

Ein Konzept zur Demonstration verschiedener Abbildungsarten der Darstellenden Geometrie mit Hilfe eines Rechners (Programm RWTH-DG)

von

Karl-Heinz Brakhage und Claus Pütz, Aachen

Eine Aufgabe der Darstellenden Geometrie ist es, die verschiedenen Projektionsarten bzw. Abbildungsarten im Hinblick auf ihre Tauglichkeit zur Darstellung räumlicher Objekte und ihre Anschaulichkeit, d.h. auf eine möglichst wirklichkeitsgetreue Bildwirkung hin, zu bewerten. Um das Erlernen dieser Fähigkeit in der Lehre effektiv unterstützen zu können, haben wir ein Konzept zur Demonstration verschiedener Abbildungsarten der Darstellenden Geometrie mit Hilfe eines Rechners entwickelt. Als Resultat stellen wir ein Programm vor, mit dem anhand eines einfachen Hauses mit Satteldach bzw. eines Turmes die durch verschiedene Projektionsarten, verschiedene Lagen der Projektionsstrahlen und verschiedene Lagen der Bildebene verursachten Einflüsse auf die Bildwirkung demonstriert werden können.

Anschauliche Darstellungen können je nach Anforderung durch Parallel- oder durch Zentralprojektion erzeugt werden. Bilder von Objekten wirken um so anschaulicher, je mehr die Betrachtungsrichtung mit der Projektionsrichtung übereinstimmt. Das Maß dieser Übereinstimmung variiert zwischen den Abbildungsarten und wird von der Position des Betrachters bestimmt. Da die Herstellung anschaulicher Zeichnungen mit unterschiedlichem Aufwand verbunden ist, ist es sinnvoll, im vorhinein abschätzen zu können, mit welcher Abbildungsart das abzubildende Objekt am besten zur Geltung kommt. Von besonderer Bedeutung für eine realistische Bildwirkung ist die Übereinstimmung von Projektionsrichtung und Betrachtungsrichtung. In der Praxis läßt sich die richtige Betrachtungsposition allerdings bei den verschiedenen Abbildungsarten unterschiedlich gut erreichen. In der Lehre gilt es zu vermitteln, ob und in welchem Maße die für die Anschaulichkeit nötige Übereinstimmung von Projektionsrichtung und Betrachtungsrichtung bei den verschiedenen Abbildungsarten zu erreichen ist. Ein Anhaltspunkt für die Bewertung ist das Maß der scheinbaren Veränderung der Proportionen des dargestellten Objektes durch die Abbildung. Wir haben das Programm so gestaltet, daß der Einfluß verschiedener Abbildungsarten durch direkte Vergleiche überprüft werden kann. Ferner kann anschaulich demonstriert werden, aus welchen Blickwinkeln das abzubildende Objekt bei der jeweiligen Abbildungsart gezeigt werden kann.

Dieses Programm wird an der RWTH Aachen in den Fächern Darstellende Geometrie für Bauingenieure und Darstellende Geometrie für Architekten in der Lehre eingesetzt. In größeren Gruppen hat sich besonders der Einsatz des Programms mit Hilfe eines Laptops und eines Overheaddisplays bewährt.

Die folgende Bedienungsanleitung des Programms RWTH-DG vermittelt eine Vorstellung von seinen Einsatzmöglichkeiten in der Lehre des Faches Darstellende Geometrie. Es wird erläutert, wie in dem Programm die Wahl der Projektionsart, die Wahl der Blickrichtung und die Wahl der Lage der Bildebene vorgenommen werden kann. Die eigentlichen Vorzüge des Programms, die in der Möglichkeit zum interaktiven Arbeiten, d.h. im direkten Wechsel von Projektionsrichtung oder der Änderung der Lage der Bildebene liegen, können allerdings erst bei der Programmbenutzung erfahren werden.

Wahl der Projektionsart

Im Rahmen der Darstellenden Geometrie werden sowohl Parallelprojektion als auch Zentralprojektion häufig verwendet. (Das abzubildende Haus wird so auf ein räumliches, rechtwinkliges, positiv orientiertes Koordinatensystem bezogen, daß die z -Achse der Schwerkraft folgend vertikal, die x,y -Ebene (Grundrißebene) also horizontal ist (vgl. Bild 2). Die y,z -Ebene wird als Aufrißebene bezeichnet.)

