

Danuta Anna Buhtz Jens Langendorf Olaf Paetsch

GRAZIL – 3 D

Ein graphisches Anwendungsprogramm zur
Darstellung von Kurven- und Funktionsverläufen
im räumlichen Koordinatensystem

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Die 3D-Sichttransformation	7
3. Struktur der Daten	16
4. Benutzung des Programmes GRAZIL-3D	17
Beispiele	21
Literatur	39

Abstract

GRAZIL-3D ist ein interaktives Programmpaket zur graphischen Darstellung von dreidimensionalen Kurvenverläufen. Das Aussehen der räumlichen Ausgabe des Bildes wird durch Angabe des Blickwinkels und der Perspektive festgelegt.

1. Einleitung

Das Softwarepaket GRAZIL-3D ist eine Erweiterung des Programmes GRAZIL. Es ermöglicht, dreidimensionale Kurven und Gitternetzprojektionen unter verschiedenen Blickwinkeln und Projektionsarten darzustellen. Das Programm GRAZIL-3D wird hauptsächlich dazu benutzt, um die zeitliche Wanderung von Lösungskurven zeitabhängiger partieller Differentialgleichungen zu visualisieren. Es können aber auch beliebige andere räumliche Kurven mit GRAZIL-3D ausgegeben werden.

GRAZIL-3D bietet dem Benutzer verschiedene Möglichkeiten bei der Darstellung von beliebigen Kurven, z.B.:

- das Einfügen von Achsen,
- das Markieren der Stützpunkte,
- das Verbinden korrespondierender Stützpunkte bei Gruppen von Kurven,
- die Auswahl einzelner Kurven oder Kurvengruppen,
- das Anbringen von Überschriften und Legenden,
- das Ändern der Sichttransformation.

Die folgende Beschreibung gliedert sich in vier Teile:

- Die theoretische Diskussion des Verfahrens der Projektion dreidimensionaler Objekte und der möglichen Parametersetzung.
- Die Struktur der Daten, soweit sie gegenüber der GRAZIL-2D-Beschreibung erweitert wurde.
- Die Beschreibung der zusätzlich zu GRAZIL-2D verfügbaren Kommandos.
- Beispielausgaben mit den dazugehörigen Parametern.

Das Programm GRAZIL-3D wurde auf der Basis von GKS geschrieben. Das volle dreidimensionale GKS wurde allerdings nicht benutzt, weil die Normung noch nicht abgeschlossen ist. Stattdessen wurde ein Softwarepaket herangezogen, das die notwendigen Viewing-Funktionen oberhalb des 2D-GKS simuliert.

GRAZIL-3D befindet sich noch im Stadium der Entwicklung. Die hier beschriebene Version stellt einen Prototyp dar. Die wichtigsten Features, die in Zukunft implementiert werden sollen, sind:

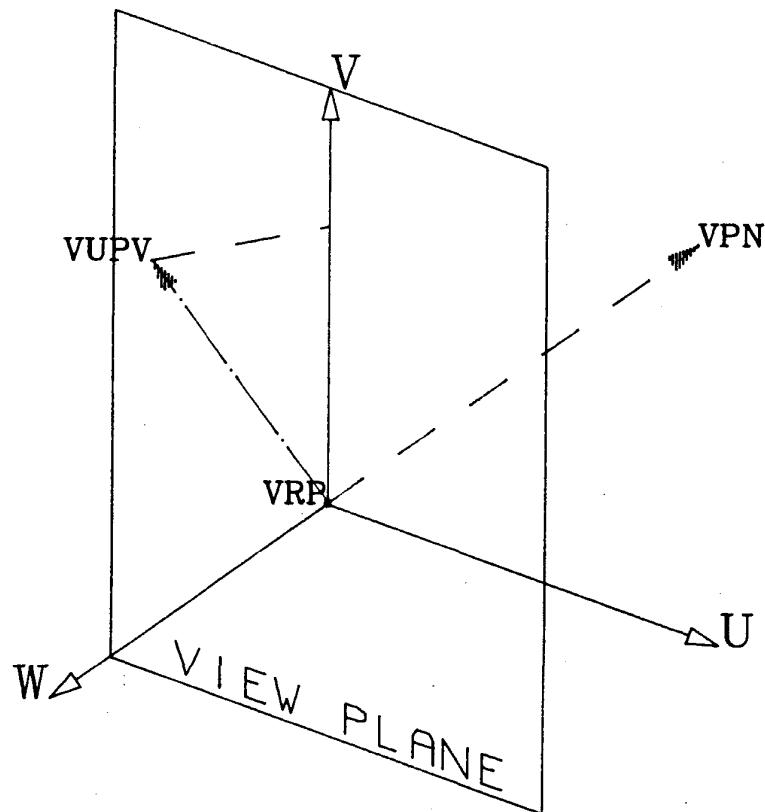
- erweiterte Parametersetzungsmöglichkeiten für die Viewing-Transformation
- die Ausgabe von Flächen mit der Möglichkeit der Schattierung
- Hidden Line/Hidden Surface Removal
- die Anpassung auf das 3D-GKS

GRAZIL-3D ist derzeit nur auf dem MVS-System des ZIB verfügbar. Für die Zukunft ist jedoch die Installation auf UNIX-Workstations geplant.

2. Die 3D-Sichttransformation

Um ein dreidimensionales Objekt graphisch darstellen zu können, benötigt man eine Projektionsabbildung, die man als 3D-Sichttransformation bezeichnet. Die 3D-Sichttransformation wird durch Spezifizierung eines Sichtvolumens und Projektion der graphischen "Primitives" auf eine Sichtebene realisiert.

Innerhalb des Weltkoordinatensystems wird ein Sicht-Koordinatensystem ($U V W$) definiert. Auf dieses System beziehen sich alle weitere Parameter der Projektion.



Figur 1: Die Sichtebene und das $(U V W)$ -System.

- View Reference Point - entspricht dem Ursprung und wird in
 "VRP" der Nähe des Objektes festgelegt
- View Plane Normal - bestimmt die W -Achse und damit die Aus-
 "VPN" richtung der Sichte ebene des Blickwinkels.
 Die W -Achse und die "VPN" haben gleiche
 Richtung, aber unterschiedliche Orientierung.
 Die W -Achse zeigt vom Objekt zum
 Beobachter, die "VPN" zeigt vom Objekt in
 Blickrichtung nach hinten.
- View UP Vector - bestimt die V -Achse und damit die Richtung,
 "V UP V" die vom "VRP" senkrecht nach oben zeigt.
 Die V -Achse ist die Projektion des "V UP V"
 Vektors auf die Sichte ebene.

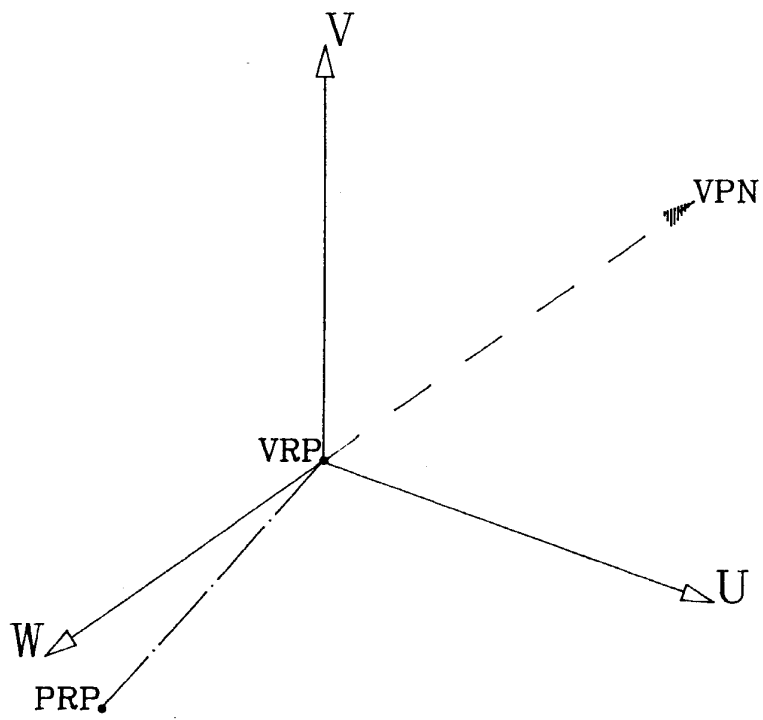
Die Projektionsebene, die sogenannte *View Plane* ("VP") ist stets parallel zur UV -Ebene. Ihr Abstand zum Beobachter wird durch die *View Plane Distance* ("VPD") festgelegt.

