

Herstellung von zeichnerischen Darstellungen, Tonfolgen und Texten
mit elektronischen Rechenanlagen

An: Alle Interessenten, insbesondere Kunstwissenschaftliche Hochschulinstitute, Kunsthochschulen, Musikhochschulen

Verfasser: F. Nake, TH Stuttgart, Rechenzentrum,
Dr. M. V. Mathews and Ben Deutschman, Bell Telephone Laboratories,
G. Stickel, Deutsches Rechenzentrum

	Inhalt	Seite
1	Bemerkungen zur Programmierung von Computer-Grafiken	3
2	Music from Mathematics	35
3	Monte-Carlo-Texte	43

1 Bemerkungen zur Programmierung von Computer-Grafiken

von Dipl. Math. Frieder Nake, Stuttgart

Computer-Grafiken (auch Computografien genannt) sind zeichnerische Gebilde, die mit Hilfe einer digitalen elektronischen Rechenanlage und eines Zeichengerätes erzeugt werden, das unmittelbarer Bestandteil der Rechenanlage oder auf irgendeine Weise (z. B. über Lochstreifen oder Magnetband) mit ihr gekoppelt ist.

In der Bundesrepublik Deutschland wurden die ersten Computer-Grafiken im Dezember 1963 am Recheninstitut der Technischen Hochschule Stuttgart vom Verfasser und wenig später unabhängig von G. NEES in Erlangen hergestellt. [1, 2, 3]

Die Erzeugung von Computer-Grafiken in Stuttgart wurde durch die lochstreifen-gesteuerte Zeichenmaschine GRAPHOMAT ZUSE Z 64 ermöglicht. Dieses vollautomatische Zeichengerät erhält seine Steuer-Informationen von einem Lochstreifen, der seinerseits von einer digitalen Rechenanlage geliefert wird. Es besitzt einen Zeichenkopf mit Führungen für vier Tuschefüller, die man nach Strichstärke und Farbe auswählen kann.

Die Herstellung von Computer-Grafiken ist in drei Arbeitsgänge aufgeteilt:

- Aufstellen eines Programms für die Rechenanlage;
- Automatisches Durchführen des Programms auf der Rechenanlage;
- Automatisches Umsetzen der ausgegebenen Informationen, die in einem Lochstreifen enthalten sind, in die Linien der Zeichnung durch die Zeichenmaschine.

Die erste und wichtigste Aufgabe ist das Aufstellen des Programms. Dieses soll die Erzeugung einer ganzen Klasse von Zeichnungen ("ästhetischen Objekten" nach BENSE [4]) ermöglichen. Es soll ein gewisses Schema in möglichst allen seinen Variationen durchspielen können. Dies ist in Analogie zu dem Vorgehen des Künstlers zu sehen, der ein Thema mit Hilfe seiner "Intuition" in alle Richtungen verfolgt. Unter Intuition sei dabei das Auswählen von Möglichkeiten aus einem gewissen Repertoire verstanden. Diese Intuition wird an der Rechenmaschine durch das automatische Auswählen von Pseudo-Zufallszahlen simuliert.

Der Vorgang möge anhand des Programms erläutert werden, mit dem die Computer-Grafiken der Bilder 9 bis 13 ("Rechteckschraffuren") erzeugt wurden. Wie der Betrachter sofort erkennt, ist das gemeinsame Thema dieser Bilder das Verteilen von horizontal oder vertikal schraffierten Rechtecken,

deren Seiten parallel zu den Bildrändern sind. Es ist hierfür ein Programm aufzustellen, das die Aufgabe erfüllt, die Klasse aller Zeichnungen zu produzieren, die aus Schraffuren in Rechteckgestalt parallel zu den Bildrändern bestehen. Um dies zu ermöglichen, müssen alle jene Elemente einer Zeichnung dieser Klasse festgelegt werden, die zufällig (nicht fest vorgegeben, variabel, der Intuition unterworfen) sein sollen. Das sind bei den Bildern 9 bis 13:

- 1) Anzahl N der Schraffuren pro Bild.
- 2) Ort x, y pro Schraffur (z. B. bestimmt durch die Lage der linken unteren Ecke des Rechtecks).
- 3) Länge l und Höhe h pro Schraffur.
- 4) Anzahl M der Striche pro Schraffur.
- 5) Linienführung L pro Schraffur (z. B. sei nur vertikal oder horizontal zulässig).
- 6) Zeichenstift s pro Schraffur (Strichstärke, Farbe).

Die Bildgröße wird bei jedem Lauf des Programms, also bei jeder Herstellung einer Computer-Grafik, fest vorgegeben und wird danach nicht überschritten. Die übrigen Elemente (Parameter) des Bildes werden durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen F bestimmt. D. h. es wird angegeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit jeder dieser Parameter seine verschiedenen möglichen Werte annehmen soll.

Das Programm kann umgangssprachlich etwa folgendermaßen formuliert werden:

- Eingabe des Bildformates (Breite und Höhe)
- Eingabe der Wahrscheinlichkeitsverteilungen F_1, F_2, \dots, F_8 .
- Wahl von N mit Hilfe von F_1 .