Z Bei der **Zentralprojektion** schneiden sich alle Projektionsstrahlen in einem Punkt O , dem Projektionszentrum (Auge). Im Programm wird die Zentralprojektion mit der Taste **Z** eingestellt.

P Bei der **Parallelprojektion** sind alle Projektionsstrahlen parallel. Man kann sie als Sonderfall der Zentralprojektion ansehen, bei dem das Projektionszentrum im Unendlichen liegt. In dem Programm wird die Parallelprojektion mit der Taste **P** eingestellt. Ferner kann bei Zentralprojektion der Abstand des Auges vom Objekt durch eine Verschiebung der Maus (siehe unten) so vergrößert werden, daß das Programm auf Parallelprojektion umschaltet.

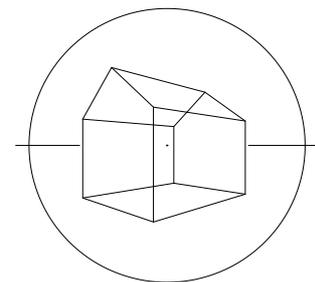


Bild 1

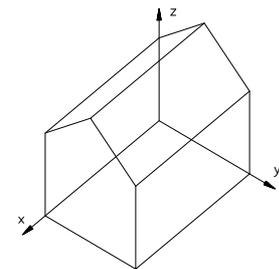
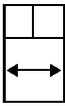


Bild 2

Wahl der Blickrichtung

Die Richtung der Projektionsstrahlen ist entscheidend für das Bild eines Objektes, bzw. dafür, von welcher Seite der Betrachter das Objekt sieht.

Im Programm kann für die Parallelprojektion (P) die Blickrichtung (Projektionsrichtung) mit Hilfe der Maus verändert werden (Im folgenden wird eine Bewegung mit der Maus nach rechts oder links als horizontales, die dazu senkrechte Bewegung als senkrecht Verschieben bezeichnet.):



Durch horizontales Verschieben der Maus (ohne Drücken der Tasten) werden die Projektionsstrahlen um die vertikale Achse des Hauses gedreht, d.h. der Betrachter wandert um das Haus herum.



Bild 3

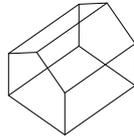


Bild 4

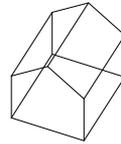
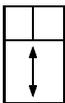


Bild 5



Bild 6



Durch senkrecht Verschieben der Maus (ohne Drücken der Tasten) wird der Neigungswinkel der Projektionsstrahlen gegen die Grundrißebene verändert, d.h. der Betrachter blickt mehr von oben bzw. mehr von unten auf das Haus.

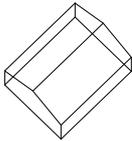


Bild 7

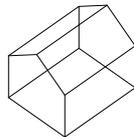


Bild 8

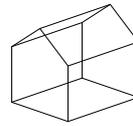


Bild 9

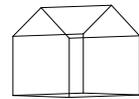
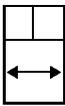


Bild 10

Bei der Zentralprojektion (Z) wird die Blickrichtung durch die Position des Auges (Projektionszentrums) bestimmt; sie kann im Programm mit Hilfe der Maus verändert werden. (Um die unterschiedliche Wirkung von Parallel- und Zentralprojektion direkt vergleichen zu können, wird im Programm die Richtung des Hauptsehstrahls der Richtung der Projektionstrahlen der Parallelprojektion gleichgesetzt; diese läßt sich wie oben beschrieben mit der Maus verändern. Der Hauptsehstrahl ist das Lot vom Augenpunkt auf die Bildebene. Als Orientierungshilfe wird zusätzlich der Sehkreis dargestellt; der Sehkreis ergibt sich als Schnitt desjenigen Sehkegels mit der Bildebene, der einen Öffnungswinkel von $2 \times 30^\circ$ hat und dessen Achse der Hauptsehstrahl ist.)



Durch horizontales Verschieben der Maus (ohne Drücken der Tasten) wird der Hauptsehstrahl um die vertikale Achse des Hauses gedreht, d.h. der Betrachter wandert um das Haus herum.

