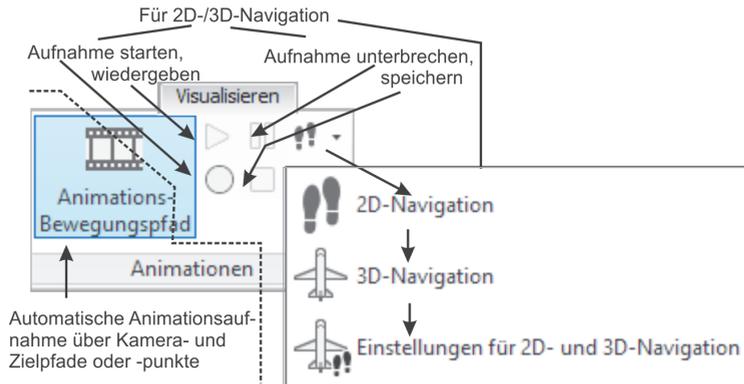


Abb. 14.59: Multifunktionsleisten-Gruppe VISUALISIEREN|ANIMATIONEN

Im Einstellungsdialogfenster können Sie einen Pfad oder eine Punktposition wählen, um die Kamera zu führen (Abbildung 14.60). Die Zielposition der Kamera können Sie gleichfalls über Punktposition oder Pfad angeben. In Abbildung 14.60 wurden zwei Pfade mit dem Befehl SPLINE  konstruiert. Damit erhalten Sie schöne glatte Pfade. Für das aktuelle Beispiel wurde der innere Pfad mit VERSETZ  erzeugt und danach noch um einige Meter mit SCHIEBEN  nach oben geschoben, damit der Blick aufwärtsgeht. Als Kameraziel wäre anstelle des inneren Pfades auch der Mittelpunkt vom Dachfirst sehr geeignet. Damit erhalten Sie eine ruhigere Kameraführung.

Bei den Einstellungen ist noch die Dauer der Animation wichtig. Sie sollte je nach Größe des Pfades mindestens einige Sekunden betragen. Eine Bildfrequenz von 30 Bildern pro Sekunde ergibt einen ruhigen Bildübergang. Nun wäre noch der VISUELLE STIL für die Animation zu wählen und die Auflösung. Als Stil werden Sie wohl meist REALISTISCH wählen, um die echten Oberflächen mit Materialien zu erhalten. Bei der Auflösung ist zu bedenken, dass bei bewegten Bildern die Auflösung immer viel geringer sein darf als bei einem statischen Bild. Das wird auch beim Fernsehen mit seiner relativ groben Zeilenauflösung ausgenutzt. Das Auge interpoliert bei den bewegten Bildern sowie zwischen den Einzelbildern und merkt deshalb Ungenauigkeiten im Raster nicht so sehr. Wenn der Pfad Ecken enthält, sollte auf jeden Fall VERZÖGERUNG IN ECKEN aktiviert sein, damit die Kamera nicht ruckelt. Die Option UMKEHRUNG führt zu einem Kameralauslauf entgegen der Konstruktionsrichtung des Pfades.

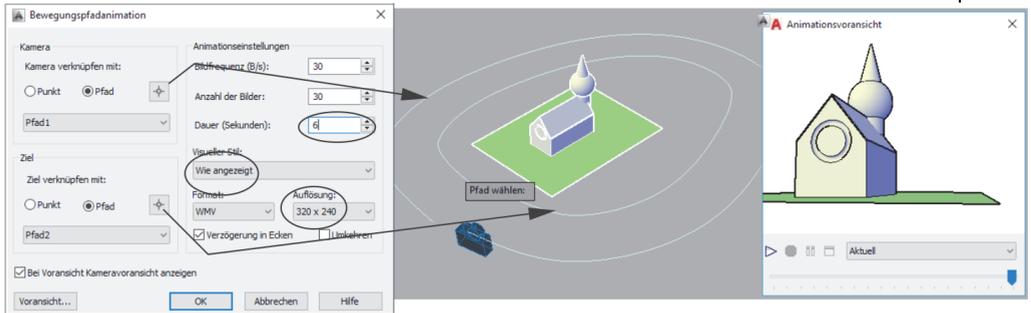


Abb. 14.60: Bewegungspfad-Animation mit Einstellungen, Pfaden und Vorschau

Im Vorschau-Fenster können Sie die Animation begutachten. Wenn Sie das Vorschau-Fenster schließen, können Sie im Einstellungsdialogfenster mit OK die Animation erzeugen lassen. Es wird das Dateiformat \*.WMV angeboten, das mit dem Windows-Media-Player abgespielt werden kann.