Für $n = 1, 2, \dots, N$:

- Wahl von x_n bzw. y_n mit Hilfe von F_2 bzw. F_3 .
- Wahl von l_n bzw. h_n mit Hilfe von F_4 bzw. F_5 .
- Wahl von M_n mit Hilfe von F_6 .
- Wahl von L_n mit Hilfe von F_7 .
- Wahl von s_n mit Hilfe von F_8 .
- Ausgabe der durch $x_n, y_n, l_n, h_n, M_n, L_n, s_n$ bestimmten Schraffur.

Dieses Hauptprogramm verlangt als Unterprogramme solche, die Pseudo-Zufallszahlen nach vorgegebenen Wahrscheinlichkeitsverteilungen F bestimmen, und eines, das den Lochstreifen ausstanzt, der an der Zeichmaschine das Zeichnen der Schraffuren bewirken soll.

Die teilweise recht großen Unterschiede in den Bildern 9 bis 13 liegen nun an der Vorgabe der Wahrscheinlichkeitsverteilungen F für die einzelnen Parameter. Z. B. sind l und h bei Bild 10 im Intervall zwischen 0 und 0,1 gleichverteilt; d. h. sie nehmen alle Werte zwischen 0 und 0,1 mit gleicher Wahrscheinlichkeit an, sonst keine. Bei Bild 9 dagegen sind l und h im Intervall zwischen 0,7 und 0,9 gleichverteilt.

Bild 13 ist durch eine Erweiterung des Programmes "Rechteckschraffuren" entstanden. Es wird hier nämlich zunächst das gesamte Bildformat in ein nicht tatsächlich gezeichnetes quadratisches Raster eingeteilt und dann auf ein bestimmtes Rasterelement je nach Wahl entweder das Programm "Rechteckschraffuren" angewendet oder nicht (leeres Rasterelement).

Die Bilder 15 und 16 entstanden ebenfalls durch das auf Rasterelemente angewandte Programm "Rechteckschraffuren", das mit dem Programm "Geradenscharen" gekoppelt war, welches übrigens auch die Bilder 19, 20, 21 erzeugt hat.

In einer weiteren Stufe der Computer-Grafiken können Programme aufgestellt werden, die während des Rechenvorgangs gewisse ästhetische Maße bestimmen und danach den Fortgang der Zeichnung beeinflussen. Diese Produktion ist also im Rahmen der ästhetischen Theorie zu sehen, wie sie von M. BENSE [4] und seinen Mitarbeitern im Anschluß an G. D. BIRKHOFF [5] entwickelt wurde.

Literaturverzeichnis

- [1] NEES, G.: Statistische Grafik.
Grundlagenstudien aus Kybernetik und
Geisteswissenschaft 5 (1964), 67 - 68
- [2] NEES, G.: Variationen von Figuren in der statisti-
schen Grafik.
Grundlagenstudien aus Kybernetik und
Geisteswissenschaft 5 (1964), 121 - 125
- [3] rot 19: computer-grafik (georg nees).
herausgegeben von max bense und
elisabeth walter.
Stuttgart 1965
- [4] BENSE, M.: Aesthetica.
Baden-Baden 1965
- [5] BIRKHOFF, G. D.: A Mathematical Theory of Aesthetics.
The Rice Institute Pamphlet 19 (1932),
189 - 342.
- [6] The Annual Computer Art Contest
Computers and Automation 14 (1965)No. 8,
10 - 11, Titelseite
- [7] NOLL, A. M.: Computer-Generated Three-Dimensional
Movies.
Computers and Automation 14 (1965),
No. 11, 20 - 23

Ausstellungen

- Ende Januar 1965: Georg NEES.
In der Studien-Galerie des studium generale
der Technischen Hochschule Stuttgart
5. 11. bis 5. 12. 1965: Frieder NAKE und Georg NEES.
In Niedlichs Bücherdienst Eggert,
Stuttgart, Schmale Straße 14
15. 1. bis 25. 2. 1966: Frieder NAKE.
Im Deutschen Rechenzentrum,
Darmstadt, Rheinstraße 75
30. 11. bis 2. 12. 1965: Bela JULESZ and Michael NOLL
Fall Joint Computer Conference 1965
Las Vegas, New Mexico, USA
(Comm. ACM 11 (1965) No. 11, 651)

Verzeichnis der abgebildeten Computer-Grafiken

Bild 1 Kreis-Variationen

Nr. 3 vom 4. 5. 1965. Bildgröße 25 cm mal 25 cm.

Die Zufallspunkte liegen auf 20 Mittelpunktstrahlen, und zwar innerhalb von 9 inneren und 5 äusseren Kreisringen. Im zehnten Kreisring ist ein Kreis gezeichnet. Die Verbindung der Zufallspunkte innerhalb jedes Kreisringes geschieht durch Interpolation zwischen jeweils drei Punkten. Die bei den inneren Kurven auftretenden Zacken sind durch das Interpolationsverfahren verursacht.

Bild 2 Polygonzug

Nr. 2 vom 16. 3. 1965. Bildgröße 20 cm mal 20 cm.