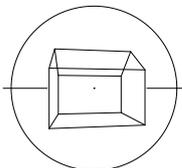


Bild 11

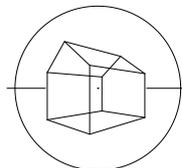


Bild 12

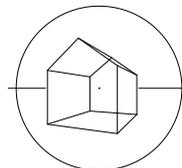


Bild 13

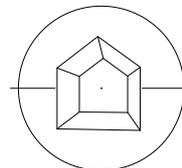
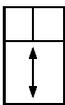


Bild 14



Durch senkrecht Verschieben der Maus (ohne Drücken der Tasten) wird der Neigungswinkel des Hauptsehstrahls gegen die Grundrißebene verändert, d.h. der Betrachter blickt mehr von oben bzw. mehr von unten auf das Haus.

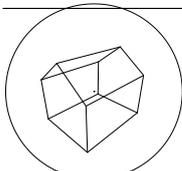


Bild 15

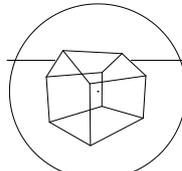


Bild 16

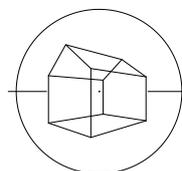


Bild 17

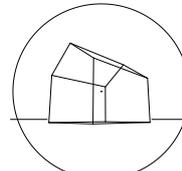
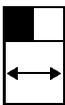


Bild 18

Zusätzlich zur Veränderung der Richtung des Hauptsehstrahls können bei der Zentralprojektion weitere Veränderungen vorgenommen werden:



Durch horizontales Verschieben der Maus mit gedrückter linker Taste wird das Auge entsprechend seitlich verschoben.

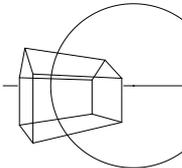


Bild 19

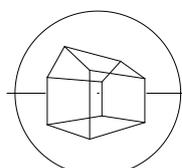


Bild 20

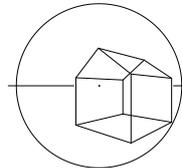


Bild 21

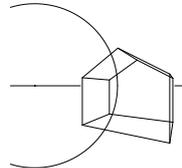
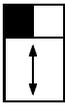


Bild 22



Durch senkrechtes Verschieben der Maus mit gedrückter linker Taste wird die Höhe des Auges verändert.

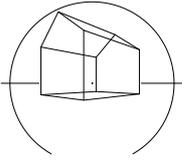


Bild 23

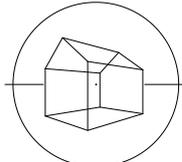


Bild 24

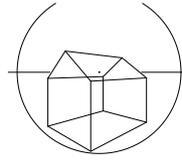


Bild 25

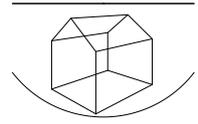
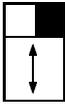


Bild 26



Durch senkrechtes Verschieben der Maus mit gedrückter rechter Taste wird der Abstand des Auges vom Haus verändert, d.h. der Betrachter geht näher an das Haus heran bzw. entfernt sich von ihm. Bei großer Entfernung schaltet das Programm auf Parallelprojektion um. Umgekehrt kann durch Drücken der rechten Taste von Parallelprojektion auf Zentralprojektion umgeschaltet werden.

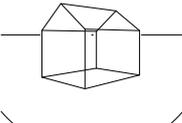


Bild 27

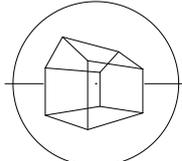


Bild 28

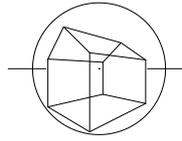


Bild 29

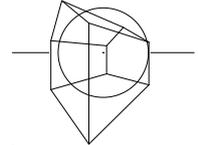
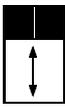


Bild 30



Durch senkrechtes Verschieben der Maus mit gedrückter rechter und linker Taste wird der Abstand der Bildebene vom Auge verändert, d.h. das Bild wird größer bzw. kleiner.

