

WinCAG UND DER EINSATZ IM FACH DARSTELLENDEN GEOMETRIE FÜR ARCHITEKTEN

Karl-Heinz Brakhage, Claus Pütz

Institut für Geometrie und Praktische Mathematik
RWTH Aachen
Templergraben 55, D-52056 Aachen
email: brakhage@igpm.rwth-aachen.de, puetz@igpm.rwth-aachen.de

Der Einsatz des dynamischen Geometrieprogramms *WinCAG* in der Vorlesung unterstützt das visuelle Verständnis der wesentlichen Aspekte und Zusammenhänge unterschiedlicher Phänomene: Durch die Veränderung von Parametern können Zeichnungen bewegt und Konstruktionen in verschiedenen Lagen gezeigt werden. Wir wollen am Beispiel der Schattenkonstruktion zunächst einige Beispiele hierfür aufzeigen. Im Anschluss daran gehen wir dann noch etwas auf den Befehlsumfang und die Einsatzmöglichkeiten von *WinCAG* ein. Da erst die Computeranimationen selbst einen reellen Einblick der Nutzbarkeit des Systems gibt, haben wir die diesen Report verwendeten Demos in einer eigenen Gruppe *IBDG* zusammengefasst und zum Herunterladen bereit gestellt.

1 Der Einsatz von WinCAG in der Architekturausbildung

In Aachen wird *WinCAG* in einer Präsentationsversion in der Lehre zur Darstellenden Geometrie genutzt. Im Folgenden werden der Einsatz von *WinCAG* in der Architekturausbildung und die Möglichkeiten zur didaktischen Unterstützung der Lehre präzisiert.

1.1 Die Aufgabe der Darstellenden Geometrie

Die Aufgabe der Darstellenden Geometrie (DG) in der Architekturausbildung ist die Schulung des räumlichen Vorstellungsvermögens und die Ausprägung eines präzisen logischen Raumdenkens. Vermittelt werden auf eine mentale Raumbeherrschung ausgerichtete Denkstrukturen und Vorgehensweisen. Da das deutsche Schulsystem räumliches Denken nur unzureichend fördert, sind große Anstrengungen nötig, eine Studierfähigkeit der Schulabgänger für ingenieurwissenschaftliche Fächer zu erreichen. Zu Studienbeginn lässt sich diese Kompetenz didaktisch optimal durch die Abstraktionen der DG und durch manuelles Zeichnen fördern. Der Einsatz von bewegten Zeichnungen unterstützt diesen Lernvorgang ausgezeichnet.

Die Darstellende Geometrie ist in erster Linie ein ideales Trainingsprogramm für räumliches Denken. Der Erwerb des sicheren Umgangs mit den Grundtechniken des Zeichnens ist ein Nebeneffekt der DG.

1.2 Die Rahmenbedingungen für die Darstellende Geometrie in Aachen

Zur Vermittlung der DG für Architekten steht in Aachen mit jeweils zwei Wochenstunden (1 V + 1 Ü) in den ersten beiden Semestern ein extrem geringes Lehrdeputat zur Verfügung. An der Vorlesung zur DG nehmen 250 Studierende teil. Um trotz dieser vorgegebenen ungünstigen Rahmenbedingungen für den Studiengang Architektur einen qualifizierten Beitrag liefern zu können, den die Studierenden auch annehmen, wird ein ausdifferenziertes und vielseitiges Lehrkonzept angeboten [4]. Eine Facette bildet die genau aufeinander abgestimmte Verwendung von manuellem Zeichnen und bewegten rechnergestützten Visualisierungen.

1.3 Der Einsatz von WinCAG in der Lehre zur DG

Um in der Vorlesung möglichst viele Inhalte vermitteln und trotz des straffen Vorlesungstempos hohe Lerneffekte erzielen zu können, wurden spezielle Arbeitsblätter entwickelt. Die Arbeitsblätter beinhalten neben den zu ergänzenden Zeichnungen (Grundriss und Aufriss sowie veranschaulichende Axonometrie) einführende und erläuternde Texte, Konstruktionsbeschreibungen sowie gezeichnete und fotografierte Architekturbeispiele [5].

In der Vorlesung nimmt der Lehrende seine Erläuterungen begleitend am Overheadprojektor Schritt für Schritt farbige Ergänzungen in den Unterlagen vor (Abbildung 1). Die

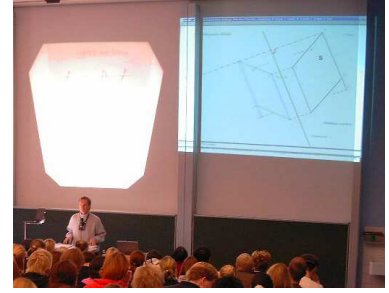


Abbildung 1: Vorzeichnen und Mitzeichnen sowie *WinCAG* in der Vorlesung

Lernenden übertragen diese Ergänzungen in ihre Arbeitsblätter. Durch dieses farbige Mitzeichnen wird der Prozess der Auseinandersetzung der Lernenden mit dem Stoff der Vorlesung eingeleitet.

Durch das Konzept des Mitzeichnens auf den vorbereiteten Blättern sind die Studierenden "gezwungen", die Vorlesung zu besuchen, denn das Unterrichtsmaterial bleibt ohne diese Ergänzungen unverständlich. Durch das Mitzeichnen während der Vorlesung wird ferner die Aufmerksamkeit der Studierenden gebunden. Die Methode der farblichen Differenzierung wird, wo immer möglich, dazu eingesetzt, wiederkehrende Konstruktionselemente deutlich herauszuarbeiten. So können in komplexen Zeichnungen die Konstruktionselemente leichter identifiziert und in den Arbeitsblättern entsprechende Erläuterungen des geometrischen Hintergrundes aufgefunden werden. Das eigenhändige Zeichnen also in der Vorlesung durch den Einsatz des dynamischen Geometrieprogramms *WinCAG* mittels Beamer im Hörsaal projiziert begleitet. Die jeweils gemeinsam bearbeitete Zeichnung wird dynamisch verändert, wodurch eine noch gründlichere Veranschaulichung der geometrischen Phänomene erreicht wird. Da mit *WinCAG* eine Fülle von Parametern verändert werden kann, ist im Vorfeld sorgfältig eine didaktisch günstige Auswahl der Bewegungen zu treffen. Die Programmbedienung lässt sich so vorbereiten, dass der Dozent sich in der Veranstaltung auf inhaltliche Aspekte konzentrieren kann; die vorher ausgewählten Modifikationen werden im Hörsaal durch

"blinde" Mausklicks hintereinander ausgeführt. So kann *WinCAG* das Verständnis der wesentlichen Aspekte und Zusammenhänge verschiedener Konstruktionen präzise visuell unterstützen.