Die Zufallspunkte sind in der Reihenfolge ihres Entstehens verbunden. Eine gewisse Regelmäßigkeit kommt durch die Art der verwendeten Pseudo-Zufallszahlen (Van der Corput-Zahlen) zustande. Modulo 1 ergibt Wechsel von einem Bildrand zum anderen.

Bild 3 Achsenparalleler Polygonzug

Nr. 13 vom 25. 2. 1965. Bildgröße 20 cm mal 20 cm.

Die Zufallspunkte, bei denen sich abwechselnd nur die horizontale Koordinate bzw. die vertikale Koordinate ändert, sind in der Reihenfolge ihres Entstehens verbunden. Eine gewisse Regelmäßigkeit kommt durch die Art der verwendeten Pseudo-Zufallszahlen (Van der Corput-Zahlen) zustande. Modulo 1 ergibt Wechsel von einem Bildrand zum anderen. Die Horizontalstrecken sind nur geringfügig in ihrer Länge variiert.

Bild 4 Parallelelogramme

Nr. 4 vom 7. 4. 1965. Bildgröße 20 cm mal 30 cm.

Zufällige Elemente: 1) Gesamtzahl der Parallelelogramme (hier: 20)
2) Ort der Parallelelogramme
3) Größe der Parallelelogramme
4) Geringfügige Abweichung des Parallelelogrammwinkels vom rechten Winkel
5) Geringfügige Verdrehung der Parallelelogramme gegeneinander
6) Auswahl des Zeichenstiftes.

Bild 5 Achsenparalleler Polygonzug, überlagert von Geradenstücken

Nicht datiert. Bildgröße 30 cm mal 40 cm.

Die Zufallspunkte, bei denen sich abwechselnd nur die horizontale Koordinate bzw. die vertikale Koordinate ändert, sind in der Reihenfolge ihres Entstehens verbunden. Für die überlagerten Geradenstücke gilt:

- Zufällige Elemente:
- 1) Gesamtzahl der Geradenstücke (hier: 25)
 - 2) Ort der Geradenstücke
 - 3) Länge der Geradenstücke
 - 4) Neigung der Geradenstücke.

Bild 6 Überlagerung von Strichverteilungen

Nr. 13 vom 25. 9. 1965. Bildgröße 40 cm mal 40 cm.

- Zufällige Elemente:
- 1) Anzahl der Strichverteilungen (hier: 3)
 - 2) Drehung jeder Strichverteilung
 - 3) Auswahl der zu füllenden Felder
 - 4) Ort der Striche bei jeder Strichverteilung
 - 5) Länge der Striche bei jeder Strichverteilung.

Bild 7 Felder mit Strichkonzentrationen

Nr. 3 vom 4. 11. 1965. Bildgröße 40 cm mal 40 cm.

- Zufällige Elemente:
- 1) Anzahl der zu füllenden Felder (hier: 28)
 - 2) Auswahl dieser Felder
 - 3) Ausgangspunkte der Striche in jedem Feld gemäß Normalverteilung
 - 4) Länge der Striche
 - 5) Richtung der Striche.

Bild 8 Felder mit Quadratverteilungen, überlagert von zwei Dreiecksverteilungen

Nr. 5 vom 13. 9. 1965. Bildgröße 30 cm mal 30 cm. Zweifarbig.

Die drei Arten von Zeichen sind unverändert und vorgegeben. Bei jeder Verteilung gilt:

- Zufällige Elemente:
- 1) Anzahl der zu füllenden Felder
 - 2) Auswahl dieser Felder
 - 3) Anzahl der Zeichen in jedem Feld
 - 4) Ort der Zeichen in jedem Feld.

Bild 9 Große Rechteckschraffuren

Nr. 1 vom 5. 10. 1965. Bildgröße 34 cm mal 34 cm.

- Zufällige Elemente:
- 1) Gesamtzahl der Rechtecke (hier: 5)
 - 2) Ort der Rechtecke
 - 3) Größe der Rechtecke
 - 4) Dichte der Schraffur in jedem Rechteck
 - 5) Strichrichtung der Schraffur
(horizontal oder vertikal).

Bild 10 Rechteckschraffuren

Nr. 4 vom 30. 3. 1965. Bildgröße 30 cm mal 20 cm. Zweifarbig.

- Zufällige Elemente:
- 1) Gesamtzahl der Rechtecke (hier: 27)
 - 2) Ort der Rechtecke
 - 3) Größe der Rechtecke
 - 4) Dichte der Schraffur
 - 5) Strichrichtung der Schraffur
(horizontal oder vertikal)
 - 6) Auswahl des Zeichenstiftes.

Bild 11 Rechteckschraffuren

Nr. 2 vom 30. 3. 1965. Bildgröße 20 cm mal 20 cm. Zweifarbig.

- Zufällige Elemente:
- 1) Gesamtzahl der Rechtecke (hier: 20)
 - 2) Ort der Rechtecke
 - 3) Größe der Rechtecke
 - 4) Dichte der Schraffur
 - 5) Strichrichtung der Schraffur
(horizontal oder vertikal)
 - 6) Auswahl des Zeichenstiftes.