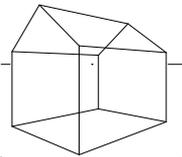


Bild 31

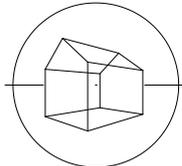


Bild 32

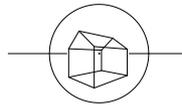


Bild 33



Bild 34

Folgende weitere Funktionen zur Wahl der Blickrichtung sind im Programm vorgesehen:

X

Die mit Mausbewegungen möglichen Bewegungen werden automatisch durchlaufen. Diese Funktion ist nur für Parallelprojektion und den Programmteil **W** implementiert. Durch erneutes Drücken der Taste wird diese Funktion wieder beendet. Die „Drehgeschwindigkeit“ wird mit **Ctrl D** und mehrmaligen **-** oder **+** der Rechnerleistung angepasst.

B

Durch Drücken dieser Taste wird der Neigungswinkel der Projektionsstrahlen gegen die Grundrißebene auf 45° gesetzt (Diese Funktion ist für die Demonstration der Grundrißaxonometrie vorgesehen, bei der i.d.R. nur dieser Blickwinkel angemessen ist); mit der Maus läßt sich dann nur noch der horizontale Winkel ändern. Durch Drücken der Taste **M** (see below) kann der Neigungswinkel der Projektionsstrahlen wieder mit der Maus verändert werden.

I

Die Projektionsstrahlen nehmen die für die Isometrie vorgeschriebene Richtung ein.

R

Durch Drücken dieser Taste wird die Blickrichtung wieder auf die Position zurückgestellt, die nach dem letzten Betätigen einer Taste eingestellt war.

R

Durch zweimaliges Drücken dieser Taste werden alle Bestimmungsstücke wieder auf die Startposition des Programms eingestellt.

H

Nach Drücken dieser Taste werden nur horizontale Bewegungen mit der Maus berücksichtigt; dazu senkrechte Komponenten werden ignoriert.

S

Nach Drücken dieser Taste werden nur senkrechte Bewegungen mit der Maus berücksichtigt; horizontale Komponenten werden ignoriert.

M

Nach Drücken dieser Taste werden wieder alle Bewegungen mit der Maus berücksichtigt.

Ctrl E

Durch gleichzeitiges Drücken beider Tasten können die gewünschten Maße für den Neigungswinkel der Projektionsstrahlen oder die Position des Augenpunktes manuell eingegeben werden.

Ctrl F

Durch gleichzeitiges Drücken beider Tasten werden bei folgenden Bewegungen spezielle Projektionsstrahlen eingefangen; es werden z.B. Winkel von -3° bis $+3^\circ$ automatisch auf 0° gesetzt. Durch erneutes Drücken beider Tasten wird dieser Modus wieder ausgeschaltet.

Ctrl U

Durch gleichzeitiges Drücken beider Tasten wird eine Perspektive auf eine geneigte Bildebene (Hauptsehstrahl nach oben geneigt) von dem Objekt gezeigt.

Wahl der Lage der Bildebene

Je nach Lage der Bildebene zum abzubildenden Objekt, bzw. zu dem Koordinatensystem, auf das das Objekt bezogen ist, ergeben sich die verschiedenen Abbildungsarten der Darstellenden Geometrie. Folgende Möglichkeiten werden unterschieden:

N In der Voreinstellung oder durch Drücken der Taste **N** wird die Bildebene normal (d.h. senkrecht) zum Projektionsstrahl bzw. zum Hauptsehstrahl angeordnet (Je nach zuvor gewähltem Blickwinkel kann ein ungünstiges Bild entstehen; durch gleichzeitiges Drücken der Tasten **Ctrl N** wird der Blickwinkel angemessen verändert.):

Bei **Parallelprojektion P** ergeben sich folgende Möglichkeiten:

Bild 35 Sind die Projektionsstrahlen geneigt, so entsteht eine **orthogonale Axonometrie** (senkrechte Parallelprojektion auf eine geneigte Bildebene).

Bild 36 Sind die Projektionsstrahlen vertikal, so entsteht der **Grundriß** (senkrechte Parallelprojektion auf eine horizontale Bildebene).

Bild 37 Sind die Projektionsstrahlen senkrecht zur Aufrißebene, so entsteht der **Aufriß** (senkrechte Parallelprojektion auf eine zur Aufrißebene parallele Bildebene).