Verschiedene Veränderungen von Parametern der Zeichnungen werden exemplarisch am Thema Schattenkonstruktionen dargestellt.

1.4 Parameterveränderungen bei *WinCAG* am Beispiel Schattenkonstruktionen

Für die plastische Ausgestaltung zeichnerischer Architekturdarstellungen eines Entwurfes ist der Einsatz von Licht und Schatten eine nützliche Technik. Vor allem Lagepläne und Ansichten wirken durch Schatten plastischer, da Vor- und Rücksprünge, aus- und überragende Bauteile deutlich gezeigt werden. Aber auch in anschaulichen Präsentationszeichnungen kann die plastische Wirkung durch die Eintragung von Schatten gesteigert werden. Da schon die Lösung einfacher Aufgabenstellungen in Grundriss und Aufriss ein genaues Verständnis der räumlichen Zusammenhänge erfordert, und da die Beleuchtung eine anschauliche Vertiefung des Themas Projektionen ermöglicht, sind Schattenkonstruktionen besonders gut für das Training des räumlichen Denkens geeignet. *WinCAG* bietet für die Zeichnungen verschiedene Bewegungsmöglichkeiten an, die das Verständnis der Schattenkonstruktionen fördern können.

1.4.1 Schrittweise Entwicklung einer Zeichnung

Mit **WinCAG** ist es möglich, den zeitlichen Ablauf von Konstruktionen zu zeigen. Die verschiedenen Konstruktionen aus den Arbeitsblättern können so Schritt für Schritt nachvollzogen werden (Abbildung 2). Gerade das Verständnis komplexer Zeichnungen wird erleichtert, wenn ihre zeitliche Entstehung wiederholt abgerufen werden kann.

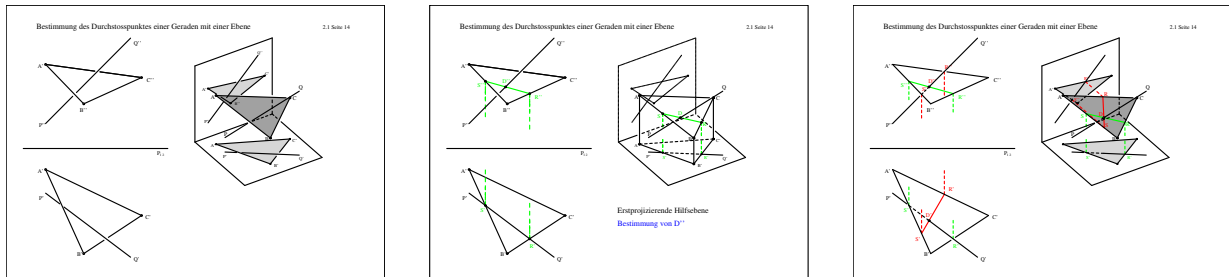


Abbildung 2: Bestimmung der Durchstoßpunktes einer Geraden (Lichtstrahl) mit einer Ebene

1.4.2 Veränderung der Parameter von Objekten

Die geometrische Natur von Objekten wird verdeutlicht, wenn deren Parameter interaktiv verändert werden. In Abbildung 3 wird der Radius bzw. die Höhe eines geraden Kreiszyinders zeitgleich im Grundriss und im Aufriss verändert.

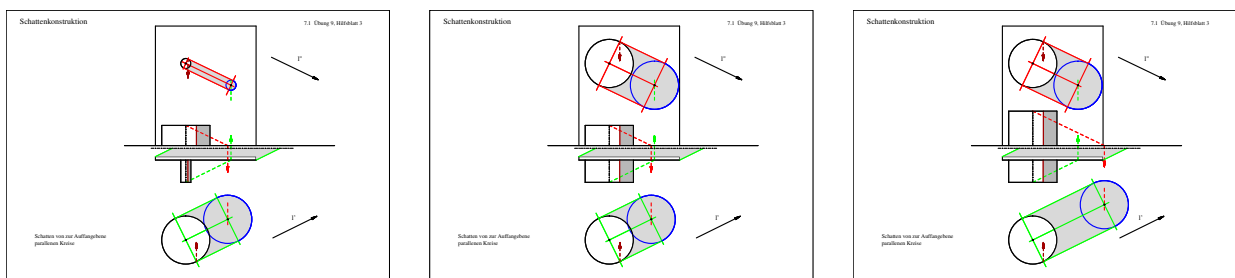


Abbildung 3: Schatten von Kreiszyindern in Grundriss und Aufriss

1.4.3 Gleichzeitige Visualisierung verschiedener Projektionen

Die Reduktion des Raumes auf die Zeichenebene stellt in ihrer Abstraktion hohe Anforderungen an das räumliche Vorstellungsvermögen. Dies gilt besonders für Studienbeginner. Das Begreifen der Zweitafelprojektion wird erleichtert, wenn dieser Abbildungsart stets die anschaulichere orthogonale Axonometrie gegenübergestellt wird. Mit **WinCAG** können Zeichnungen aller Abbildungsarten gleichzeitig präsentiert und modifiziert werden. In der Abbildung 4 werden einer orthogonalen Axonometrie unterschiedliche Projektionsarten gegenübergestellt.

1.4.4 Veränderung der räumlichen Lage von Objekten

Das Erfassen einer räumlichen Situation aus der Zweitafelprojektion heraus kann ferner erleichtert werden, wenn die räumliche Lage der dargestellten Objekte verändert werden kann. Bei **WinCAG** kann diese Veränderung im Grundriss, im Aufriss und in der Axonometrie gleichzeitig verfolgt werden. In Abbildung 5 wird die Lichtstrahlenebene durch einen vertikalen Stab gedreht.