Die Art der Ausgabedatei wird über die ANIMATIONSEINSTELLUNGEN geregelt. Dort wählen Sie auch den VISUELLEN STIL und die Bildfrequenz für die Ausgabe. Vor Beginn der Animation sollte die Schrittlänge Ihrer Modellgröße angepasst werden.

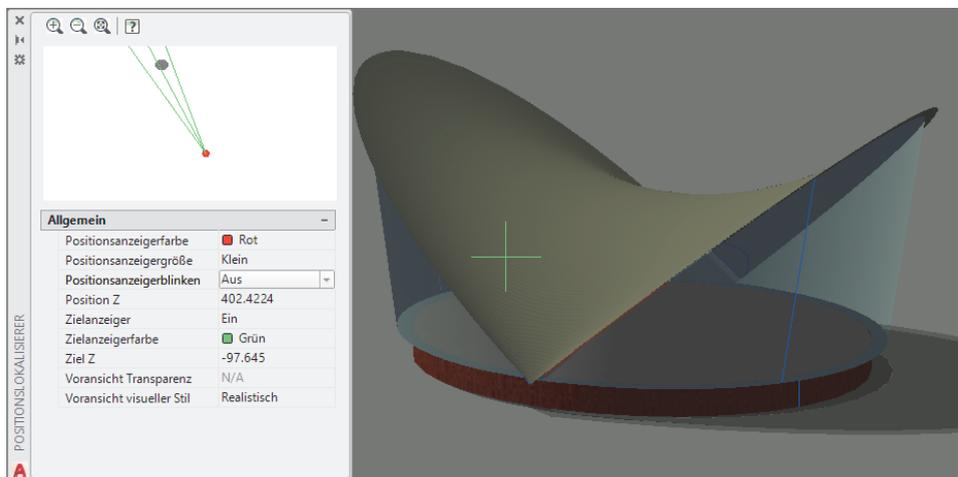


Abb. 14.61: Positionslokalisierer während einer 3D-Navigation

Weitere Möglichkeiten zur 3D-Betrachtung werden durch die Werkzeuge 2D-NAVIGATION bzw. 3D-NAVIGATION im Register VISUALISIEREN Gruppe ANIMATIONEN erschlossen. In diesem Modus können Sie

- mit den Pfeiltasten Ihren Standpunkt nach vorn, hinten, links und rechts bewegen,
- bei gedrückter Maustaste die Blickrichtung schwenken,

- bei gedrücktem Mausrad Ihre z-Höhe auf und ab schwenken,
- im POSITIONSLOKALISIERER Standpunkt und Zielpunkt verändern.

## 14.8 Stereobilder für 3D-Zeichnungen

Der Mensch sieht bis etwa 50 m Entfernung alle Objekte dreidimensional. Das ist dadurch möglich, dass die Augen die Objekte unter etwas verschiedenen Blickwinkeln sehen und die Bilder vom Gehirn zum 3D-Eindruck kombiniert werden. Um den gleichen Effekt im CAD zu erzeugen, können Sie eine Zeichnung in verschiedenen Ansichtsfenstern des Papierbereichs mit den entsprechenden Blickwinkeln darstellen, farblich einmal in Rot und einmal in Blau gestalten und durch eine rot-blaue Stereobrille betrachten. Die in Abbildung 14.63 gezeigten Ansichten des Kirchenmodells sind nur im Buch in Grautönen, erscheinen aber auf dem Bildschirm in Rot und Blau.

Wählen Sie die in Abschnitt 13.6, *Konstruieren mit Grundkörpern* konstruierte Kirche als Beispiel aus und gehen Sie in die 2D-Drahtkörperdarstellung. Zeichnen Sie noch um die Kirche herum ein großes Rechteck auf der Ebene mit  $Z=0$ . Es sollte etwa fünfmal größer sein als der Grundriss. Dann erzeugen Sie im Layout1 zwei Ansichtsfenster vertikal nebeneinander mit LAYOUT|LAYOUT-ANSICHTSFENSTER|RECHTECKIG und KOPIEREN.

Befehl: **Layout1** über Reiter aktivieren.