Bild 38 Sind die Projektionsstrahlen horizontal, so entsteht ein **Seitenriß** (senkrechte Parallelprojektion auf eine vertikale Bildebene).

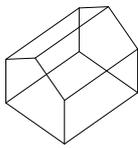


Bild 35

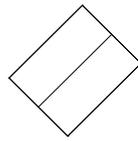


Bild 36



Bild 37

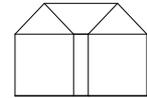


Bild 38

Bei **Zentralprojektion Z** ergeben sich folgende Möglichkeiten:

(Bei der Zentralprojektion darf das Projektionszentrum übrigens nicht in der Bildebene liegen, wenn ein anschauliches Bild erzeugt werden soll, da sonst als Bild aller Punkte außerhalb der Bildebene nur ein Punkt entsteht. Im Programm wird ferner kein Bild berechnet, wenn ein Teil des Hauses jenseits der Verschwindungsebene liegt. Die Verschwindungsebene ist die zur Bildebene parallele Ebene durch den Augenpunkt.)

Bild 39 Ist der Hauptsehstrahl geneigt, so entsteht eine **Zentralperspektive auf eine geneigte Bildebene**.

Bild 40 Ist der Hauptsehstrahl vertikal, so entsteht eine **Zentralperspektive auf eine horizontale Bildebene**.

Bild 41 Ist der Hauptsehstrahl senkrecht zur Aufrißebene, so entsteht eine **Front(al)perspektive** (Zentralperspektive auf eine zur Aufrißebene parallele Bildebene).

Bild 42 Ist der Hauptsehstrahl horizontal, so entsteht eine **Zentralperspektive** (auf eine vertikale Bildebene).

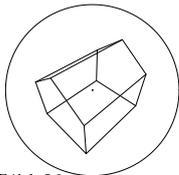


Bild 39

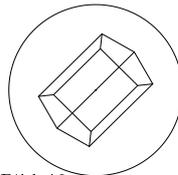


Bild 40

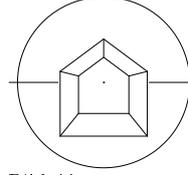


Bild 41

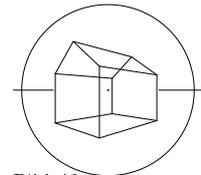


Bild 42

G Durch Drücken dieser Taste wird die Bildebene parallel zur Grundrißebene angeordnet (Je nach zuvor gewähltem Blickwinkel kann ein ungünstiges Bild entstehen; durch gleichzeitiges Drücken der Tasten **Ctrl G** wird der Blickwinkel angemessen verändert.):

Bei **Parallelprojektion P** ergeben sich folgende Möglichkeiten:

Bild 43 Sind die Projektionsstrahlen geneigt, so entsteht eine **Grundrißaxonometrie** (schräge Parallelprojektion auf eine horizontale Bildebene).

Bild 44 Sind die Projektionsstrahlen vertikal, so entsteht der **Grundriß** (senkrechte Parallelprojektion auf eine horizontale Bildebene).

Bild 45 Sind die Projektionsstrahlen horizontal, so entsteht kein Bild.

Bild 46 Bei **Zentralprojektion Z** ist der Hauptsehstrahl immer senkrecht zur Bildebene, in diesem Fall ist er also vertikal; es entsteht eine **Zentralperspektive auf eine horizontale Bildebene**.

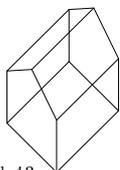


Bild 43

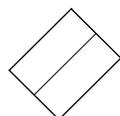


Bild 44



Bild 45

Bild 46

A Durch Drücken dieser Taste wird die Bildebene parallel zur Aufrißebene angeordnet (Je nach zuvor gewähltem Blickwinkel kann ein ungünstiges Bild entstehen; durch gleichzeitiges Drücken der Tasten **Ctrl** **A** wird der Blickwinkel angemessen verändert.):

Bei **Parallelprojektion** **P** ergeben sich folgende Möglichkeiten:

Bild 47 Sind die Projektionsstrahlen geneigt, so entsteht eine **Aufrißaxonometrie** (schräge Parallelprojektion auf eine vertikale Bildebene).

Bild 48 Sind die Projektionsstrahlen senkrecht zur Aufrißebene, so entsteht der **Aufriß**.