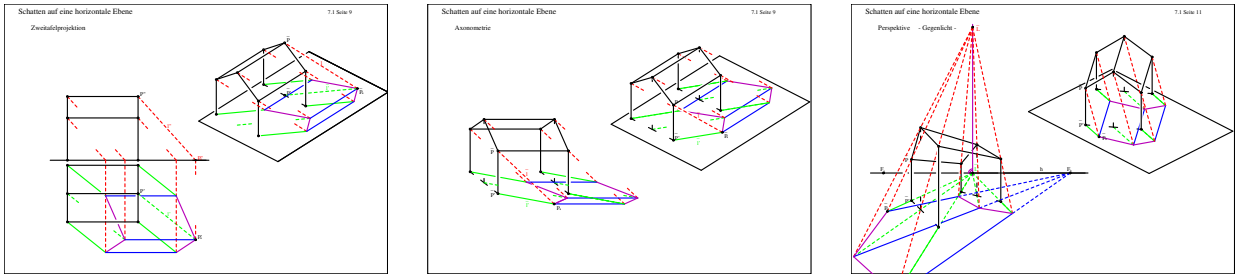


Abbildung 4: Schatten eines Rankgerüsts auf eine horizontale Ebene

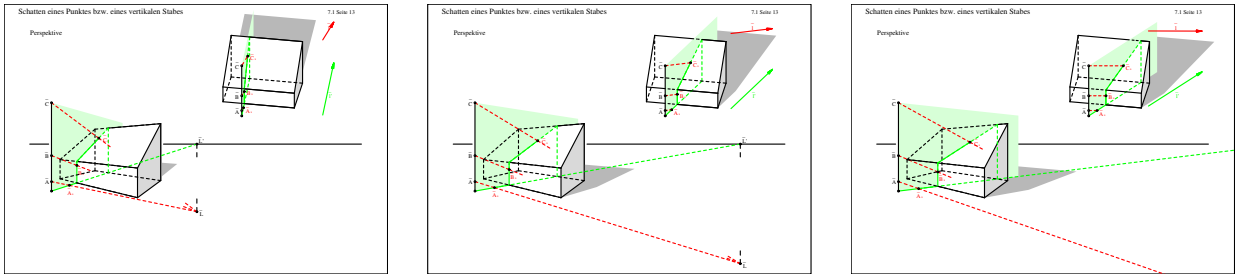


Abbildung 5: Schatten eines vertikalen Stabes (Lichtstrahlenebene)

1.4.5 Veränderung der Parameter der Abbildung

Für Architekten ist die Wahl der Blickrichtung bei der Abbildung ihrer Entwürfe von besonderer Bedeutung. Im Beispiel wird mit Hilfe von **WinCAG** die Blickrichtung einer Grundrissaxonometrie dynamisch verändert, wobei der Neigungswinkel der Projektionsstrahlen von 45° gegen die Grundrissebene unverändert bleibt (Abbildung 6).

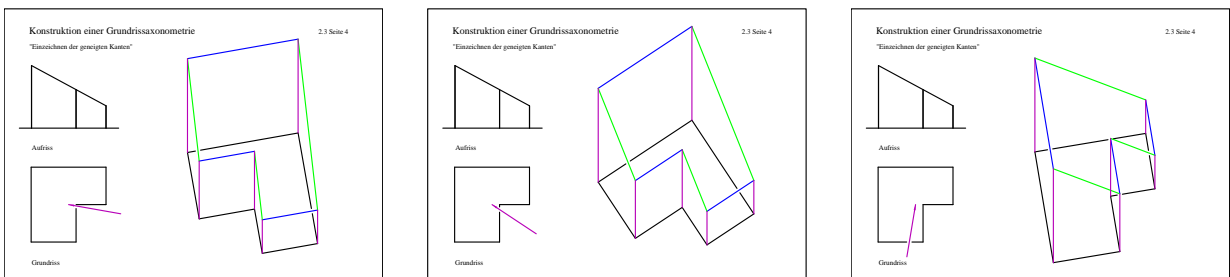


Abbildung 6: Verschiedene Blickrichtungen einer Grundrissaxonometrie

Im Grundriss wird die Lage eines entsprechenden Projektionsstrahls angezeigt. Die Konstruktionslinien der Grundrissaxonometrie können als Schatten des Gebäudes auf der Grundrissebene gedeutet werden (Neigungswinkel der Lichtstrahlen gegen die Grundrissebene 45°)(Abbildung 7).

1.4.6 Dynamische Veränderung des Blickwinkels des Schaubildes

Eine sehr prägnante räumliche Wirkung wird durch die dynamische Veränderung des Blickwinkels der Schaubilder (orthogonale Axonometrien) erzielt (Abbildung 8). Bei der Bewegung kommt zu den zwei Dimensionen der Zeichnung die Zeit als dritte Dimension hinzu: Es entsteht ein "dreidimensionaler Eindruck der dargestellten Situation.

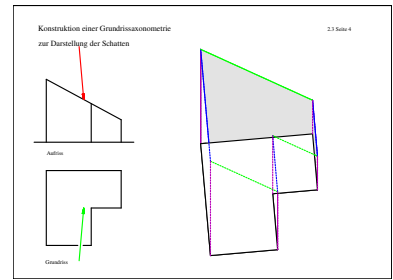
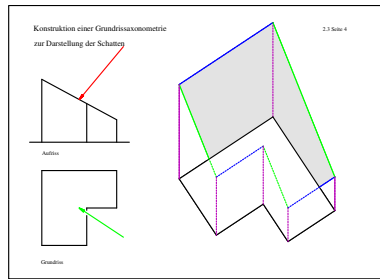
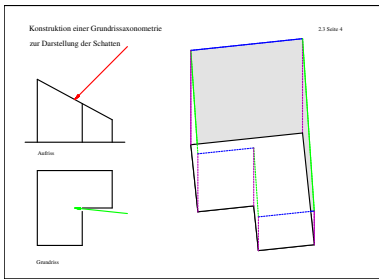


Abbildung 7: Schatten auf der Grundrissebene

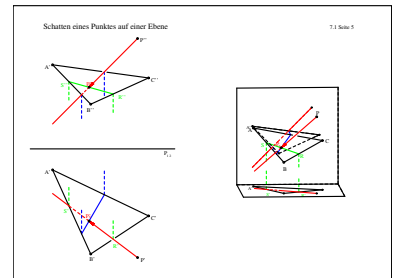
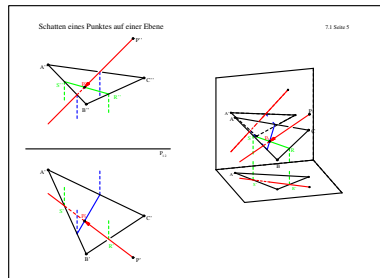
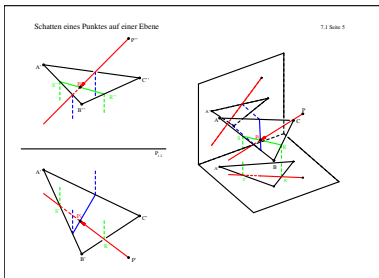


Abbildung 8: Schatten eines Punktes auf einer Ebene

1.4.7 Veränderung der Beleuchtungsart

Mit *WinCAG* kann ideal gezeigt werden, dass die Parallelbeleuchtung der Sonderfall der Zentralbeleuchtung ist, bei dem die Lichtquelle ins Unendliche verschoben wurde (Abbildung 9).