 Befehl: **delete**  
**LÖSCHEN** Objekte wählen: **automatisch erzeugtes Ansichtsfenster anklicken.** 1 gefunden  
**LÖSCHEN** Objekte wählen:

 Befehl: **\_vports**  
 Ecke des Ansichtsfensters angeben oder [...] <...>: **erste Ecke für Ansichtsfenster anklicken**  
 Entgegengesetzte Ecke angeben: **diagonal gegenüberliegende Ecke für Ansichtsfenster anklicken** Regeneriert Modell.

 Befehl: **KOPIEREN**  
 Objekte wählen: 1 **Letztes Objekt wählen (das Ansichtsfenster)**  
 1 gefunden  
 Objekte wählen: **(Enter)**  
 Aktuelle Einstellungen: Kopiermodus = Mehrere  
 Basispunkt angeben oder [...] <...>: **Ecke links unten am Ansichtsfenster anklicken**  
 Zweiten Punkt angeben oder [...] <...>: **Ecke rechts unten am Ansichtsfenster anklicken**

Richten Sie zugleich auch zwei Layer ein, die sinnvollerweise die Namen **BLAU** und **ROT** bekommen und auch die entsprechenden Farben tragen. Nun gehen Sie mit einem Doppelklick ins linke Fenster, damit es als aktives Ansichtsfenster dicker umrahmt erscheint und dort das Fadenkreuz sichtbar wird. Das Kirchenmodell kopieren Sie mit der Verschiebung 0,0,0 und legen die Kopie auf den roten Layer. Zunächst sehen beide Ansichten im Papierbereich gleich aus. In diesem Zustand rufen Sie die kleine Layersteuerung auf und frieren im aktuellen Ansichtsfenster den blauen Layer, indem Sie in der dritten Spalte IN AKTUELLEM ANSICHTSFENSTER FRIEREN anklicken. Analog schalten Sie im rechten Fenster den roten Layer aus.

Befehl: \_layer **Layer ROT und BLAU einrichten.**

Befehl: **Doppelklick ins linke Fenster**

Befehl: **Kirche markieren.**

Befehl: **Über kleine Layersteuerung die Kirche auf Layer BLAU legen.**

Befehl: \_copy Objekte wählen: Kirche markieren.

**KOPIEREN** Objekte wählen:

**KOPIEREN** Basispunkt oder [...]<Verschiebung>:

**KOPIEREN** Verschiebung angeben <0,0,0>:

Befehl: \_properties **Eigenschaften-Manager aufrufen, dort rechts oben das mittlere Objektwahlwerkzeug anklicken.**

Objekte wählen:  **Die eben kopierte Kirche ist damit gewählt. Legen Sie sie nun durch Ändern der Layer-Eintragung auf den Layer ROT.**

Befehl: **Im aktiven Ansichtsfenster den Layer BLAU über die kleine Layersteuerung Ansichtsfenster-spezifisch frieren.**

Befehl: **Ins rechte Ansichtsfenster durch Hineinklicken wechseln und im aktiven Ansichtsfenster den Layer ROT Ansichtsfenster-spezifisch frieren.**

Jetzt sollten Sie *in beiden Fenstern* die Ansicht optimieren mit ZOOM, Option GRENZEN und danach ZOOM, Option SKALIEREN mit Faktor **0.8x**. Nun können Sie für die linke Ansicht eine geeignete Sicht einstellen: Befehl APUNKT. Geben Sie als Winkel **314** Grad von der x-Achse und **45** Grad zur xy-Ebene ein. Rechts stellen Sie etwas unterschiedlich ein: **316** Grad von der x-Achse und **45** Grad zur xy-Ebene.

Befehl:  ,\_zoom

Fensterecke angeben... oder[...] <...>: **\_e auf Zeichnungsgrenzen zoomen.**

Befehl: 