Zur Bestimmung des Sichtvolumens benutzen wir:

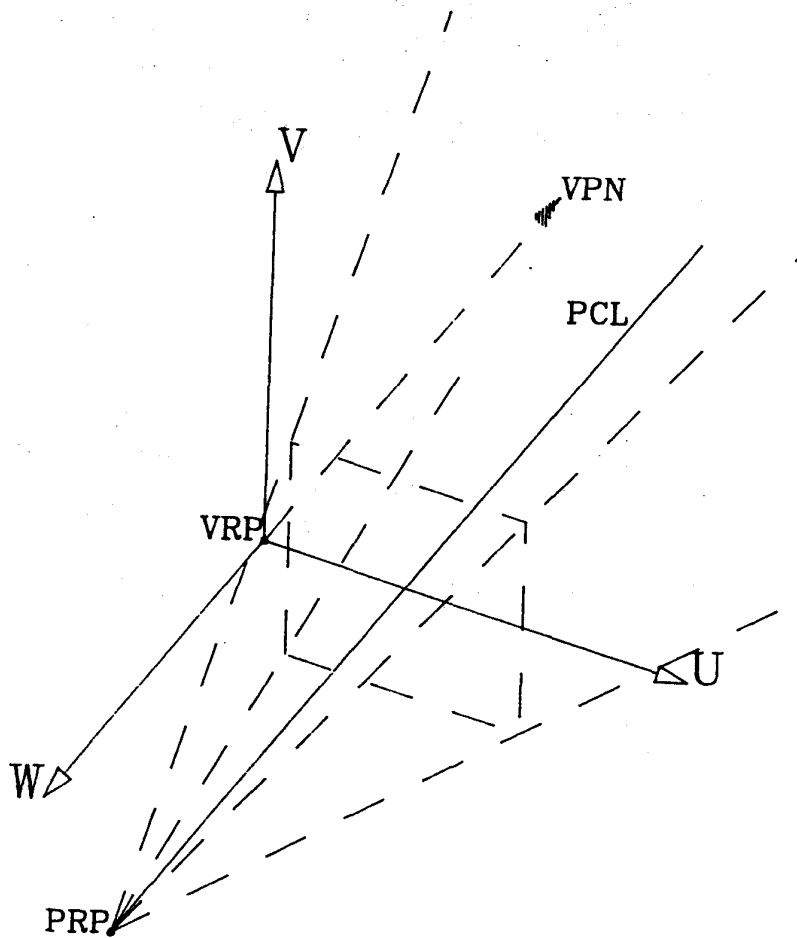
- a) Projection Type
- b) Projection Reference Point ("PRP")

Es werden zwei Arten von Projektionen angeboten: die parallele Projektion und die perspektivische Projektion. Bei paralleler Projektion entsteht als Sichtvolumen ein unendliches Parallelepiped (die Projektionslinien laufen parallel). Die perspektivische Projektion erzeugt eine semi-unendliche Sichtpyramide (die Projektionslinien laufen auf einen Fluchtpunkt zu). Seitlich wird das Sichtvolumen begrenzt durch das normale (zweidimensionale) GKS-Window, das in der Sichte ebene liegend angenommen wird. Durch Angabe einer "Far Distance" und einer "Near Distance" werden zusätzlich zwei Ebenen für das Clipping in Projektionsrichtung definiert. Bei perspektivischer Projektion bedeutet der *Projection Reference Point* ("PRP") das Projektionszentrum, also den Fluchtpunkt.

Im Falle paralleler Projektion bestimmt die Verbindungslinie zwischen dem *View Reference Point* ("VRP") und dem *Projection Reference Point* ("PRP") die Richtung der Projektionslinien.



Figur 2: Die parallele Projektion



Figur 3: Die perspektivische Projektion mit Projection Center Line (PCL) und Sichtpyramide

Die oben beschriebene 3D-Sichttransformation entspricht im wesentlichen der Viewing Transformation des 3D-GKS.

Um die Benutzung des GRAZIL-Programmes zu vereinfachen, braucht der Benutzer nicht alle besprochenen Parameter selbst zu setzen. Es gibt drei Möglichkeiten der Parametersetzung:

a) Konstante Parametersetzung durch GRAZIL

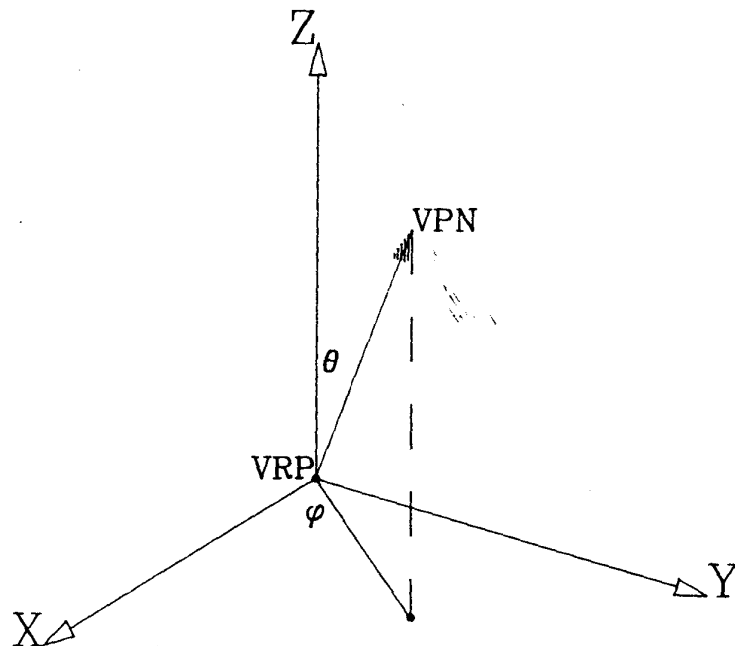
- Die Begrenzung des Sichtvolumens in Projektionsrichtung ("Far Distance" und "Near Distance") werden durch das GRAZIL-Programm so gesetzt, daß in dieser Richtung kein Clipping stattfindet.

b) Variable Parametersetzung durch GRAZIL

- Der *View Reference Point* wird durch GRAZIL automatisch den Daten auf der Zugriff-Datei angepaßt.
- Der *View Up Vector* wird dem Wert der *View Plane Normal* automatisch so angepaßt, daß er in der Sichtebene immer nach oben zeigt.

c) Parametersetzung durch den Benutzer

- Die *View Plane Normal* kann vom Benutzer gesetzt werden. Hierzu sind sphärische Koordinaten zu verwenden, weil der Begriff des Blickwinkels für den Benutzer anschaulicher ist als die kartesischen Koordinaten.



Figur 4: Sphärische Koordinaten

VPN - View Plane Normal
 VRP - View Reference Point

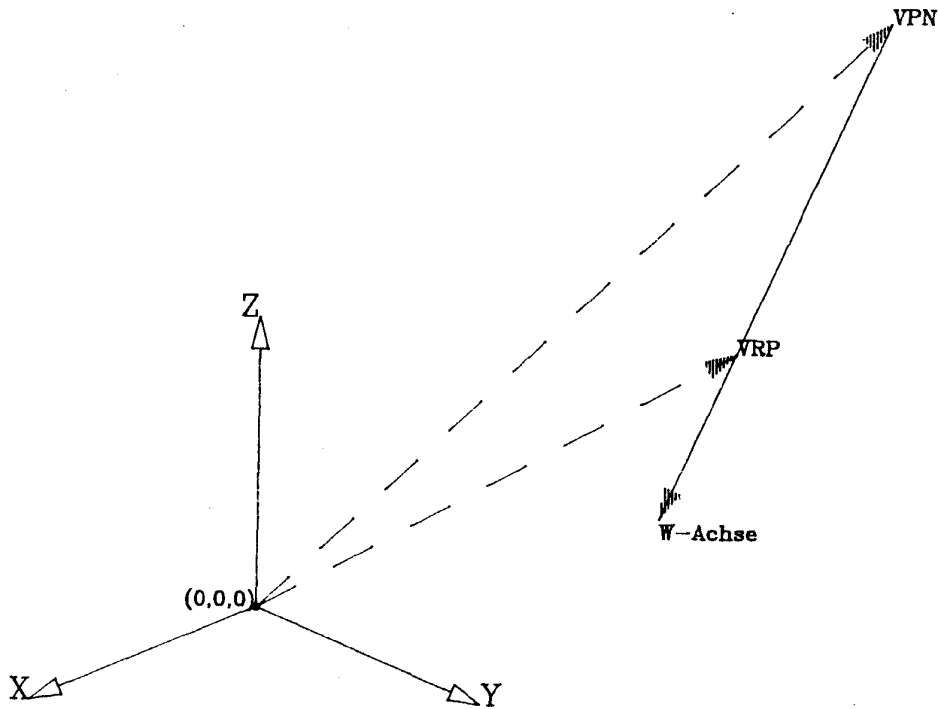
Die Länge des *VPN-Vector* hat keine Bedeutung, deshalb brauchen wir nur die zwei Winkel (Θ und φ) einzugeben:

$$0^\circ \leq \Theta \leq 180^\circ, \quad 0^\circ \leq \varphi \leq 360^\circ$$