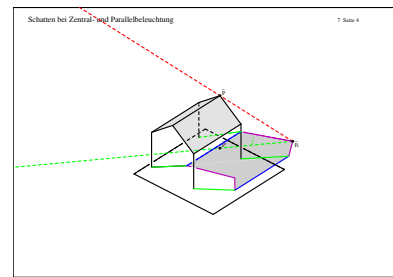
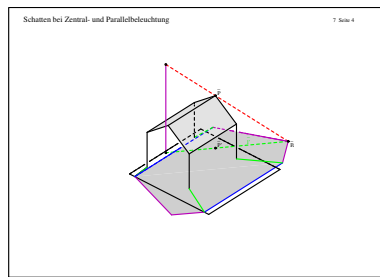
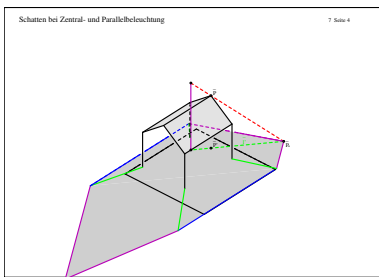


Abbildung 9: Zentral- und Parallelbeleuchtung

1.4.8 Visualisierung komplexer Zusammenhänge

Besonders für die Visualisierung komplexer Zusammenhänge ist **WinCAG** ein leistungsfähiges Werkzeug. Im Beispiel werden Schritt für Schritt die Wahlmöglichkeiten für die Schatten einer Perspektive vorgestellt: Rückenlicht, Seitenlicht und Gegenlicht.