Bild 12 Rechteckschraffuren

Nr. 3 vom 30. 3. 1965. Bildgröße 20 cm mal 30 cm. Dreifarbig.

- Zufällige Elemente:
- 1) Gesamtzahl der Rechtecke (hier: 20)
 - 2) Ort der Rechtecke
 - 3) Größe der Rechtecke
 - 4) Dichte der Schraffur
 - 5) Strichrichtung der Schraffur
(horizontal oder vertikal)
 - 6) Auswahl des Zeichenstiftes.

Bild 13 Felder mit Rechteckschraffuren

Nr. 6 vom 2. 9. 1965. Bildgröße 40 cm mal 40 cm. Zweifarbig.

- Zufällige Elemente:
- 1) Anzahl der zu füllenden Felder
 - 2) Auswahl dieser Felder
 - 3) Anzahl der Rechtecke in jedem Feld
 - 4) Größe der Rechtecke
 - 5) Dichte der Schraffur
 - 6) Strichrichtung der Schraffur
(horizontal oder vertikal)
 - 7) Auswahl des Zeichenstiftes.

Bild 14 "Klee"

Nr. 2 vom 13. 9. 1965. Bildgröße 40 cm mal 40 cm.

- Zufällige Elemente:
- 1) Breitenänderung von Knick zu Knick
der horizontalen Bänder
 - 2) "Knickung" der horizontalen Bänder
 - 3) Auswahl in jedem Viereck eines Bandes,
ob kein Zeichen oder senkrechte Striche
oder Dreiecke
 - 4) Anzahl dieser Zeichen pro Viereck
 - 5) Ort dieser Zeichen pro Viereck
 - 6) Anzahl der Kreise
 - 7) Ort der Kreise
 - 8) Halbmesser der Kreise.

Bild 15 Rechteckschraffuren mit Geradenscharen

Nr. 2 vom 22. 10. 1965. Bildgröße 50 cm mal 50 cm. Zweifarbig.

Eine senkrechte Geradenschar mit in geringen Grenzen verändertem Strichabstand und veränderter Geradenlänge bildet das Grundmuster. Darüber befinden sich Rechteckschraffuren. Für diese gelten:

- Zufällige Elemente:
- 1) Gesamtzahl der Rechtecke (hier: 28)
 - 2) Ort der Rechtecke
 - 3) Größe der Rechtecke
 - 4) Dichte der Schraffur
 - 5) Strichrichtung der Schraffur
(horizontal oder vertikal)
 - 6) Auswahl des Zeichenstiftes.

Bild 16 Rechteckschraffuren mit Geradenscharen

Nr. 1 vom 19. 10. 1965. Bildgröße 50 cm mal 50 cm. Zweifarbig.

Eine senkrechte Geradenschar mit in geringen Grenzen verändertem Strichabstand und veränderter Geradenlänge bildet das Grundmuster. Darüber befinden sich Rechteckschraffuren. Für diese gelten:

- Zufällige Elemente:
- 1) Gesamtzahl der Rechtecke (hier: 38)
 - 2) Ort der Rechtecke
 - 3) Größe der Rechtecke
 - 4) Dichte der Schraffur
 - 5) Strichrichtung der Schraffur (horizontal oder vertikal)
 - 6) Auswahl des Zeichenstiftes.

Bild 17 Polygonzug

Nr. 3 vom 13. 9. 1965. Bildgröße 40 cm mal 40 cm.

- Zufällige Elemente:
- 1) Anzahl der Polygonecken
 - 2) Richtung jeder Polygonseite. Auswahl unter wenigen zugelassenen Richtungen. Um das Lot herum ist die Mannigfaltigkeit der zugelassenen Richtungen größer.
 - 3) Länge jeder Polygonseite.

Bild 18 Polygonzug

Nr. 7 vom 13. 9. 1965. Bildgröße 40 cm mal 40 cm.

- Zufällige Elemente:
- 1) Anzahl der Polygonecken
 - 2) Richtung jeder Polygonseite
 - 3) Länge jeder Polygonseite.

Bild 19 Geradenscharen

Nr. 1 vom 12. 7. 1965. Bildgröße 70 cm mal 88 cm. Zweifarbig.

- Zufällige Elemente:
- 1) Anzahl der Geradenscharen
 - 2) Ort jeder Geradenschar
 - 3) Verdrehung jeder Geradenschar
 - 4) Anzahl der Geradenstücke je Schar
 - 5) Länge der Geradenstücke
 - 6) Winkeländerung von Geradenstück zu Geradenstück einer Schar
 - 7) Auswahl des Zeichenstiftes.