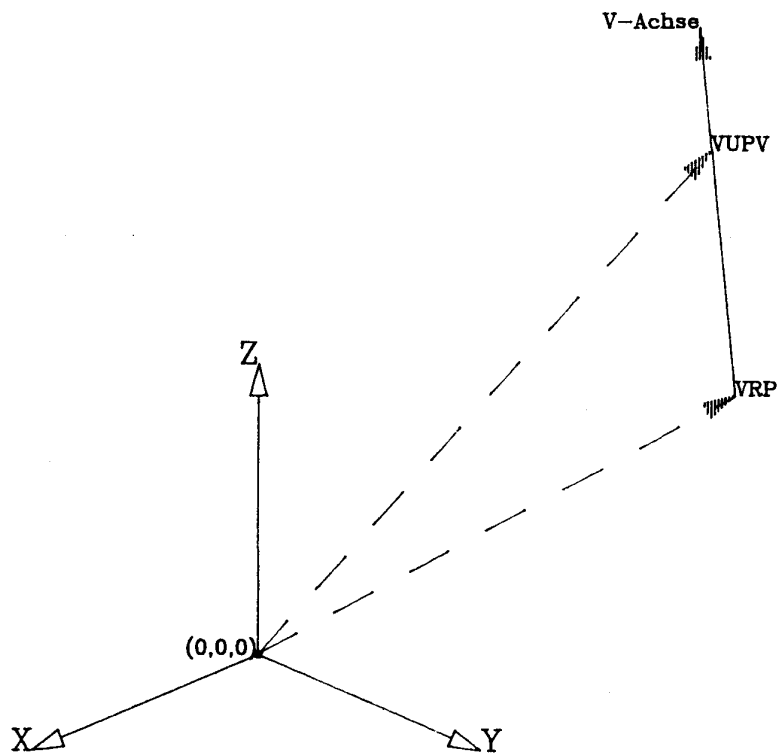
Achtung! Wie schon erwähnt, arbeiten wir mit zwei Koordinatensystemen. (X, Y, Z) definieren das *feste* Weltkoordinatensystem, dessen Ursprung im Punkt $(0, 0, 0)$ liegt.

(U, V, W) definieren ein zweites Koordinatensystem in der Nähe des Objekts, dessen Ursprung im "VRP" liegt und dessen Ausrichtung durch "VPN" und "VUPV" bestimmt wird.

Hieraus folgt sofort, daß "VRP", "VPN" und "VUPV" im $X Y Z$ -System eingegeben werden müssen. Allerdings ist bei "VPN" und "VUPV" zur Vereinfachung nur die relative Verschiebung bezüglich "VRP" anzugeben.



Figur 5: Definition der W-Achse



Figur 6: Definition der V-Achse

Durch die Definition von *V*- und *W*-Achse ist auch die *U*-Achse eindeutig festgelegt.

Auf der Graphik ist immer genau die *UV-Ebene* zu sehen.

Für $\Theta = 0^\circ$ - ist sie parallel zur *XY-Ebene*.

Man erhält in diesem Falle eine ganz normale 2D-Graphik.

- Der Benutzer des Programmes kann auch *Projection Type* und *Projection Reference Point* setzen.

Projection Type 0 ergibt eine parallele Projektion.

Projection Type 1 ergibt eine perspektivische Projektion.

Die Bedeutung des *Projection Reference Point* hängt vom *Projection Type* ab, sie wurde bereits oben erklärt.

3. Struktur der Daten

Das Programm GRAZIL-3D verarbeitet sogenannte ZUGRIFF-Dateien. Die genaue Datenspezifikation wurde in Technical Report 87-6 (ZUGRIFF) und Technical Report 87-7 (GRAZIL) beschrieben.

Für GRAZIL-3D wurde die Dateistruktur geringfügig erweitert. Unter dem Namen einer Spezies kann jetzt auch eine Gruppe von Kurven definiert werden. Die einzelnen Kurven einer solchen Gruppe werden genauso wie eine einzelne Kurve zu einer Spezies definiert, also z.B:

```
&DEF Speziesname: (X = Anzahl der X-Werte,  
                  Y = Anzahl der Y-Werte,  
                  Z = Anzahl der Z-Werte)
```

```
&DATA
```

```
X = Liste der X-Werte  
Y = Liste der Y-Werte  
Z = Liste der Z-Werte
```

```
&END
```

Die Zusammengehörigkeit der Kurven wird ausgedrückt durch den gemeinsamen Speziesnamen im &DEF Satz. Zweidimensionale Daten können mit GRAZIL-3D dargestellt werden. Das Programm setzt dann alle Z-Werte auf +1.0.

4. Benutzung des Programmes GRAZIL-3D

A. Aufruf

Das Programm GRAZIL-3D ist z. Zt. nur auf dem MVS-System des ZIB installiert. Es wird gestartet durch Aufruf der Prozedur:

```
GRAPHIK.CLIST(GRAZIL3D)
```

B. Parameter

Beim Aufruf von GRAZIL-3D können mehrere Parameter angegeben werden, die die Zuordnung von Dateien zum Programm steuern. Sie können alle weggelassen werden, was zu bestimmten Standardannahmen führt.

Die Parameter bedeuten im einzelnen:

- IND1, IND2, IND3: drei ZUGRIFF-Dateien oder Kommando-Dateien.
Default: GRAZIL-3D wird gestartet, ohne Dateien einzulesen
- GKSMMSG: Datei für die GKS-Fehlermeldungen.
Default: Ausgabe auf dem Bildschirm
- METAFIELD: Name des GKS-Metafiles.
Default: Metafile
- BENSONPLOTTER: Filename für Benson-Plotterbefehle.
Default: Ausgabe direkt am Plotter, falls er als Ausgabegerät gewählt wurde.
- HPPLOTTER: Analog, nur für HP-Plotter 7475.

C. Dialog

Die Ausgabe von Graphiken kann in GRAZIL-3D durch eine Reihe von Kommandos gesteuert werden. Die meisten von ihnen unterscheiden sich nicht von den Kommandos in GRAZIL-2D.

Hierzu gehören:

- | | | | |
|-----------|-----------|----------|----------|
| - ALIAS | - END | - NAME | - SIZE |
| - COMFILE | - HEAD | - PLOT | - STOP |
| - DATA | - HELP | - QUIT | - VARS |
| - DEF | - LEGTYPE | - RENAME | - WKTYPE |
| - DUMMY | - LIST | - RUN | |

Einige Kommandos haben sich nur dahingehend geändert, daß als Achsenbezeichner neben *X* und *Y* auch *Z* zugelassen ist:

- ATEXT
- AXISSPEC
- BOUNDS

Weitere Kommandos die sich gegenüber GRAZIL-2D geändert haben:

- CURVE: Eine Interpolation ist nicht möglich.
- HEADLINE: Es können bis zu 10 Headlines angegeben werden.

Die folgenden Kommandos sind in GRAZIL-3D nicht benutzbar:

- AUXLINE
- GRID
- MINRATIO
- SAVE

GRAZIL-3D bietet zusätzlich folgende neue Kommandos:

1. CONNECT

- Schalter zum Verbinden von Stützpunkten zweier benachbarter und zu zeichnender Kurven. Es werden nur die Stützpunkte von Kurven gleicher Stützpunktzahl verbunden.
- Kommandosyntax:
& CONNECT <frequenz> <colour> <linetype>
frequenz :: 0 = Es werden keine Stützpunkte verbunden
 1 = Jeder Stützpunkt wird verbunden
 n = Jeder n. Stützpunkt wird verbunden
colour :: Farbindex der Verbindungslinien
linetype :: Linienart der Verbindungslinien

2. CURVEBUNDLE

- Zur Auswahl einzelner Teilkurven einer Kurve.
- Kommandosyntax:
& CURVEBUNDLE <name> <first> <last> <increment>

name :: Name einer Kurve, Wildcards sind möglich
 first :: Nummer der ersten zu zeichnenden Teilkurve
 last :: Nummer der letzten zu zeichnenden Teilkurve
 increment :: Increment für die Teilkurvennummern

3. STAMP

- Zum Setzen eines Datums- und Zeitstempels oder zweier kurzer Texte (jeweils 8 Zeichen lang)
- Kommandosyntax:
 &STAMP <stamp_1> <stamp_2> <x-loc> <y-loc>

stamp_1,
 stamp_2 :: #D = Es wird das aktuelle Datum eingetragen.
 #T = Es wird die aktuelle Uhrzeit eingetragen.
 'text' = dieser Text wird eingetragen.
 ' ' = Eintragung wird gelöscht.
 x-loc :: X-Koordinate für Textanfangspunkt
 "LEFT" = der Stempel wird an den linken Rand gesetzt.
 "RIGHT" = der Stempel wird an den rechten Rand gesetzt.
 y-loc :: Y-Koordinate für Textanfangspunkt.
 "BOTTOM" = der Stempel wird an den unteren Rand gesetzt.
 "TOP" = der Stempel wird an den oberen Rand gesetzt.

4. VIEWINGPARAM

- stellt zwei Betrachtungswinkel im Kugelkoordinatensystem ein
- Kommandosyntax:
 &VIEWINGPARAM <theta> <phi>

theta :: Winkel zwischen der Z -Achse und dem
Vektor vom Ursprung zum Betrachtungs-
punkt

phi :: Winkel zwischen der X -Achse und der
Projektion des Vektors vom Ursprung
zum Betrachtungspunkt auf die
 X - Y -Ebene

Die hier aufgeführten neuen Kommandos sind mit Ausnahme von
STAMP typischerweise für dreidimensionale Anwendungen geeignet
und daher in GRAZIL-2D nicht vorgesehen.

Beispielausgaben:

Die Bilder (7 - 13) zeigen verschiedene Darstellungsmöglichkeiten für Lösungen zeitabhängiger partieller Differentialgleichungen an festen Zeitschichten.