Bild 49 Sind die Projektionsstrahlen vertikal, so entsteht kein Bild.

Bild 50 Bei **Zentralprojektion** **Z** ist der Hauptsehstrahl immer senkrecht zur Bildebene, in diesem Fall ist er also horizontal; es entsteht eine **Front(al)perspektive** (Zentralperspektive auf eine vertikale Bildebene).

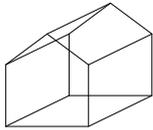


Bild 47



Bild 48

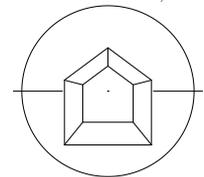


Bild 50

V Durch Drücken dieser Taste wird die Bildebene vertikal angeordnet (Je nach zuvor gewähltem Blickwinkel kann ein ungünstiges Bild entstehen; durch gleichzeitiges Drücken der Tasten **Ctrl** **V** wird der Blickwinkel angemessen verändert.):

Bei **Parallelprojektion** **P** ergeben sich folgende Möglichkeiten:

Bild 51 Sind die Projektionsstrahlen geneigt, so entsteht eine **allgemeine Axonometrie** (schräge Parallelprojektion auf eine vertikale Bildebene).

Bild 52 Sind die Projektionsstrahlen senkrecht zur Bildebene, so entsteht ein **Seitenriß**.

Bild 53 Sind die Projektionsstrahlen vertikal, so entsteht kein Bild.

Bild 54 Bei **Zentralprojektion** **Z** ist der Hauptsehstrahl immer senkrecht zur Bildebene, in diesem Fall ist er also horizontal; es entsteht eine **Zentralperspektive** (auf eine vertikale Bildebene).

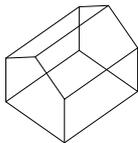


Bild 51

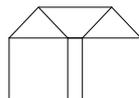


Bild 52

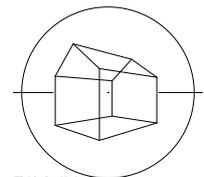


Bild 54

Weitere Funktionen



Durch Drücken dieser Taste erscheint ein Erläuterungsmenu auf dem Bildschirm.



Nach gleichzeitigem Drücken beider Tasten kann der Sehkreis, der auf manchen Bildschirmen als Ellipse erscheint, durch Drücken der Tasten **-** bzw. **+** korrigiert werden.



Durch gleichzeitiges Drücken beider Tasten wird das Bild ausgedruckt, d.h. es wird ein File mit HPGL-Befehlen (Hewlett Packard Graphics Language) erzeugt.



Durch gleichzeitiges Drücken beider Tasten wird statt des Hauses ein Turm abgebildet; durch erneutes Drücken beider Tasten wird dieser Modus wieder ausgeschaltet.



Durch Drücken dieser Taste wird das Programm verlassen.

Bezug des Programms

Diese Programm ist im Internet verfügbar: <http://www.igpm.rwth-aachen.de/dg/DG-RWTH.html>

Literaturhinweise

- K.-H. BRAKHAGE Ein menugesteuertes, intelligentes System zur zwei- und dreidimensionalen Computergeometrie, Fortschr.-Ber. VDI Reihe 20 Nr. 26, VDI-Verlag (1990)
- C.H. PÜTZ Auswahl von Lehrinhalten des Faches Darstellende Geometrie für die Hochschulausbildung von Architekten, Dissertation an der RWTH Aachen 1990

Anhang: Wahl der Bestimmungstücke einer Perspektive

Im Programm ist ein gesonderter Teil vorgesehen, der der Illustration derjenigen Schritte dient, die nötig sind, um die Bestimmungstücke einer Zentralperspektive auf eine vertikale Bildebene für deren zeichnerische Konstruktion sinnvoll festzulegen.

W Dieser Programmteil wird mit der Taste **W** aktiviert und kann mit dieser Taste wieder verlassen werden. (Innerhalb dieses Programmteils müssen bei Bewegung mit der Maus deren Tasten nicht gedrückt werden).

0 **Richten des Hauptsehstrahls auf das Gebäude:**
Nach Drücken der Taste **0** wird der Hauptsehstrahl durch horizontale Bewegung der Maus entsprechend seitlich verschoben.