Bild 20 Geradenscharen

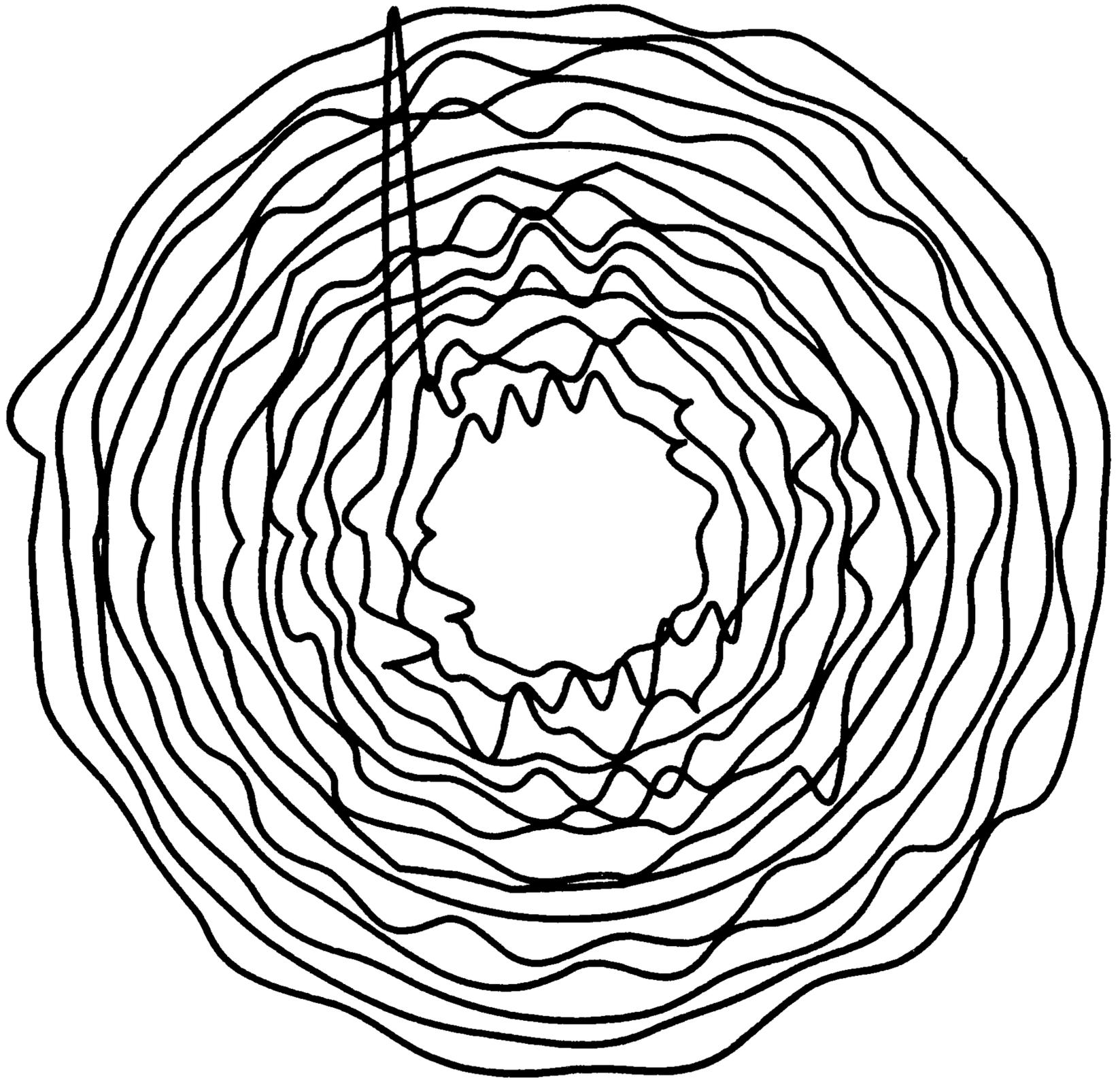
Nr. 2 vom 12. 7. 1965. Bildgröße 51 cm mal 51 cm. Zweifarbig.

- Zufällige Elemente:
- 1) Anzahl der Geradenscharen
 - 2) Ort jeder Geradenschar
 - 3) Verdrehung jeder Geradenschar
 - 4) Anzahl der Geradenstücke je Schar
 - 5) Länge der Geradenstücke
 - 6) Winkeländerung von Geradenstück
zu Geradenstück einer Schar
 - 7) Auswahl des Zeichenstiftes.