Es handelt sich dabei um die zeitabhängigen Lösungen der Differentialgleichungen für die Massenanteile und die Temperatur in einem Verbrennungsprozeß:

$$\begin{aligned} \frac{\partial Y^{(k)}}{\partial t} - m_0 \frac{\partial Y^{(k)}}{\partial \psi} &= \frac{\partial}{\partial \psi} \left(\rho^2 D_k \frac{\partial Y^{(k)}}{\partial \psi} \right) - \frac{1}{\rho} R_k M_k, \quad k = 1, \dots, N \\ \frac{\partial T}{\partial t} - m_0 \frac{\partial T}{\partial \psi} &= \frac{1}{c_p} \frac{\partial}{\partial \psi} \left(\rho \lambda \frac{\partial T}{\partial \psi} \right) - \frac{1}{\rho c_p} \sum_{k=1}^N R_k M_k h^{(k)} \\ &\quad - \sum_{k=1}^N \frac{c_p^{(k)}}{c_p} - \rho^2 D_k \frac{\partial Y^{(k)}}{\partial \psi} - \frac{\partial T}{\partial \psi} \end{aligned}$$

Dargestellt wurden die Lösungen für Sauerstoff (SP2), Ozon (SP3) und die Temperatur (SP4).

Nach Aufruf von GRAZIL-3D wurden folgende Befehle angegeben:

1. &WKTYPE 2648

2. &CURVE * = = 0 0

Dieser Befehl dient dazu, die Ausgabe der Markersymbole an den Stützstellen zu unterdrücken, was wegen der Vielzahl der darzustellenden Kurven unbedingt empfehlenswert ist.

Zunächst beschränken wir uns auf die Darstellung einer Spezies:

3. &VARS = SP3

4. &VIEW 45 45

5. &RUN

(Fig. 7)

6. &VIEW 30 60

7. &STAMP #D #T

8. &RUN

(Fig. 8)

In der unteren rechten Ecke erscheinen: Datum und die Uhrzeit.

Um die zeitliche Wanderung der einzelnen Lösungskurven besser beobachten zu können, ist die Verbindung der Stützstellen benachbarter Kurven von Interesse. Die Voraussetzung hierfür ist eine gleiche Anzahl von Stützstellen.

In unserem Beispiel wird allerdings ein Datensatz benutzt, bei dem je zwei identische Kurven mit unterschiedlichem Stützstellensatz aufeinander folgen. Daher ist es notwendig, zur Darstellung nur jede zweite Kurve auszuwählen:

9. &CURVEB * 1 70 2

10. &CONNECT 1 1 1

11. &RUN

(Fig. 9)

Falls es bei zeitlichen Darstellungen erwünscht ist, die Zeitachse - die ja die Z-Achse ist - nach hinten zeigen zu lassen, gibt man einen Winkel $\varphi > 180^\circ$ an:

12. &VIEW 55 240

13. &RUN

(Fig. 10)

Es kann passieren, daß sich die Lösungskurven z.B. am Anfang zu stark "drängeln". In solchem Fall wählt man nur die entsprechende Anzahl der Kurven aus. Zusätzlich muß der Wertebereich der Zeitachse angepaßt werden:

14. &VIEW -45 -60

15. &CURVEB * 1 30 2

16. &BOUNDS Z 3 0.0 3.0

17. &RUN

(Fig. 11)

Um zwei Spezies in einer Graphik gemeinsam darzustellen, benutzen wir das Kommando:

18. &VARS + SP4

19. &CONNECT 0

20. &RUN

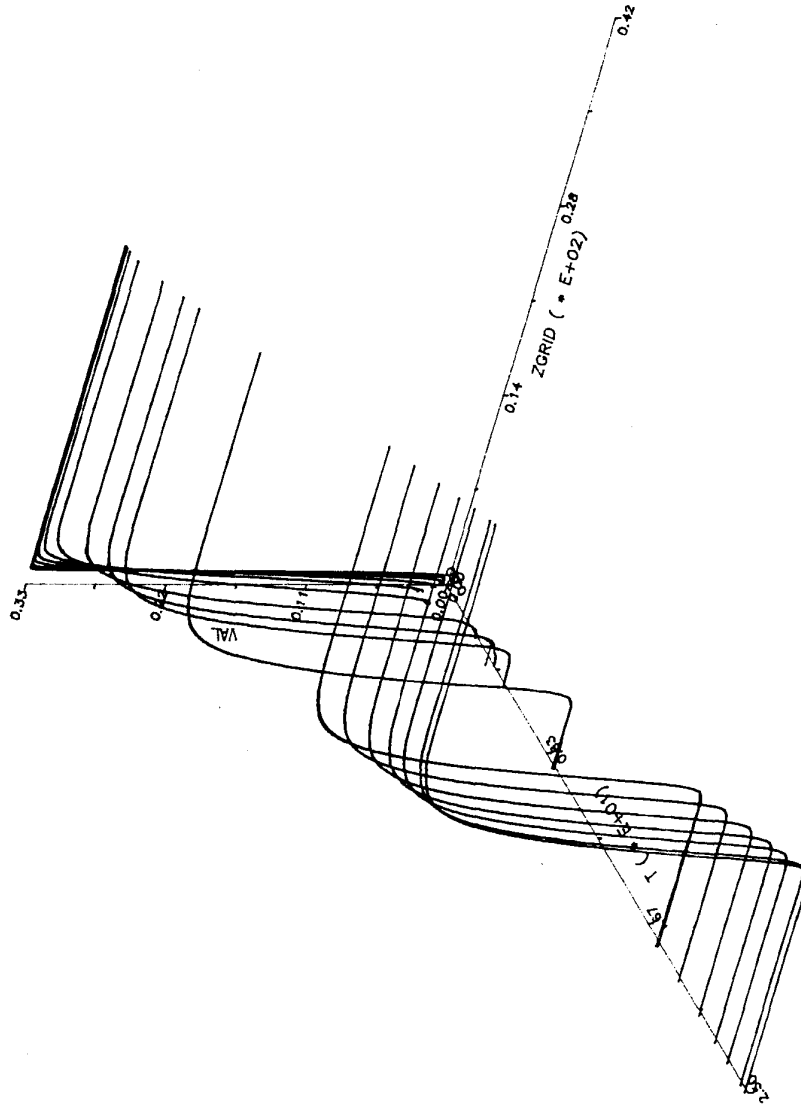
(Fig. 12)

(die Verbindung der Stützstellen wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit abgeschaltet).

Fig. 13 zeigt noch eine andere Spezies unseres Datensatzes (SP2).