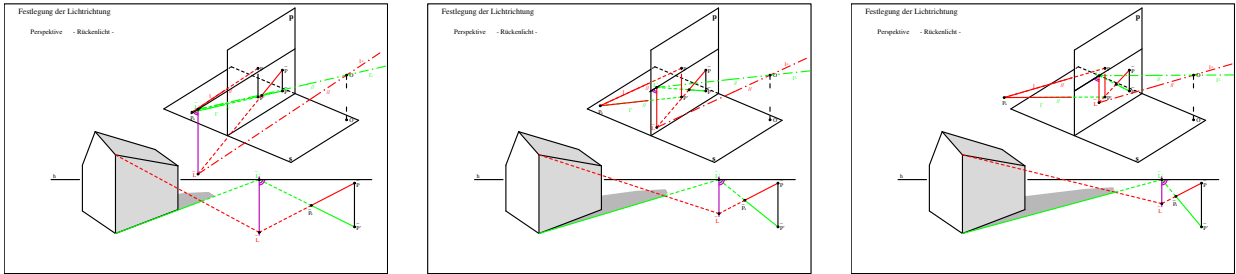


Abbildung 10: Schatten bei Rückenlicht

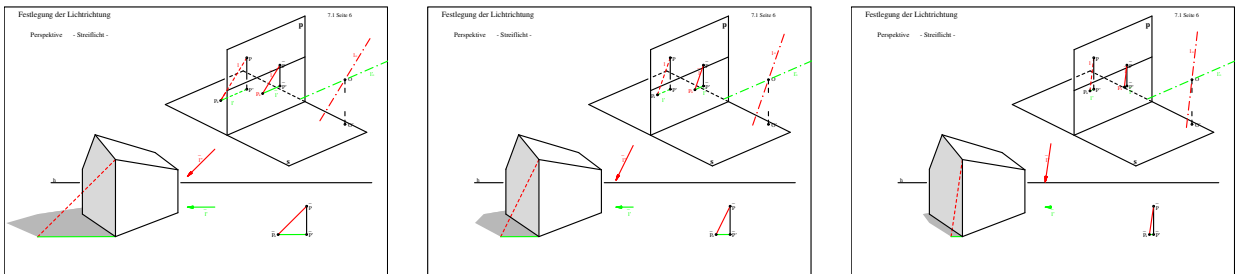


Abbildung 11: Schatten bei Seitenlicht

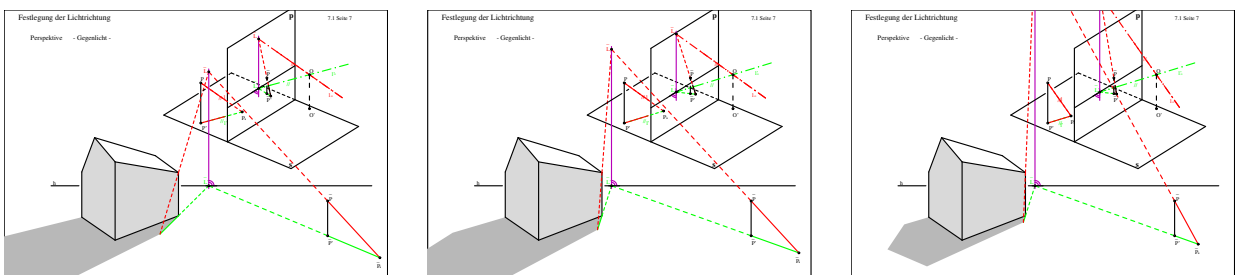


Abbildung 12: Schatten bei Gegenlicht

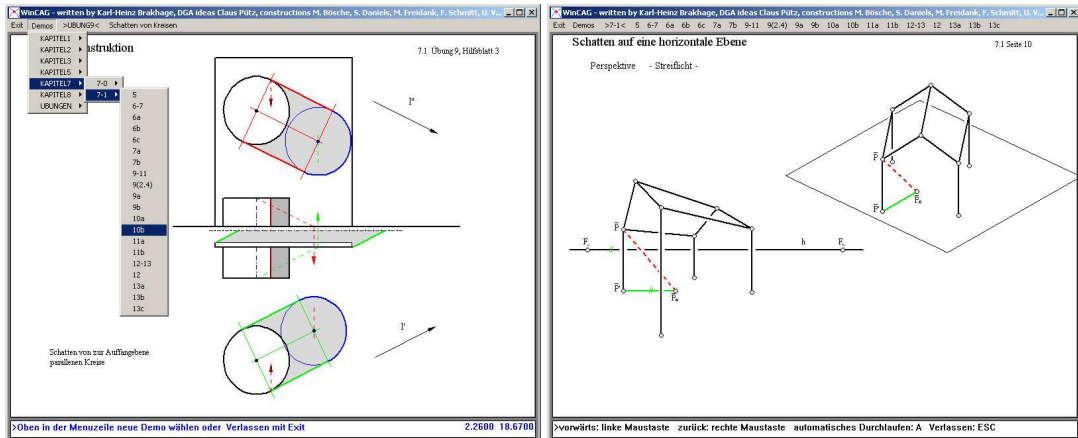


Abbildung 13: Das Programmfenster von *WinCAG*

1.5 Bedienungsanleitung der Präsentationsversion von *WinCAG*

Das Programm *WinCAG* steht in der hier vorgestellten Version unter www.dg-ac.de/wincag als gepackte Datei *wincag-D.exe* für Lehrzwecke kostenlos zur Verfügung. Die gepackte Datei (780 kByte) enthält das eigentliche Programm *wincag.exe*, die Dateien mit den Zeichnungen sowie weitere Hinweise. Beim Anklicken von *wincag.exe* öffnet sich das Programmfenster.

In der grauen *Menuzeile* stehen Demonstrationen zur Verfügung, die aus verschiedenen Unterverzeichnissen (Kapitel, Unterkapitel) aufzurufen sind (Abbildung 13). Bei diese Demonstrationen handelt es sich um dynamische Zeichnungen aus den Arbeitsblättern zur Darstellenden Geometrie [5]. Die hier gezeigten Demonstrationen sind im Verzeichnis *IBDG* zusammengestellt. Zur Übersicht wird eine Auflistung der Demonstrationen als PDF-Datei mitgeliefert. In der *Fußzeile* werden mögliche Aktionen angegeben. Demonstrationen können mit einer Folge von Mausklicks durchlaufen werden, aber auch automatisch ablaufen. Die zu diesem Report gehörigen Demonstrationen sind in der Untergruppe *IBDG* zusammengefasst.

2 *WinCAG* – ein kurzer Überblick

WinCAG (Windows version of Computer Aided Geometry) hieß ursprünglich *CAG* und wurde bereits ab 1985 als DOS-Version entwickelt. Ausgangspunkt war der Bedarf eines leistungsfähigen Systems zum Erstellen von Zeichnungen und Übungsaufgaben zur Darstellenden Geometrie. Schon damals gab es zahlreiche zwei- und dreidimensionale CAD-Systeme. Die meisten speicherten aber nur die Objekte oder das, was davon gezeichnet

werden sollte. So sind im Moment der Erstellung der Konstruktionen zwar Operationen wie Schnitte, Tangenten usw. möglich, aber nachträgliche Änderungen der in die Konstruktion eingehenden Objekte werden nicht berücksichtigt, können es auch nicht mehr, denn die dazu nötige Information (Konstruktionsbefehl) fehlt. Hier lag der Ansatzpunkt des Systems *CAG*.

Bereits 1987 lag eine recht leistungsfähige interaktive Version vor. Die zu Grunde liegenden Objekte waren Punkte, Geraden, Kreise, Ellipsen und Splines. Für sie waren sehr umfangreiche Operationen inklusive aller möglichen Schnitte und Tangenten untereinander implementiert. Objekte konnten zu *Polylinien* zusammengefasst, schraffiert, verschoben, gedreht und beschriftet werden. Benutzer waren eine Technische Zeichnerin, wissenschaftliche Mitarbeiter und studentische Hilfskräfte. Man konnte nun auch die Maße so lange ändern, bis die Gesamtkonstruktion papierfüllend war (optimale Größe), und die einzelnen Konstruktionsteile sich nicht überlagerten (Übersichtlichkeit). Das erste Ziel war erreicht und wurde in [1] an Beispielen dokumentiert. Ab dem Wintersemester 1987/88 wurde das System auch zur Ausbildung von Studenten (Maschinenbauer und Bauingenieure) eingesetzt. In [2] ist die DOS-Version detailliert beschrieben. Die Entwicklung war Ende 1987 im Prinzip abgeschlossen und wurde für ca. 10 Jahre eingestellt. Es sei hier nur noch erwähnt, dass wegen der nicht vorhandenen Leistungsfähigkeit der Rechner die Modifikationen erst auf Abruf und nicht *on the fly* wirksam wurden.

Mit der erhöhten Leistungsfähigkeit der Rechner ergaben sich dann 10 Jahre später neue Ziele: Dynamisches Anpassen bei Modifikationen (entspricht dem *Zugmodus* bei *Cinderella* [3]) und automatischer Ablauf vorbereiteter Änderungen in komplexen Zeichnungen zum Einsatz in den Vorlesungen. Zu diesem Zweck wurde *CAG* zunächst objektorientiert umgeschrieben und auf

Windows portiert. Danach wurden dann die Modifikationsmöglichkeiten erweitert. Um auch räumliche Darstellung einfach und schnell konstruieren zu können, wurde ein *pseudo 3d* Modul integriert. Umfangreiche Zeichnungen und deren Details wurden durch Layertechniken handhabbar.

Bevor im folgenden Abschnitt genauer auf den Umfang und die Einsatzmöglichkeiten von **WinCAG** eingegangen wird, folgt hier noch eine kurze Zusammenfassung der wesentlichen Merkmale. Die Objekte des Systems sind Punkte, Geraden, Kreise, Kegelschnitte und Splines. Die Operationen zur Objekterzeugung lassen sich in vier Klassen zusammenfassen:

1. *Definitionen* — Ein Punkt durch seine Koordinaten, eine Gerade durch zwei Punkte usw.
2. *Schnitte* — alle möglichen Schnitte beliebiger Objekte.
3. *Tangenten* — jede mögliche Tangente kann erzeugt werden.
4. Operationen wie Mittelpunkt, Parallele, Orthogonale usw.

Da die Konstruktionsbefehle gespeichert werden, bei Modifikationen nicht die Objektdaten, sondern die erzeugenden Kommandos geändert werden, und die Rekonstruktion der Zeichnung nur mittels der Kommandos geschieht, werden auch die von den Änderungen betroffenen Objekte korrekt modifiziert. Die Modifikationen werden normalerweise interaktiv vorgenommen. Man kann die Konstruktion aber auch als Textdatei speichern, diese editieren und dann diese laden. Zu diesem Zweck sind alle Befehle so aufgebaut, dass sie zu einer eindeutigen Lösung führen.