Bild 21 Geradenscharen

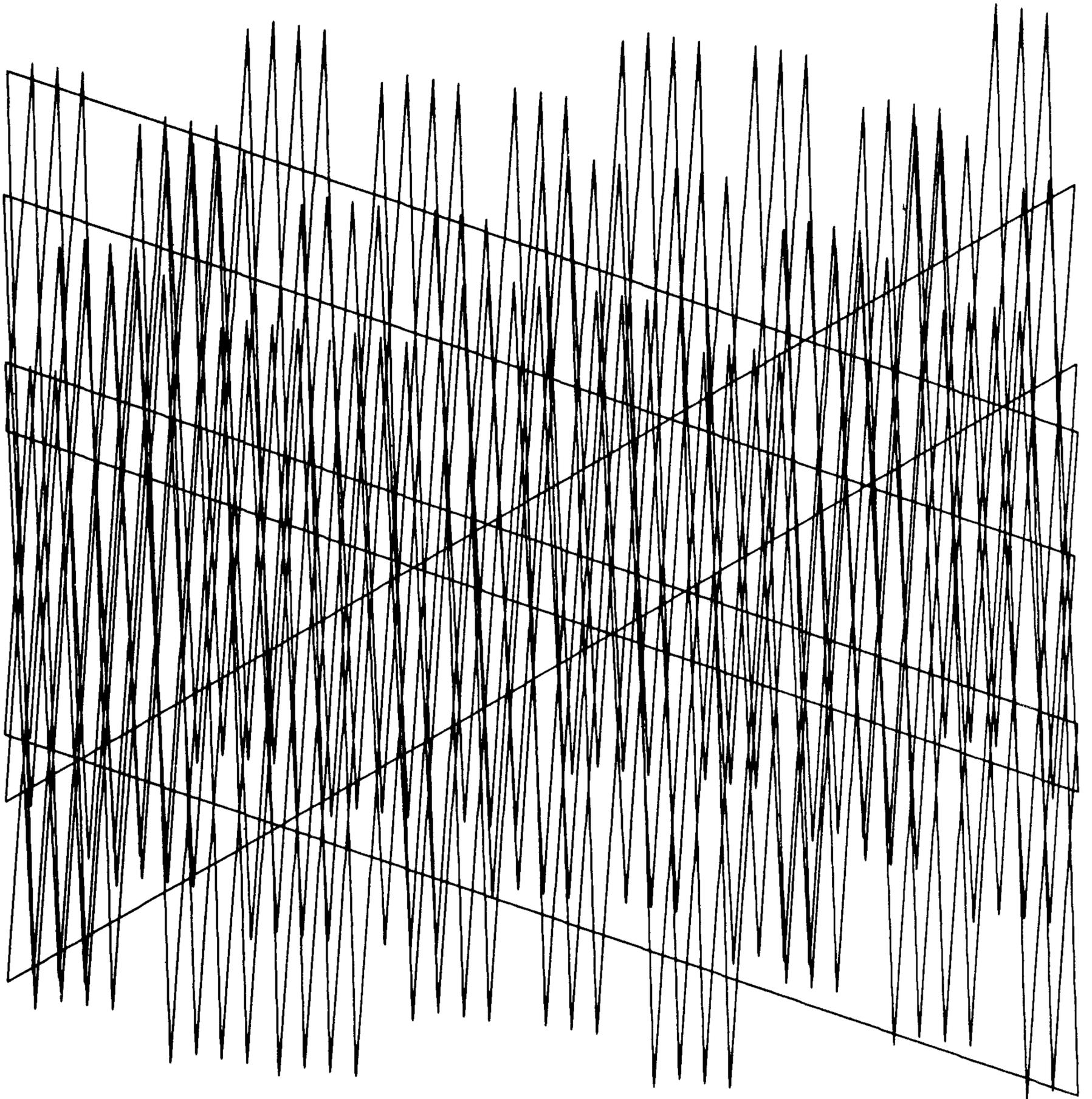
Nr. 3 vom 12. 7. 1965. Bildgröße 72 cm mal 49 cm. Zweifarbig.

- Zufällige Elemente:
- 1) Anzahl der Geradenscharen
 - 2) Ort jeder Geradenschar
 - 3) Verdrehung jeder Geradenschar
 - 4) Anzahl der Geradenstücke je Schar
 - 5) Länge der Geradenstücke
 - 6) Winkeländerung von Geradenstück
zu Geradenstück einer Schar
 - 7) Auswahl des Zeichenstiftes.