Many species with different number of values

— SP3



Figur 7

Many species with different number of values

SP3

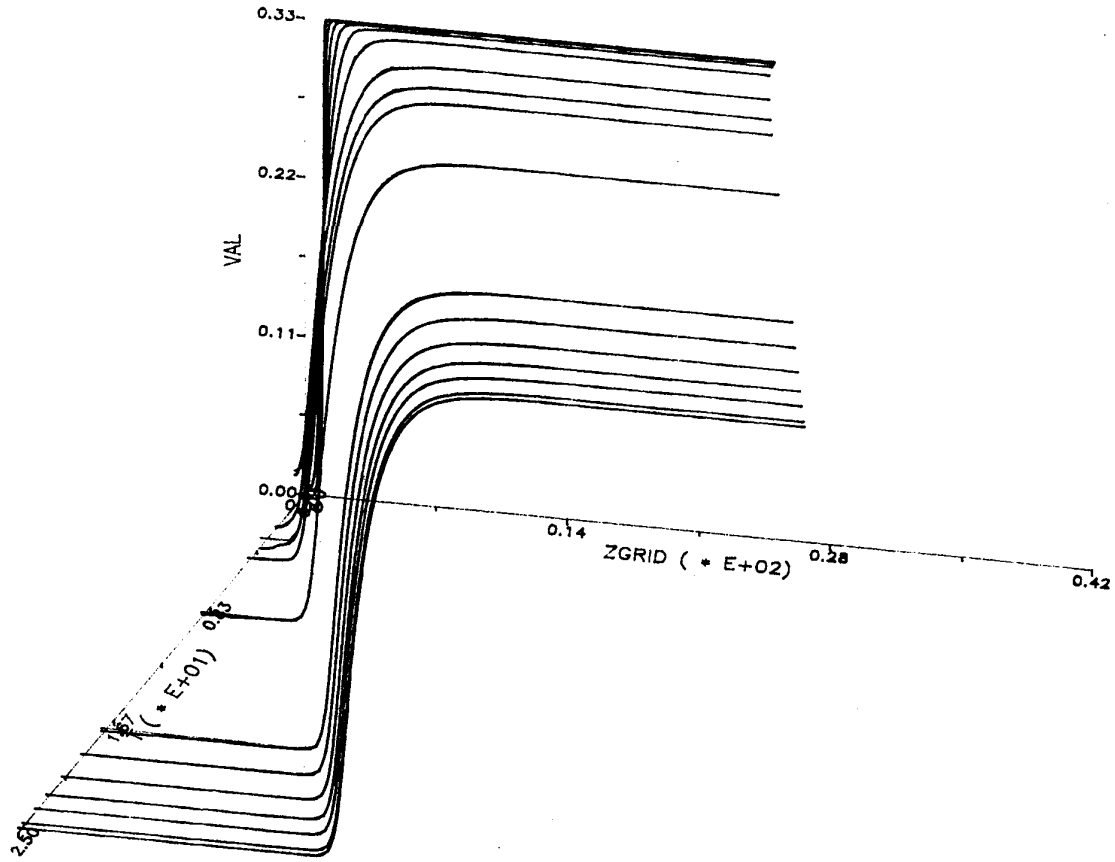
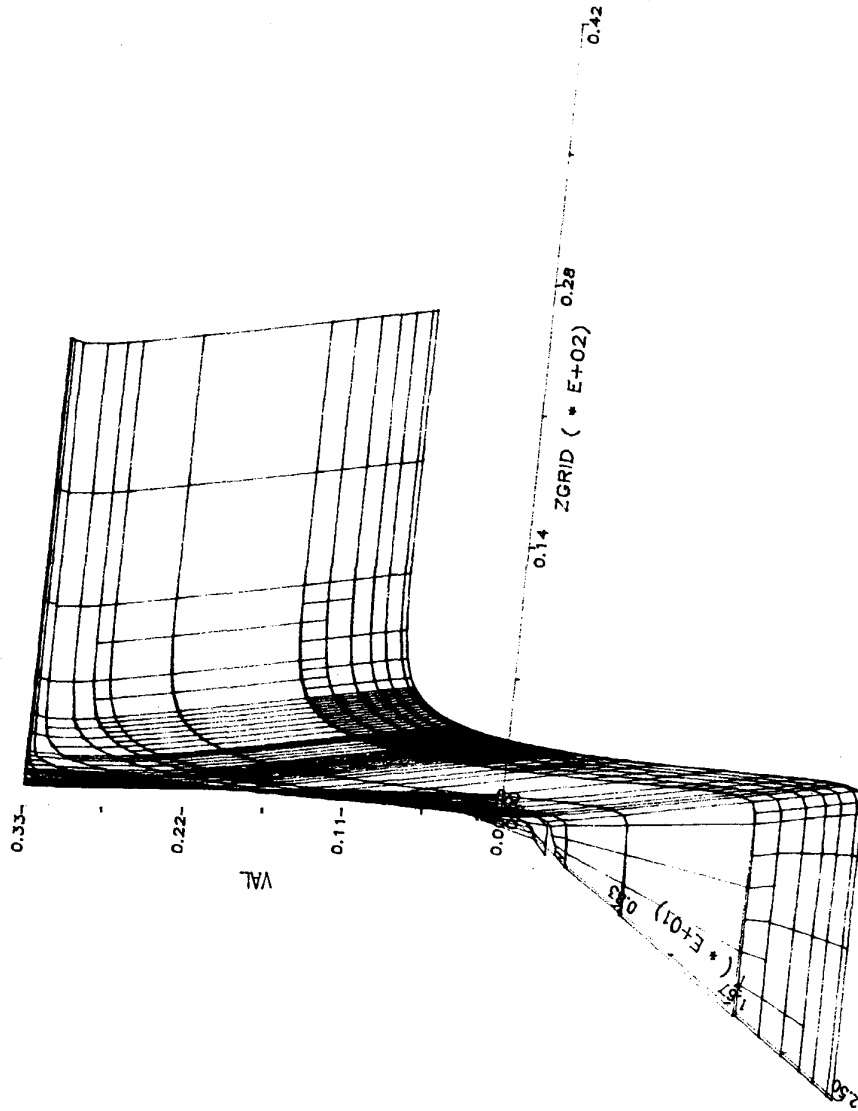


Figure 8

Many species with different number of values

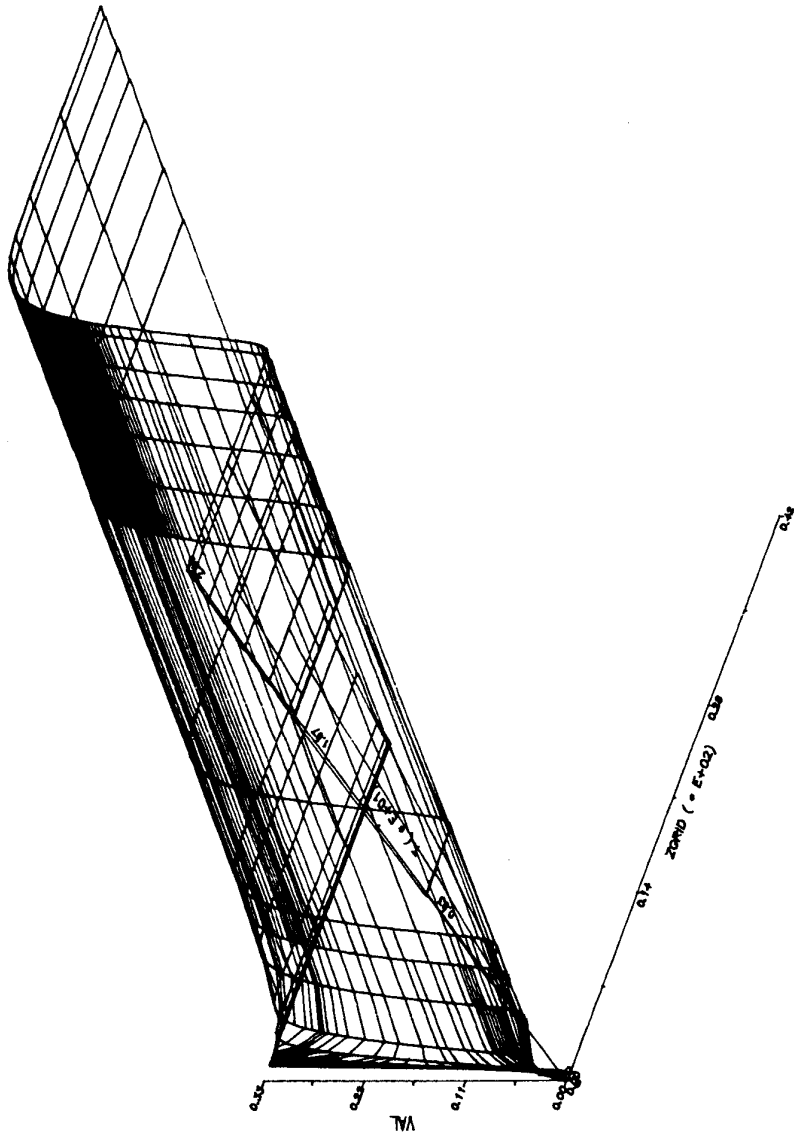
SP3



Figur 9

Many species with different number of values

— SP3



Figur 10

Many species with different number of values

SP3

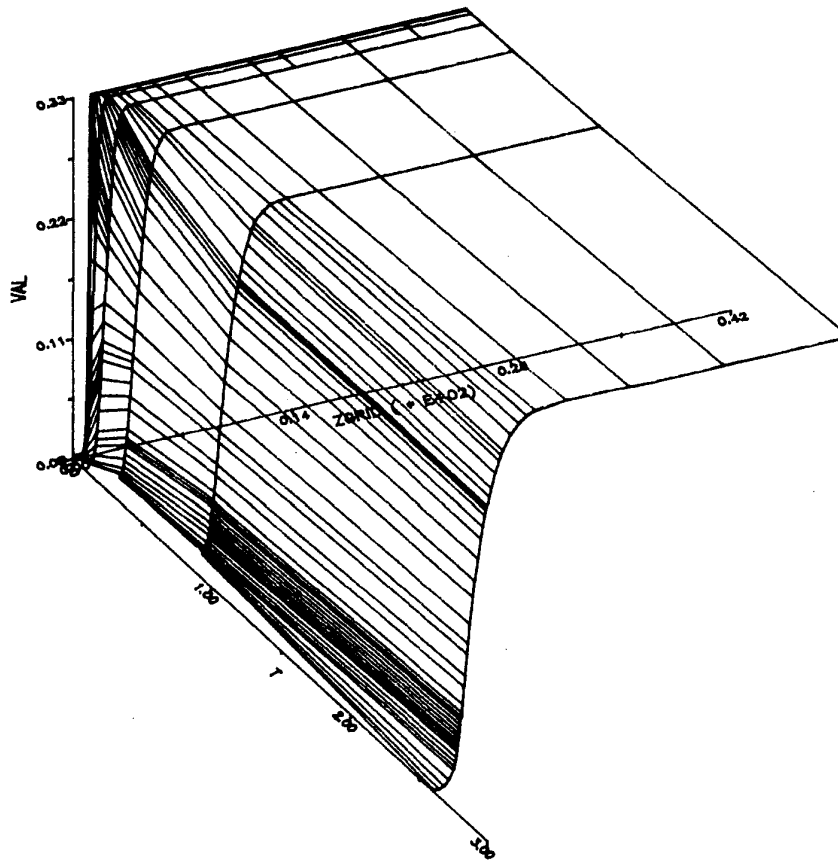
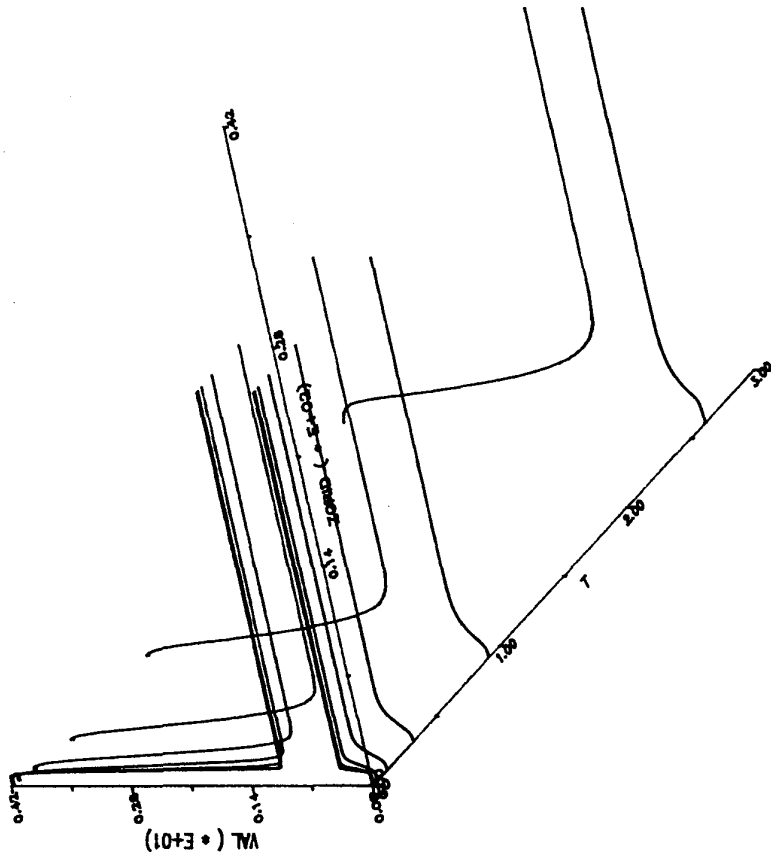