Das System interpretiert sämtliche Objekte als Hilfsobjekte. Soll ein Teil des Objektes (oder das ganze Objekt) auch bei der Ausgabe auf einen Drucker oder in eine (Postscript- oder BMP-) Datei sichtbar werden, so muss es vorher entsprechend eingezeichnet werden. Dabei wird für Postscriptdateien selbstverständlich das Prinzip der Vektorgrafik verwendet. Es können verschiedene Farben, Linientypen und -stärken verwendet werden. Mit dem System können auch anspruchsvolle Schraffuren und Beschriftungen durchgeführt werden. Dazu ist die Schriftgröße und -richtung wählbar, und es stehen verschiedene, auch mathematische Fonts zur Verfügung.

3 Konstruktionsbefehle und Modifikationen

Wir wollen hier im Wesentlichen nur die Operationen besprechen, die für den automatischen Ablauf von Modifizierungen relevant sind. Diese sogenannten *Demos* können nämlich so vorbereitet werden, dass sie in der Vorlesung mittels eines simplen Mausklicks ablaufen.

3.1 Erzeugung von Punkten

Um das Prinzip der Modifikationen genauer zu verstehen, widmen wir uns exemplarisch den Punkten. Wir unterscheiden drei Arten von Punkten.

1. Völlig freie Punkte wie
 - a) Punkt durch Koordinatenangabe (Maus/Tastatur)
 - b) Punkt relativ zu einem anderen Punkt
2. Bedingt freie Punkte wie
 - a) Punkt auf Gerade, Kreis, Kegelschnitt, Spline
 - b) Punkt zwischen zwei Punkten (Teilungsverhältnis)
 - c) Punkt im gewissen Abstand und einer vorgegebenen Richtung (Höhe)
3. Fixierte Punkte wie
 - a) Schnittpunkt, Tangentenpunkt
 - b) Lotpunkt, Mittelpunkt

Punkte der ersten Art haben zwei Freiheitsgrade; die zweiter Art noch einen und die dritter Art gar keinen mehr. Beim Modifizieren können zwar z.B. Schnitte umdefiniert werden, aber zur Steuerung von Demos eignen sich nur die Definitionen erster und zweiter Art. Die Verbindungen zu anderen Objekten können nachträglich geändert werden — also etwa einen Punkt auf einen Kreis legen oder ihn von einem solchen entfernen. Während der Konstruktion erkennt **WinCAG** bei fast allen Befehlen automatisch die Inzidenz (Punkt auf einem anderen Objekt, Schnittpunkt, usw.) und setzt automatisch den zur Erzeugung erforderlichen Befehl ab.

Für 1.a) lautet der Befehl zur Erzeugung eines Punktes etwa **P=DefinePoint(x,y)**, wodurch ein Punkt **P** mit den Koordinaten **x** und **y** erzeugt wird. Der Befehl zum automatischen modifizieren sieht dann folgendermaßen aus:

ModifyPoint(P; x₀, x₁, dx; y₀, y₁, dy)

In Abbildung 14 sehen wir die Wirkung dieses Befehls. Der Punkt bewegt sich in dem durch $[x_0, x_1] \times [y_0, y_1]$

gegebenen Rechteck. Dabei nimmt er in x -Richtung die Schrittweite dx und in y -Richtung die Schrittweite dy . An den Rechteckgrenzen prallt der Punkt nach dem Prinzip *Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel* ab.

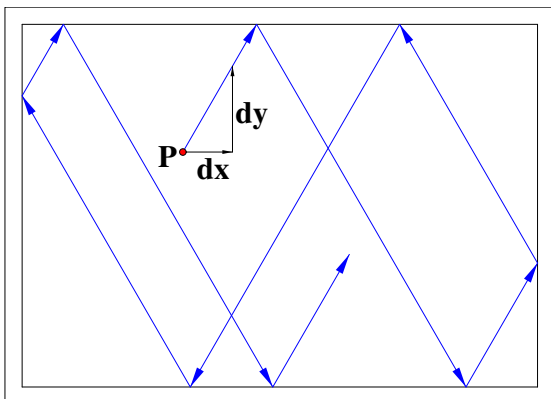


Abbildung 14: Automatische Modifikation von Punkten

Um im Zugmodus oder bei den automatischen Modifikationen konsistentes Verhalten zu erzielen, sind in **WinCAG** zwei sich ergänzende, unterschiedliche Strategien implementiert. Diverse Befehle, z.B. der Schnitt zweier Kreise (quadratische Gleichung), haben mehr als eine Lösung. Die erste Strategie ist die, dass stetige Änderungen der Parameter auch zu stetigen Änderungen der Lösung führen. Dies lässt sich bei einer Begrenzung der Schrittweite in vielen Situationen durch den Vergleich zur vorherigen Lösung realisieren.

Nun können aber auch Situationen auftreten, wo keine reellen Lösungen existieren (die Kreise schneiden sich reell nicht) bzw. die Lösung liegt im *Unendlichen* (parallele Geraden). In [6] und [3] wird beschrieben, wie man hier mit Mitteln der *komplexen Analysis* und *projek-*

tiven Geometrie weiterkommt. Ein wesentlicher Knackpunkt bleibt aber bestehen. Es gibt Situationen (z.B. sich berührende Kreise), in denen Lösungen zusammenfallen. Bewegt man sich in eine solche Lage hinein und wieder heraus, so ist kontextfrei i.a. nicht zu entscheiden, welches die *korrekte* Lösung ist. Der Benutzer kann aber fast immer die gesuchte Lösung spezifizieren — etwa durch Angabe eines Referenzobjektes. So kann etwa angegeben werden, dass das System den Schnittpunkt nehmen soll, der einem vorgegeben Punkt am nächsten liegt. So ist gewährleistet, dass keine Vertauschungen passieren können. In **WinCAG** kann man diese Referenzobjekte (auch nachträglich) angeben.

WinCAG bietet noch eine weitere Variante für den Fall nicht existierender reeller Lösungen. Dies sind die *Konstruktionen mit Alternative*. Das Prinzip wollen wir uns an der klassischen Konstruktion eines Dreiecks, von dem die drei Seiten gegeben sind, klar machen. Im linken Bild von Abbildung 15 ist die Konstruktion illustriert. Im rechten Bild sieht man, dass für Seitenlängen $a + b < c$ kein Dreieck existiert. Soll nun der Übergang der rechten Konstellation in die linke durch Verkürzen der Seite a animiert werden, so liegt ab einer bestimmten Länge von a kein (reeller) Schnittpunkt der Kreise mehr vor. In **WinCAG** kann man angeben, dass als Alternative für den Schnitt des *linken Kreises* K_l mit dem *rechten Kreis* K_r der Schnitt von K_l mit c und statt des Schnittes von K_r mit K_l der Schnitt von K_r mit c genommen wird. Der Punkt C wird also in Wirklichkeit durch zwei Punkte repräsentiert. Dies ist beim Zeichnen der Strecken a und b sowie der angedeuteten Kreise zu berücksichtigen. Damit der Punkt C beim Verlängern von a nicht *nach unten* wandert, ist auch hier ein für den Schnitt der Kreise als *nächst gelegen* deklarierter Referenzpunkt genügend weit *oberhalb* von c angegeben.