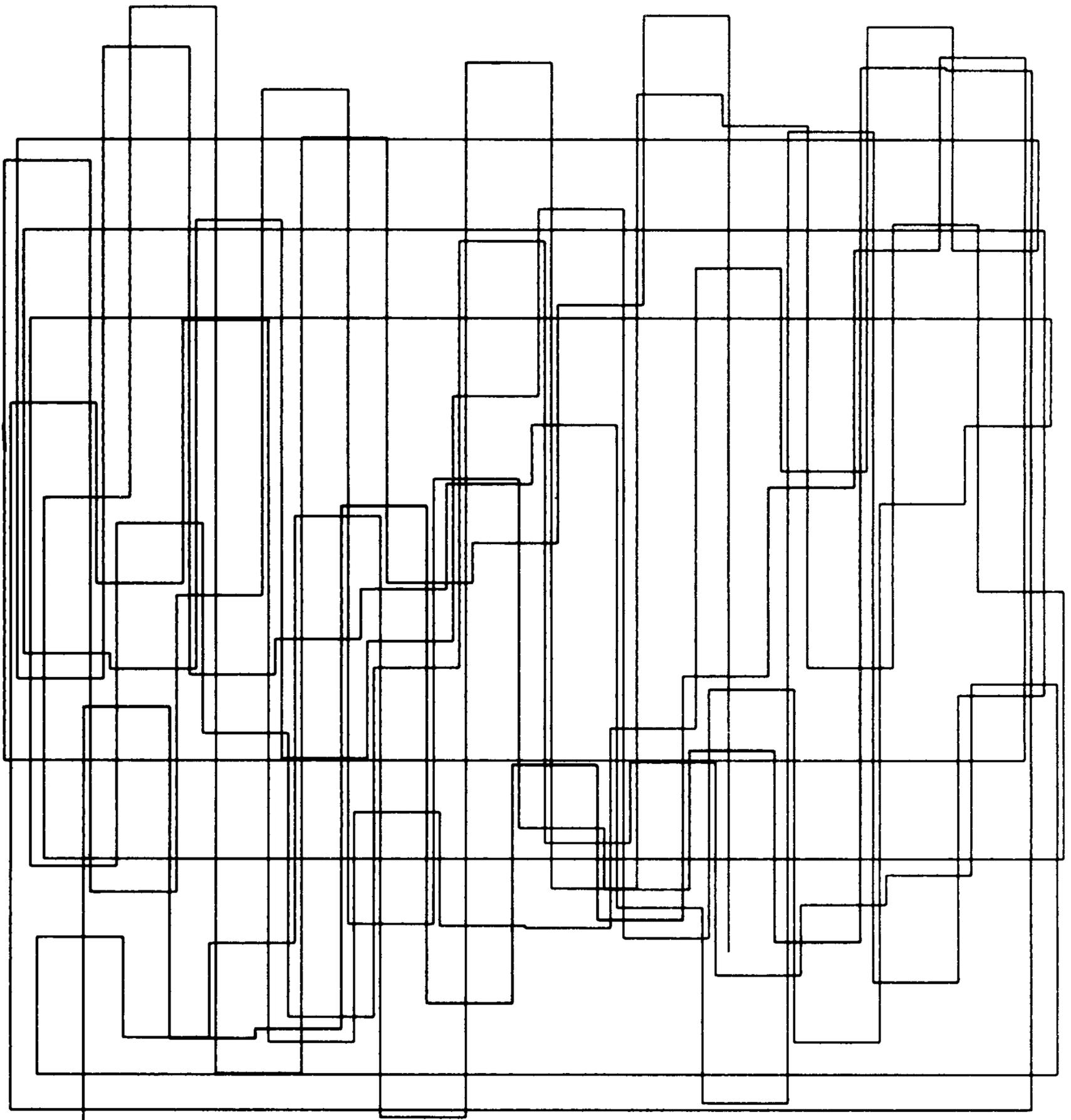
NAKE/EPSE/ZG+

Bild 1. Kreis-Variationen



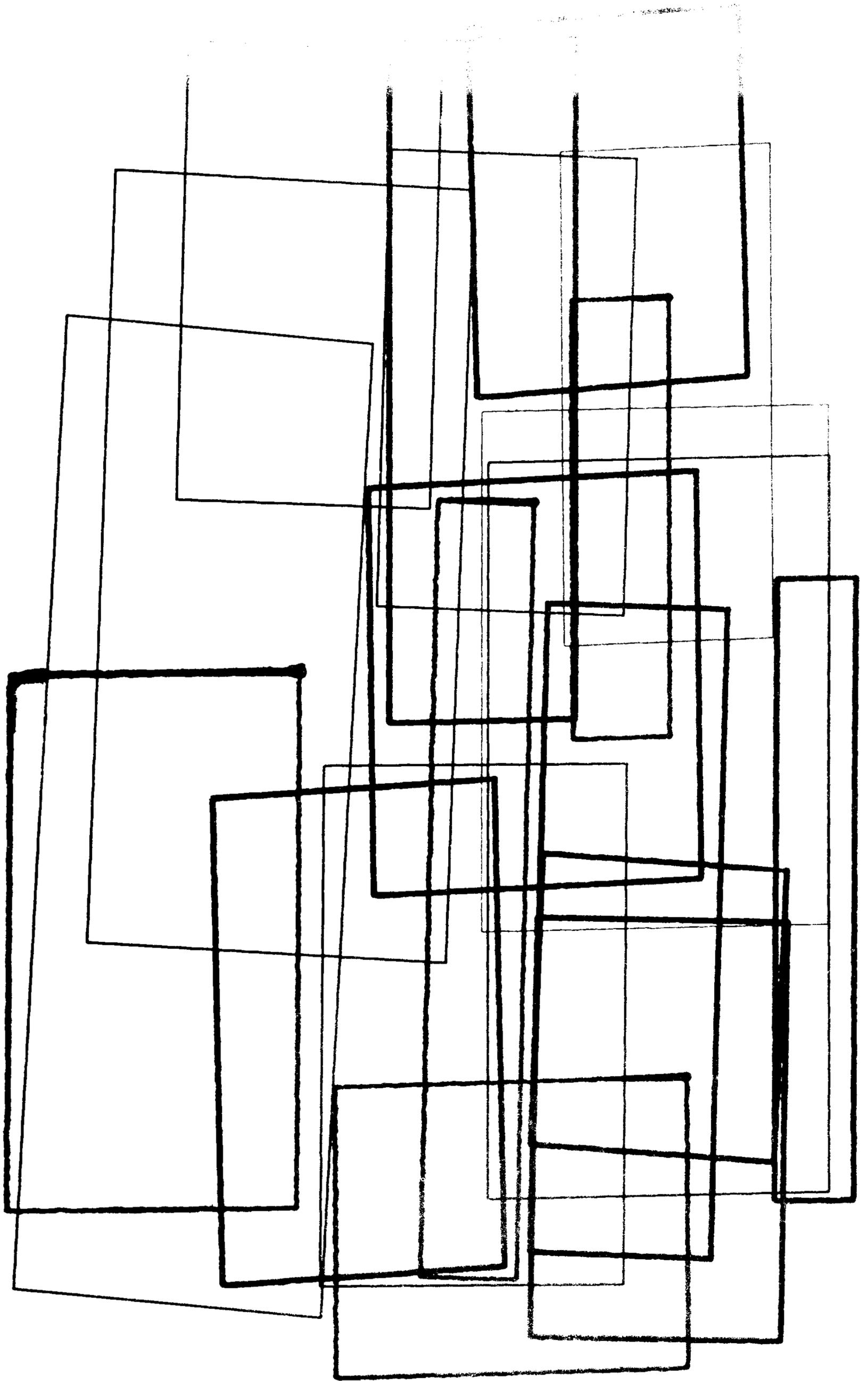