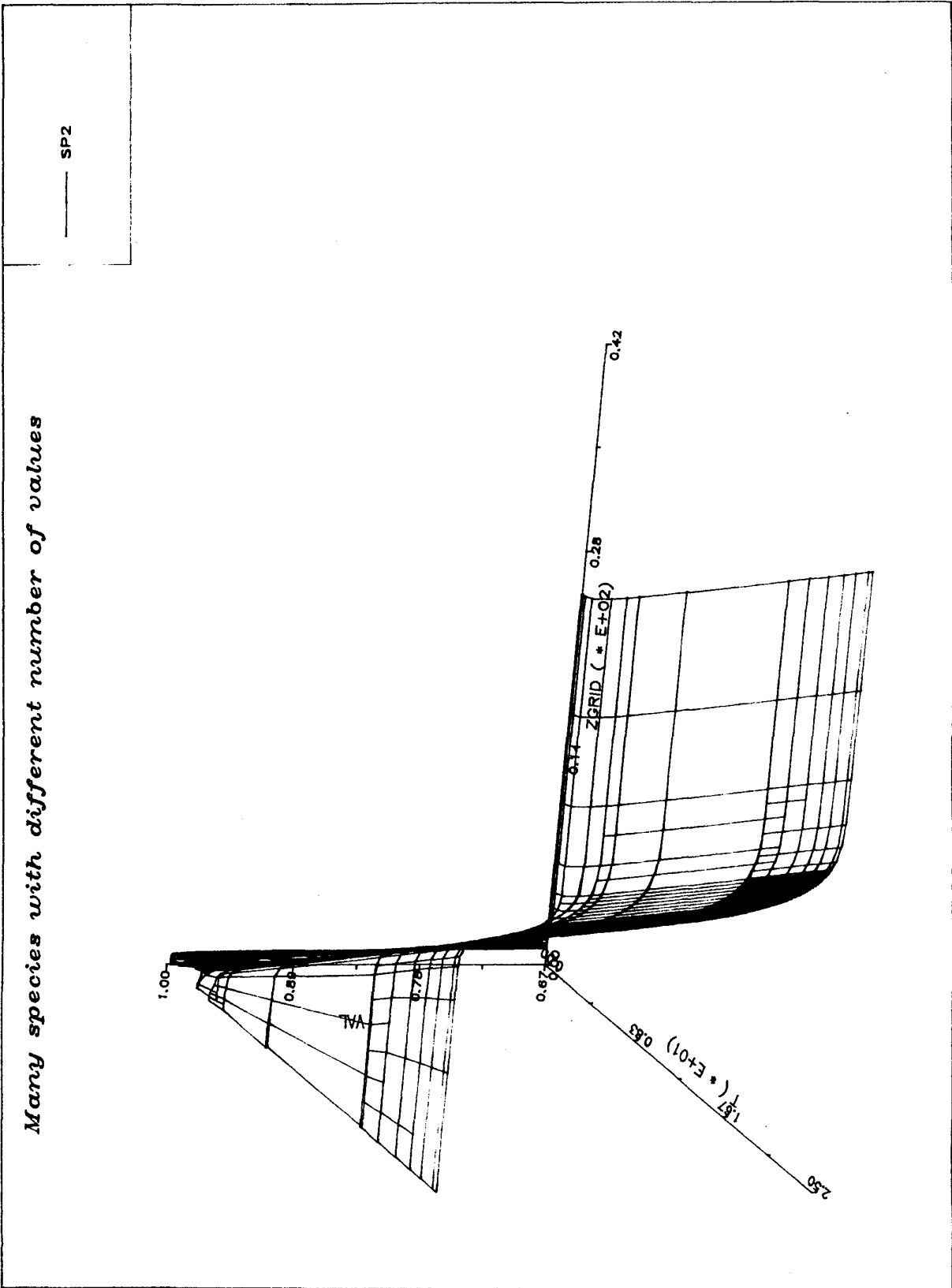
Figure 11

Many species with different number of values

— SP3
— SP4



Figur 12



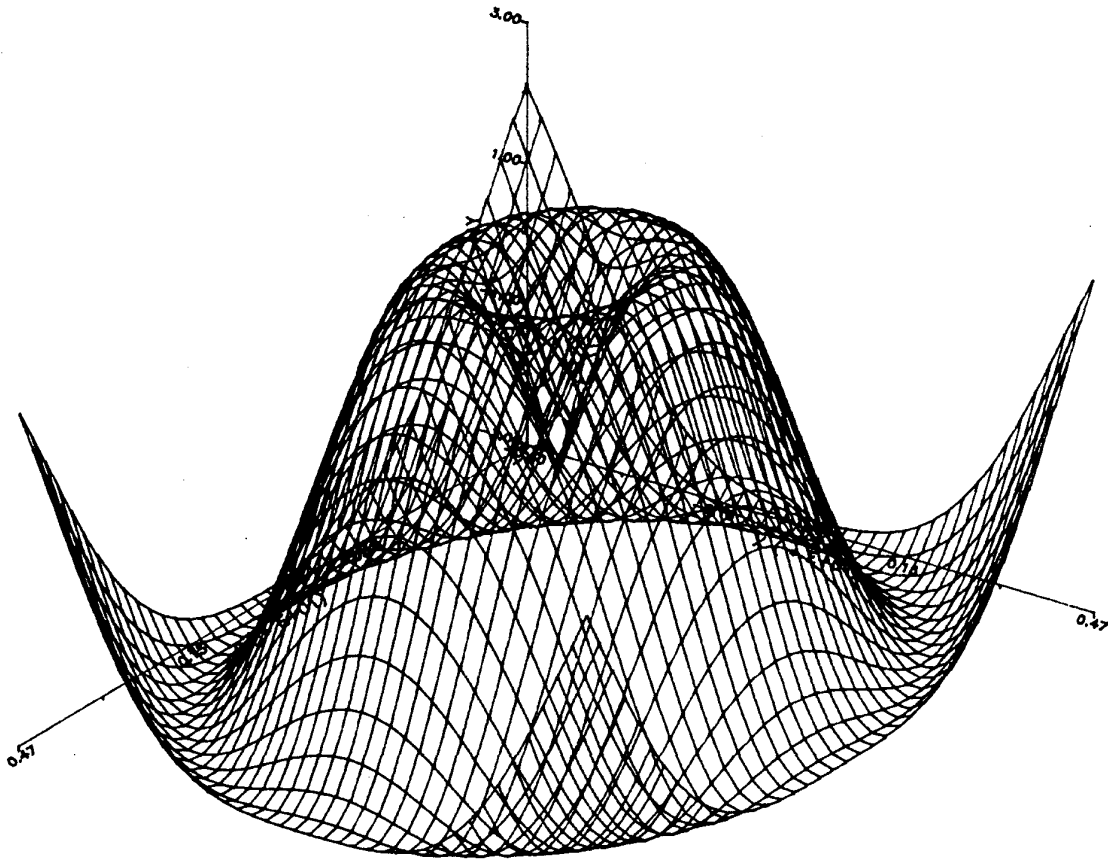
Figur 13

Da die bisherigen Bilder nur Kurven mit konstanten Z -Werten zeigen, geben wir auch einige allgemeinere Beispiele.