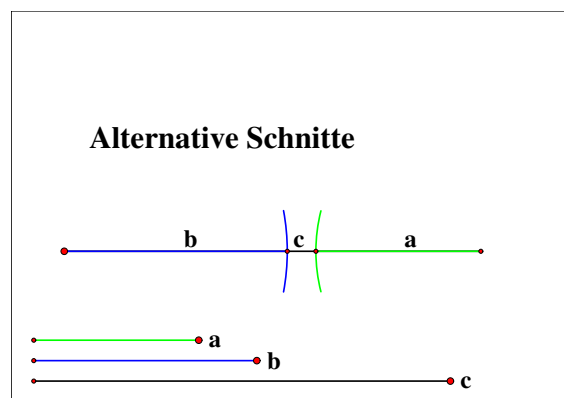
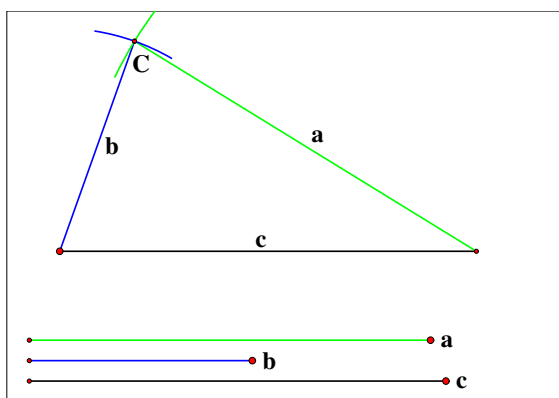


Abbildung 15: Alternative Schnitte

Ein weiterer wichtiger Aspekt für den Ablauf von Demos ist die Layertechnik. Während der Konstruktion mit **WinCAG** werden vom Prinzip nur die Objekte erzeugt. Man kann Optionen setzen, um Punkte oder Linien automatisch zu zeichnen. Dies ändert aber nichts am obigen Prinzip. Es werden dann nur zusätzliche Befehle abgesetzt. Das Gezeichnete kann man dann Layern (auch mehreren) zuordnen bzw. in Layer kopieren. Beim Ablauf der Demo werden dann die gewünschten Layer selektiert. So lässt sich etwa die schrittweise Entwicklung einer Zeichnung leicht nachvollziehen (siehe etwa Abbildung 2).

3.2 Das Abbildungsmodul

Eine große Hilfe für räumliche Darstellungen und deren Animation bietet in **WinCAG** das Abbildungsmodul. Abbildung 16 ist leicht zu entnehmen, dass in einer Zweifafelprojektion durch Angabe eines Punktes $O' = O''$ ein Koordinatensystem induziert wird. Wählt man also einen Punkt durch seine Lage P' im Grund- und P'' im Aufriss aus, so sind **WinCAG** damit 3d-Koordinaten gegeben. Durch Angabe einer (beliebigen) Abbildung und der Lage von O können also Bildpunkte berechnet werden. Es sei noch erwähnt, dass man den Aufriss nicht komplett konstruieren muss, wenn man nur an dem anschaulichen Bild interessiert ist. **WinCAG** benutzt den Punkt P'' nur zur Bestimmung der Höhe (z -Komponente). Die Höhen müssen also nur an einer Stelle abgetragen werden.

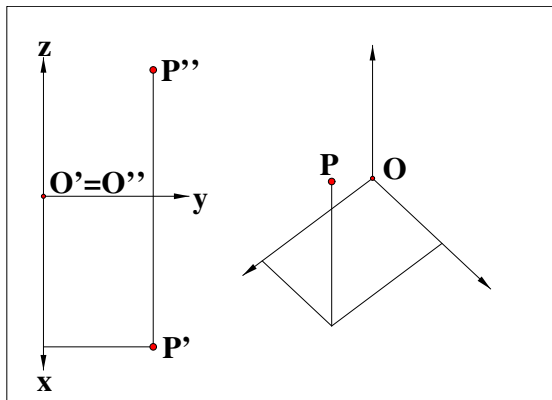


Abbildung 16: Das Abbildungsmodul

Abbildung 19 zeigt eine typische Anwendung. Die eigentliche Konstruktion erfolgt in der Zweifafelprojektion. Zur Visualisierung bildet man dann die erforderlichen Punkte wie oben beschrieben ab. Da das System die Objekte — hier Prisma, Pyramide, etc. — aber nicht kennt, muss man die erforderlichen Linien oder Schraffuren hinzufügen.

Die 3d-Information wird nur für die Abbildung selbst verwendet. Man muss also danach wieder konstruktive Kenntnisse einsetzen, um die Objekte korrekt zu zeichnen. **WinCAG** stellt aber spezielle Befehle zur Verfügung,

die auch hier zu einfachen Konstruktionen führen und bei der Sichtbarkeitsklärung hilfreich sind (s.u.).

Auch die Abbildungen können verändert und animiert werden. Die Abbildungsart selbst (orthogonale Axonometrie, Grundrissaxonometrie, Perspektive, usw.) ist ein Parameter, der für die Demos eingestellt werden kann. In Abbildung 4 sind zwei verschiedene Abbildungen in einer Konstruktion, die modifiziert werden. Auch alle anderen Bestimmungsgrößen/Parameter der Abbildung können wie für Punkte beschrieben automatisch modifiziert werden (siehe etwa Abbildung 8). Für die Konstellation in Abbildung 19 kann man z.B. die Blickrichtung für die Axonometrie (*Längen- und Breitengrad*) völlig analog zu **ModifyPoint** behandeln. Dadurch tritt die Räumlichkeit des Objektes deutlich hervor. Auch die Änderungen, die das Objekt selbst betreffen und in der Zweifafelprojektion vollzogen werden, wirken sich unmittelbar im axonometrischen Bild aus.