Fensterecke angeben... [...] <...>: **\_s**

Skalierfaktor eingeben (nX oder nXP): **0.8x mit Faktor zoomen.**

Befehl: **APUNKT**

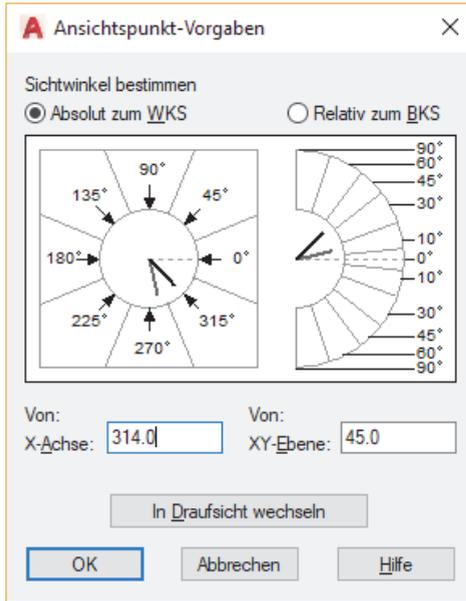


Abb. 14.62: Befehl APUNKT zur gezielten Anstchtssteuerung

**Winkel 314° und 45° einstellen, Visuellen Stil 2D-DRAHTKÖRPER wählen und zum anderen Ansichtsfenster durch Hineinklicken wechseln.**

Befehl: APUNKT

**Winkel 316° und 45° einstellen, Visuellen Stil 2D-DRAHTKÖRPER wählen und mit Doppelklick neben die Ansichtsfenster in den Papierbereich wechseln.**

**Befehl: Griffe an einem Ansichtsfenster aktivieren und Ansichtsfenster im Papierbereich so übereinander schieben, dass beide mit dem entferntesten Punkt übereinander liegen.**

Sie müssen nun die Ansichtsfenster nur noch übereinander schieben. Gehen Sie dazu zuerst in den Papierbereich des Layouts, indem Sie neben die Ansichtsfenster doppelklicken. Rufen Sie SCHIEBEN auf und wählen Sie im rechten Ansichtsfenster mit Objektfang ENDPUNKT den entferntesten Punkt des zuerst gezeichneten Rechtecks als BASISPUNKT und den entsprechenden Punkt im zweiten Ansichtsfenster als ZWEITEN PUNKT DER VERSCHIEBUNG.

Schauen Sie sich beide übereinander liegenden Bilder nun mit einer rot-blauen Stereobrille an, so sehen Sie eine plastische Darstellung. Sie sollten ggf. die Farben der Layer den Farben der Stereobrille anpassen, sodass der rote Layer kaum durch das rote Glas zu sehen ist und der blaue Layer kaum durch das blaue Glas.

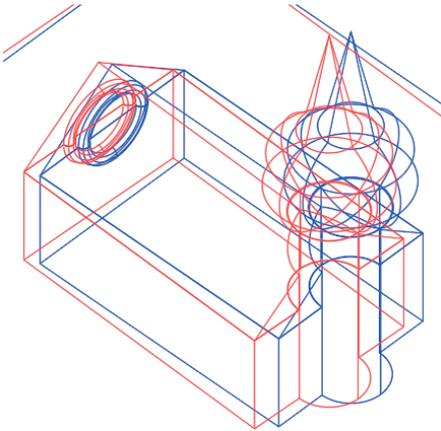


Abb. 14.63: Stereoansichten im Papierbereich

### Tipp: Ansichtsfenster wechseln

Wenn Sie die Ansichtsfenster in solch komplizierten Fällen wechseln wollen, wo sie übereinander oder ineinander liegen, dann können Sie das nicht mehr durch einfaches Hineinklicken bewerkstelligen, sondern Sie müssen mit einer Tastenkombination ins nächste Ansichtsfenster springen. Das erreicht man mit **Strg**+**R**.

## 14.9 Was noch zu bemerken wäre

- **3D-OBJEKTFANG** – Obwohl es in den Beispielen oben nirgends echt nötig war, sollten doch die neuen **3D-OBJEKTFÄNGE**  erwähnt werden. Es gibt für 3D-Konstruktionen zusätzliche Objektfänge, die sich dann speziell auf Ecken, Kanten und Flächen von Volumenkörpern beziehen. Sie müssten diese in der Statusleiste über das Konfigurationsmenü  extra aktivieren oder können sie temporär im Objektfangmenü mit **Shift**+Rechtsklick oder **Strg**+Rechtsklick unter **3D-OFANG** aktivieren.