(Fig. 14, Fig. 15, Fig. 16, Fig. 17, Fig. 18, Fig. 19)

THE COWBOY HAT

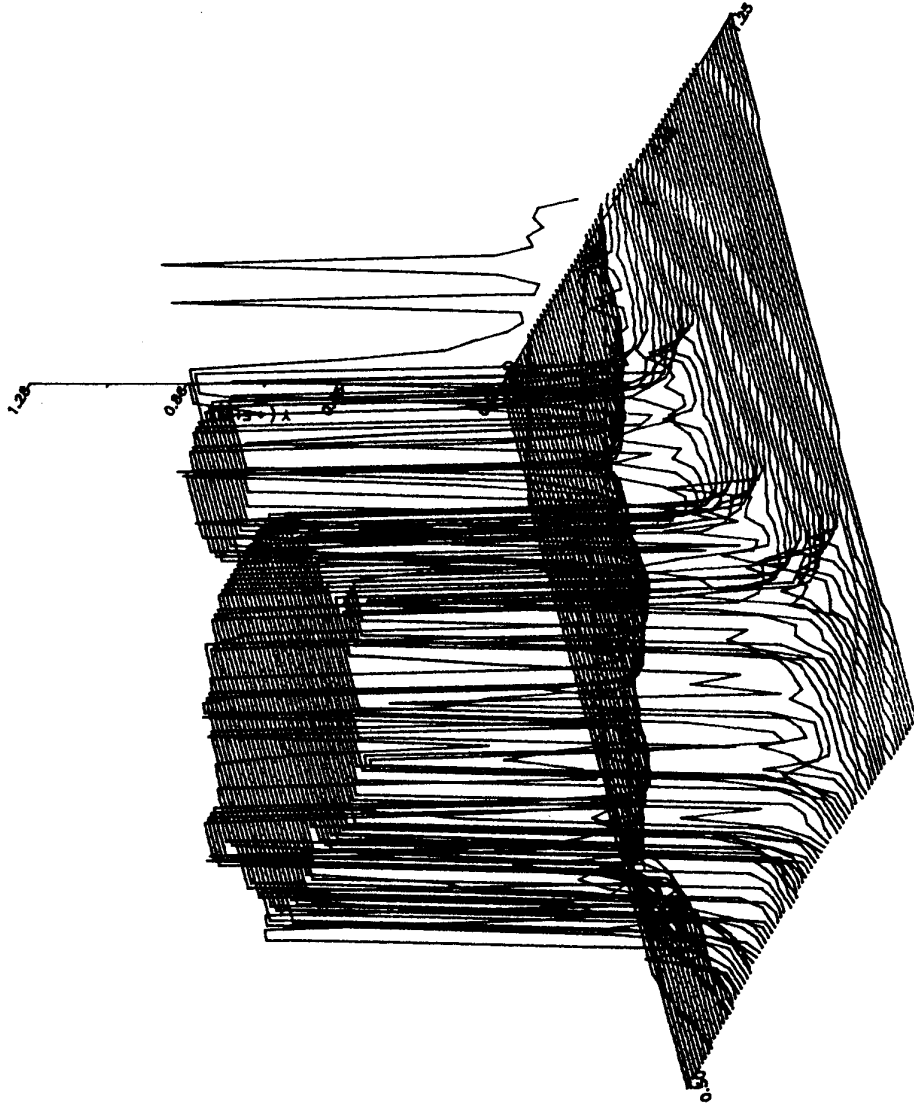
— COWBOY



Figur 14

APFELMANN

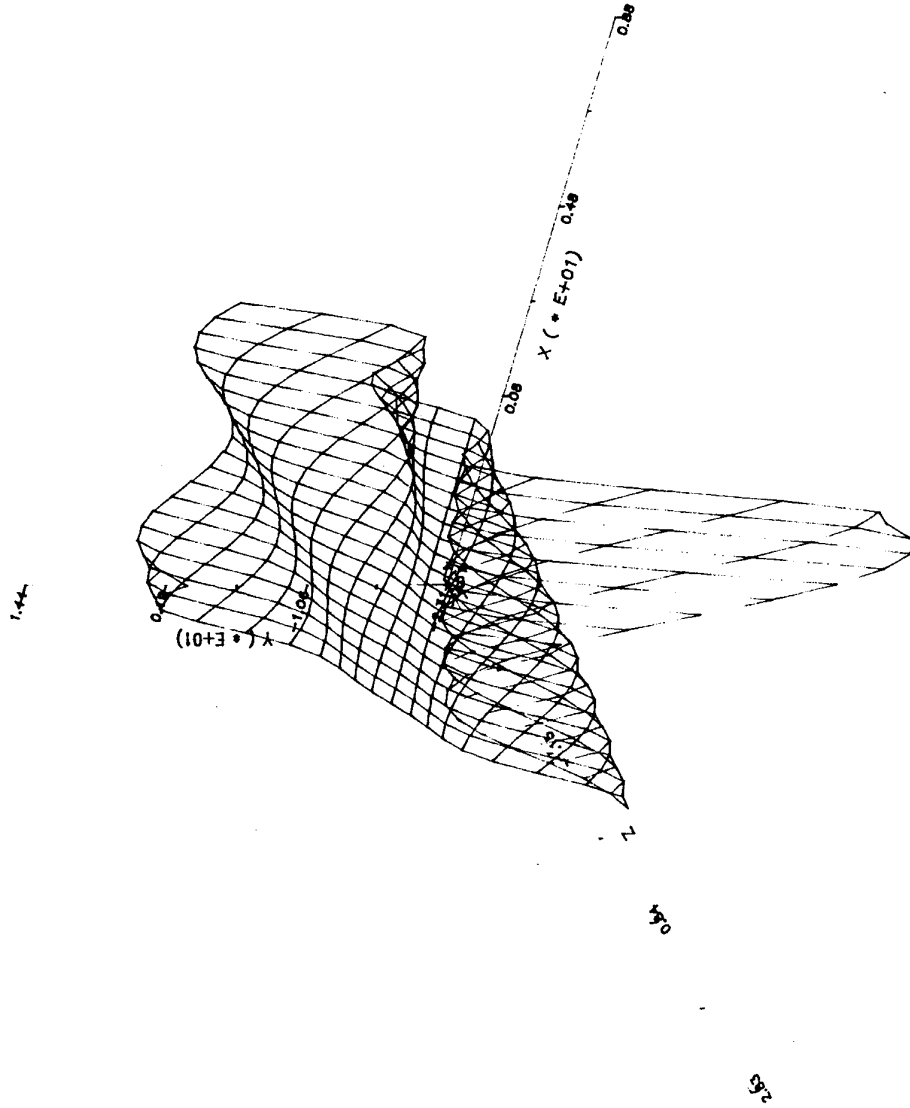
The Mandelbrot Set



Figur 15

TWORZ1

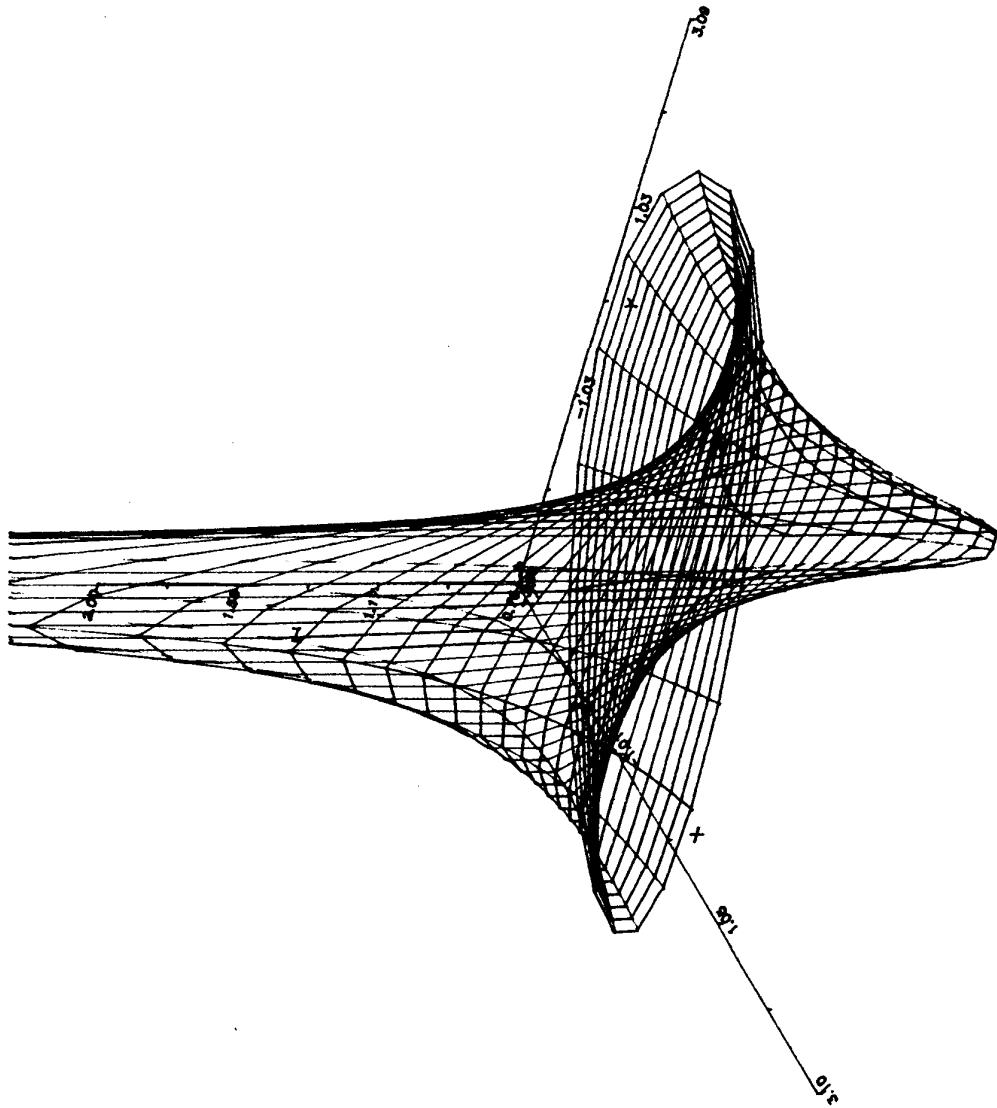
$$Z = X * Y * SIN(X + Y)$$



Figur 16

$$Z = \text{ABS} (\text{EXP} (1. / (X + I * Y)))$$

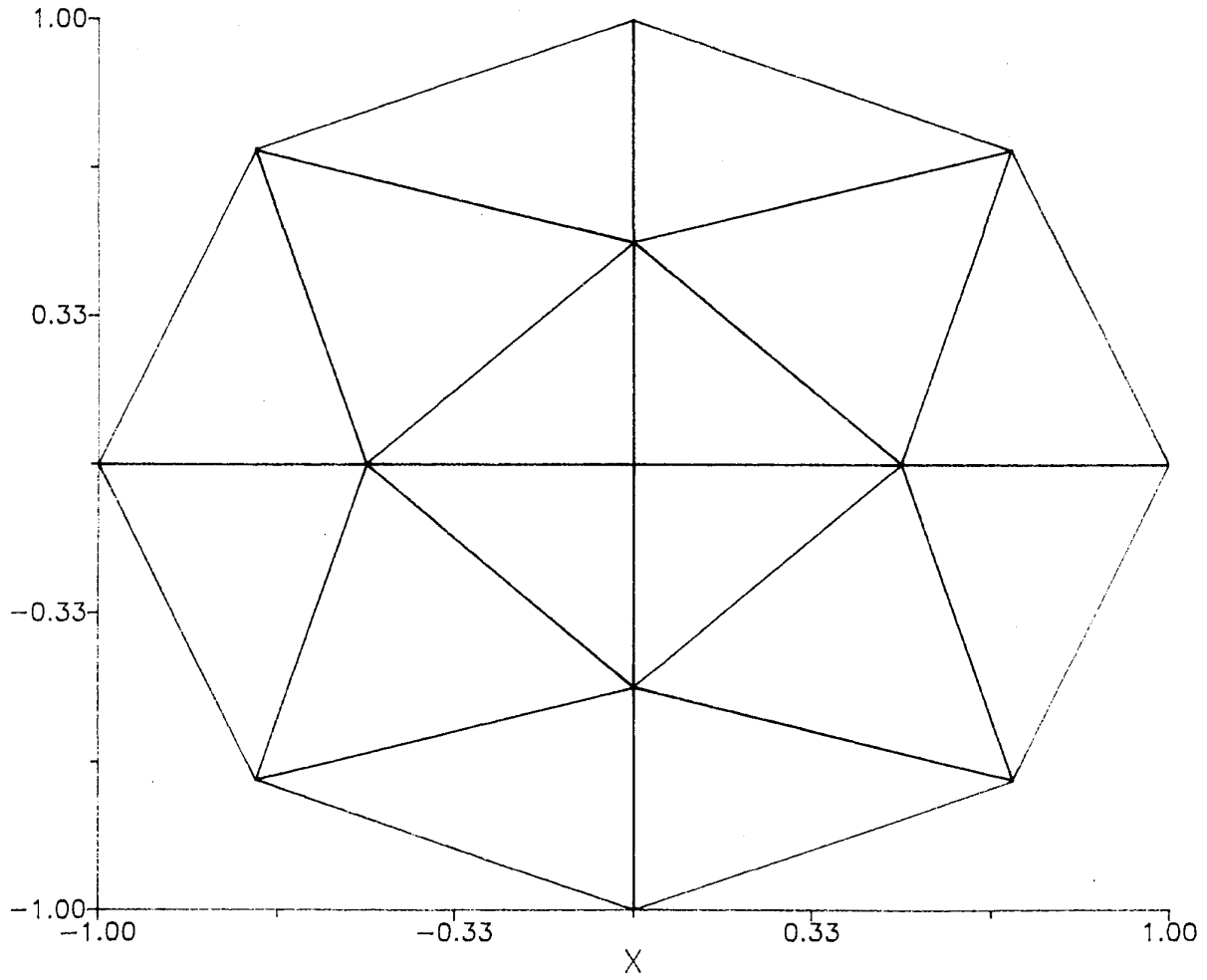
— TWORZ1



Figur 17

KASKADE-BEISPIEL SIMPEL

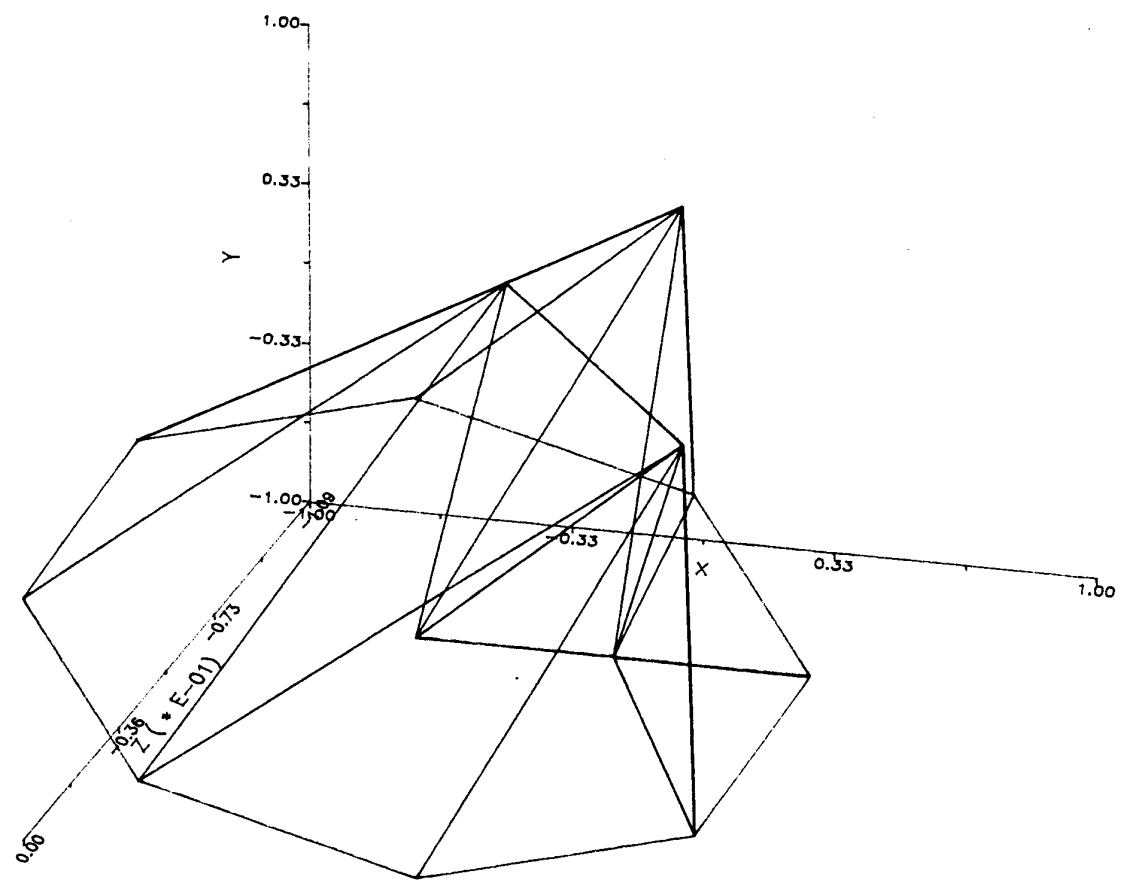
— v1



Figur 18

KASKADE-BEISPIEL SIMPEL

— V1



Figur 19

Literatur

- R. Buhtz, D. A. Buhtz, J. Langendorf, O. Paetsch:** *ZUGRIFF- Eine vereinheitlichte Datenspezifikation für graphische Darstellungen und ihre graphische Aufbereitung*; Technical Report 87-6, Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin (1987).
- P. Deuffhard , G. Bader, U. Nowak:** *LARKIN - A Software Package for the numerical Simulation of Large Systems in chemical Reaction Kinetics*; In: K. H. Ebert, P. Deuffhard, W. Jaeger (ed): *Modelling of chemical Reaction Systems*; Springer Ser. Chem. Phys. 18, 1981.
- International Standard ISO 8805:** *Information Processing Systems - Computer Graphics (GKS-3D) Functional Description*.
- J. Langendorf, O. Paetsch:** *GRAZIL (Graphical ZIB Language)*; Technical Report 87-7, Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin (1987).
- S. B. Margolis:** *Time-Dependent Solution of a Premixed Laminar Flame*; Applied Mathematics Division 8322, Sandia Laboratories, Livermore, California 94550.