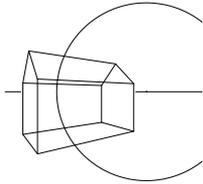


Bild 55

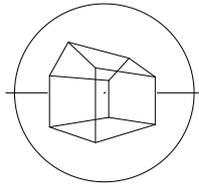


Bild 56

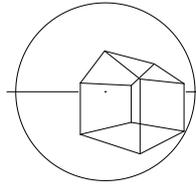


Bild 57

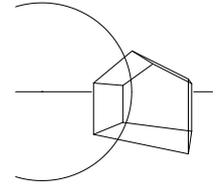


Bild 58

1 **Wahl des Hauptsehstrahls im Grundriß:**
Nach Drücken der Taste **1** wird der Hauptsehstrahl durch horizontale Bewegung der Maus um die z-Achse des Hauses gedreht.

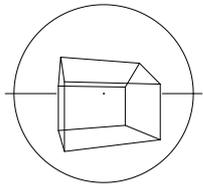


Bild 59

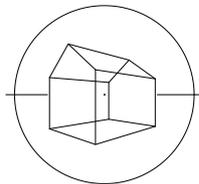


Bild 60

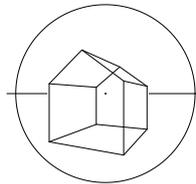


Bild 61

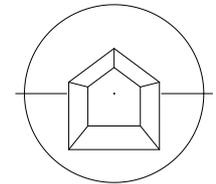


Bild 62

2 **Wahl der Höhe des Hauptsehstrahls (Augenhöhe):**
Nach Drücken der Taste **2** wird die Höhe des Hauptsehstrahls durch senkrechte Bewegung der Maus verändert.

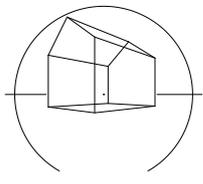


Bild 63

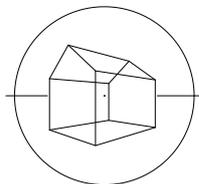


Bild 64

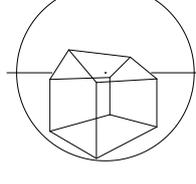


Bild 65

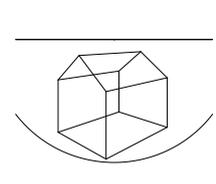


Bild 66

3 **Wahl des Augenpunktes auf dem Hauptsehstrahl (Entfernung des Auges vom Objekt):**
Nach Drücken der Taste **3** wird der Augenpunkt durch senkrechte Bewegung der Maus näher an das Haus herangeschoben bzw. von ihm wegbewegt. In der Regel sollte der Augenpunkt so gewählt werden, daß das Objekt den Sehkreis ausfüllt.

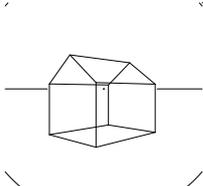


Bild 67

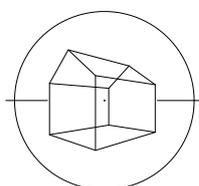


Bild 68

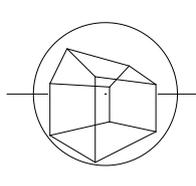


Bild 69

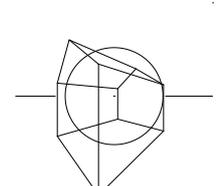


Bild 70

4 **Wahl der Distanz bzw. der Bildebene (Bildgröße):**
Nach Drücken der Taste **4** wird die Entfernung der Bildebene vom Auge (und damit auch die Größe des Bildes) durch senkrechte Bewegung der Maus vergrößert bzw. verkleinert.

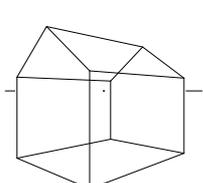


Bild 71

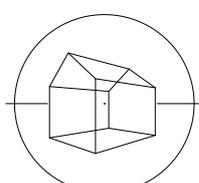


Bild 72

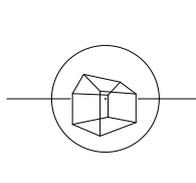


Bild 73

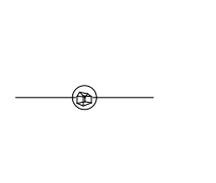


Bild 74