3.3 Spezielle Befehle

Da **WinCAG** eine besondere Ausrichtung auf die Darstellende Geometrie hat, sind hierfür spezielle Konstruktions- und Zeichenbefehle integriert. Abbildung 17 zeigt eine typische Konstruktion dieser Art. Sollen Kreise oder Halbkreise abgebildet werden, so muss man nur das berandende Rechteck abbilden. Da die zugehörige Berechnung auch für Ellipsen gültig ist, kann man damit etwa auch den Schnitt eines zylindrischen Vordaches mit einem ebenen Hauptdach sehr einfach konstruieren.

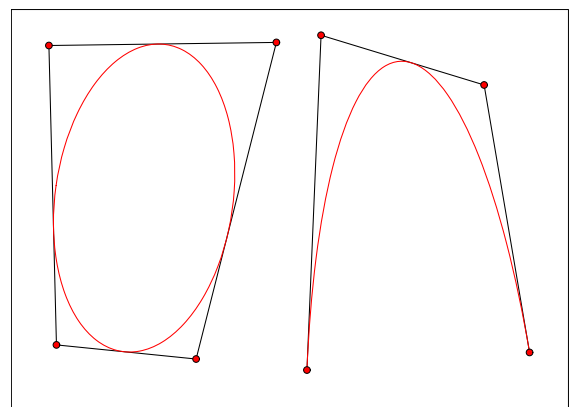


Abbildung 17: Spezielle Konstruktionen

In Abbildung 18 sieht man die Wirkung eines Befehls, der zur Unterstützung der Sichtbarkeitsklärung und beim Einzeichnen von *Horizonten* in Perspektiven konzipiert wurde. Eine Linie kann durch mehrere andere Objekte verdeckt werden. Es werden nur die Teile gezeichnet, die nicht verdeckt sind. Abbildung 19 zeigt eine weitere Anwendung. Hier wurde zunächst ein Gebäude aus quadra-

tischen Türmen mit aufgesetzten Pyramiden und Verbindungsteil konstruiert. Dieses wurde dann in eine Axonometrie abgebildet.

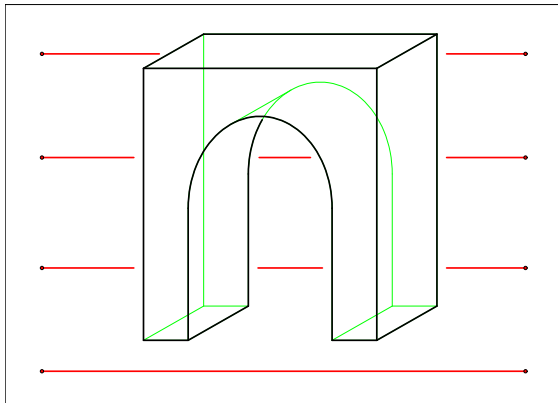


Abbildung 18: Spezielle Zeichenbefehle

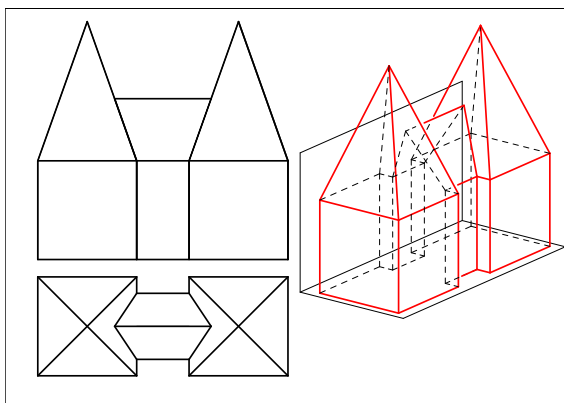


Abbildung 19: Abbildungen

Mit der oben beschriebenen Methode ist das Gebäude dann wie in Abbildung 20 zu sehen umkonstruiert worden. Hier wurden auch die Befehle *Tangente-Ellipse-Ellipse* und *Tangente-Punkt-Ellipse* verwendet. Die Durchdringungen sind in Grund- und Aufriss mittels horizontaler Hilfsebenen (je 5 Punkte) als Ellipsen (Kegelschnitte) konstruiert und dann abgebildet worden.

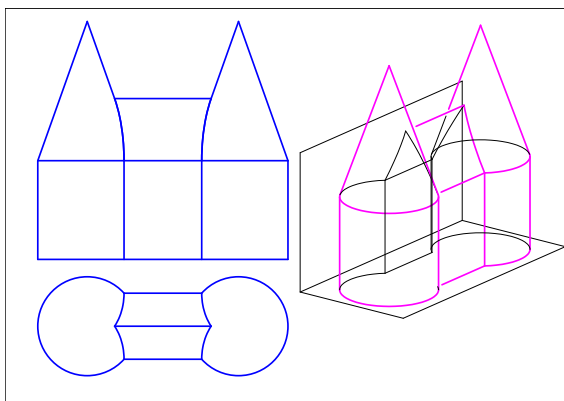


Abbildung 20: Anwendung spezieller Befehle

4 Zusammenfassung

In der Lehre stellt *WinCAG* eine ideale Ergänzung zum Zeichnen von Hand dar. Die fertiggestellten Zeichnungen können mit *WinCAG* so verändert werden, dass ihnen innewohnende geometrische Gesetzmäßigkeiten visualisiert werden. Durch dynamische Veränderungen werden Studienanfängern Phänomene augenfällig, die ihnen durch Texte oder Zeichnungsfolgen nur schwer zu vermitteln sind.

Literatur

- [1] K.-H. BRAKHAGE, M. NITSCHKE: *Ein zweidimensionales CAG-System zur Ingenieurausbildung in Darstellender Geometrie*, Institutsbericht Nr. 47, Institut für Geometrie und Praktische Mathematik der RWTH Aachen (1987)
- [2] K.-H. BRAKHAGE: *Ein menugesteuertes, intelligentes System zur zwei- und dreidimensionalen Computergeometrie*. Dissertation. Fortschrittsberichte. VDI Reihe 20. Nr. 26. 1990. RWTH Aachen. Germany.
- [3] U. KORTENKAMP, *Foundations of Dynamic Geometry*, Ph.D. thesis, ETH Zürich (1999)
- [4] C. PÜTZ: *Integration der Darstellenden Geometrie in den Studiengang Architektur*. Proceedings zum Symposium Darstellende Geometrie. 111-119. 2000. TU Dresden.
- [5] C. PÜTZ: *Arbeitsblätter zur Darstellenden Geometrie für Architekten*. ISBN 3-8265-6292-5. 2002. Shaker Verlag. Aachen.
- [6] J. RICHTER-GEBERT, U. KORTENKAMP: *Dynamische Geometrie: Grundlagen und Möglichkeiten*, <http://www.inf.ethz.ch/~richter>