Icon	Kürzel	Bezeichnung	Wirkung
	ZVERT	Scheitelpunkt	Eckpunkte von Flächen, Körpern und Splines, auch NURBS-Kontrollscheitelpunkte
	ZMIT	Mittelpunkt auf Kante	Mittelpunkt auf einer Kante
	ZZEN	Zentrum der Fläche	Schwerpunkt einer Körperfläche (nicht bei allen Flächen möglich)
	ZKNOT	Knoten	Sichtbarer Knotenpunkt eines Splines oder einer NURBS-Fläche

Icon	Kürzel	Bezeichnung	Wirkung
	ZLOT	Lotrecht	Fällt das Lot auf eine Fläche
	ZNÄH	Möglichst nah an Fläche	Nächster Punkt vom Cursor aus auf einer Fläche
	ZKEIN	3D-Objektfang aus	Schaltet 3D-Objektfang für nächste Punkteingabe aus

- PUNKTWOLKEN** – Weil es mittlerweile 3D-Laserscanner gibt, mit denen Sie Objekte über Tausende bis Millionen von Punkten erfassen und dann später im Computer nachmodellieren können, hat AutoCAD im Register EINFÜGEN eine Gruppe PUNKTWOLKEN zum Import von Punktwolken. Zur Bearbeitung dieser Punktwolken und für die Umwandlung in ein AutoCAD-spezifisches Format gibt es das Gratis-Zusatzprogramm RECAP (Reality Capture). Dieses Programm liest eine Vielzahl gängiger 3D-Scan-Dateiformate ein. Auch allgemeine ASCII-Daten für x,y,z-Koordinaten können verarbeitet werden.

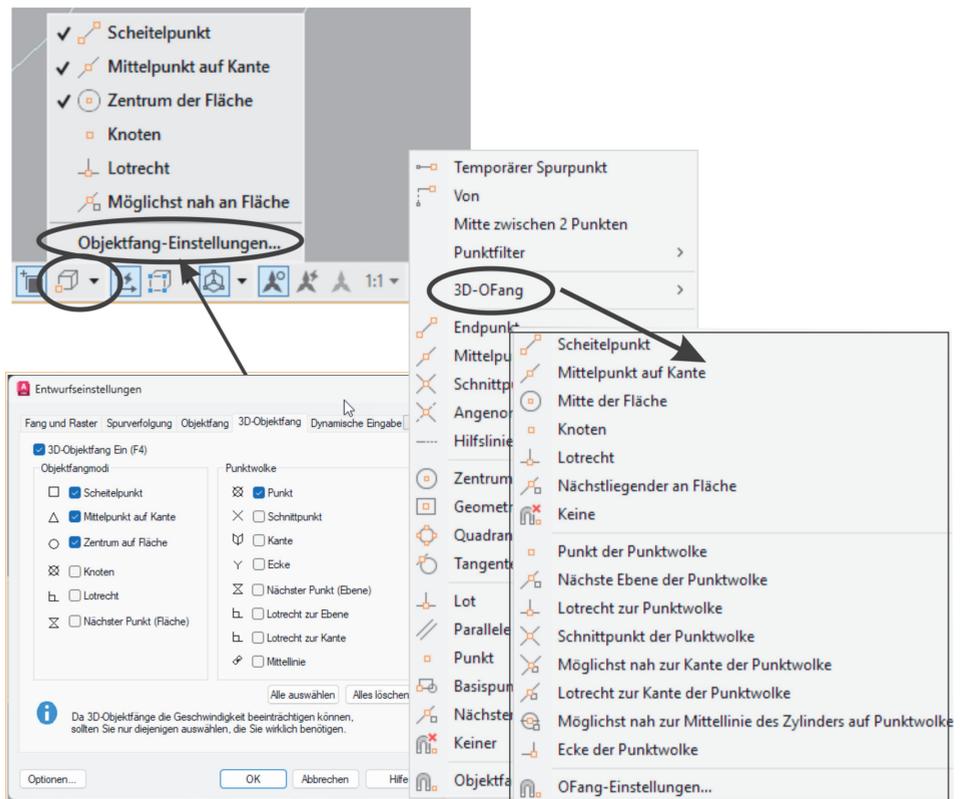


Abb. 14.64: Objektfang für 3D-Objekte und Punktwolken

- **OBJEKTFÄNGE FÜR PUNKTWOLKEN** – Auch für Punktwolken gibt es nun Objektfänge. Sie können temporär aktiviert werden wie oben oder permanent beim 3D-OBJEKTfang über das Aufklappmenü ▼ und OBJEKTfang-EINSTELLUNGEN in der Statusleiste.