NAKE/ERSE/ZEH

Bild 2. Polygonzug



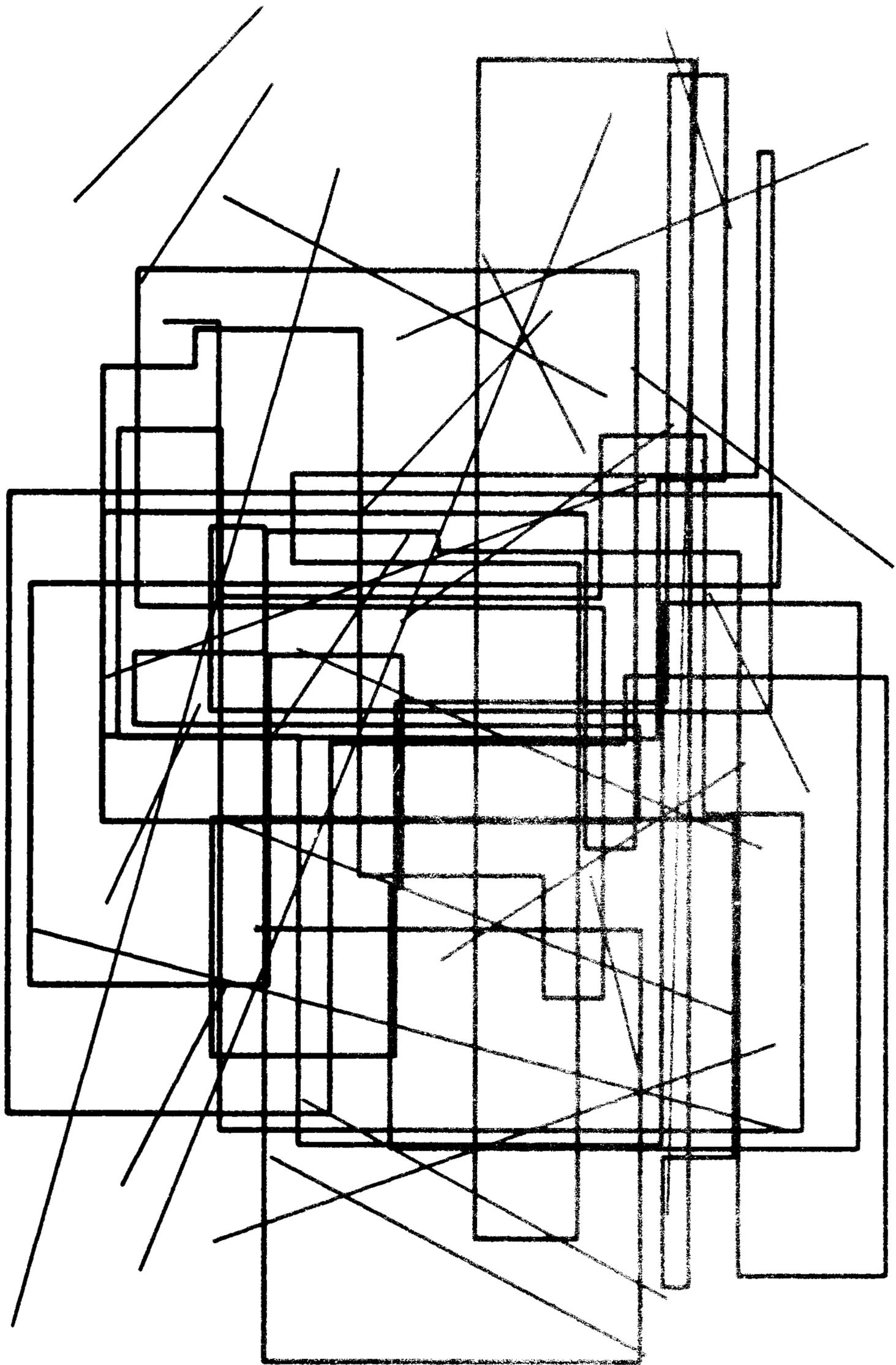
NAKE/ERSE/ZEL

Bild 3. Achsenparalleler Polygonzug



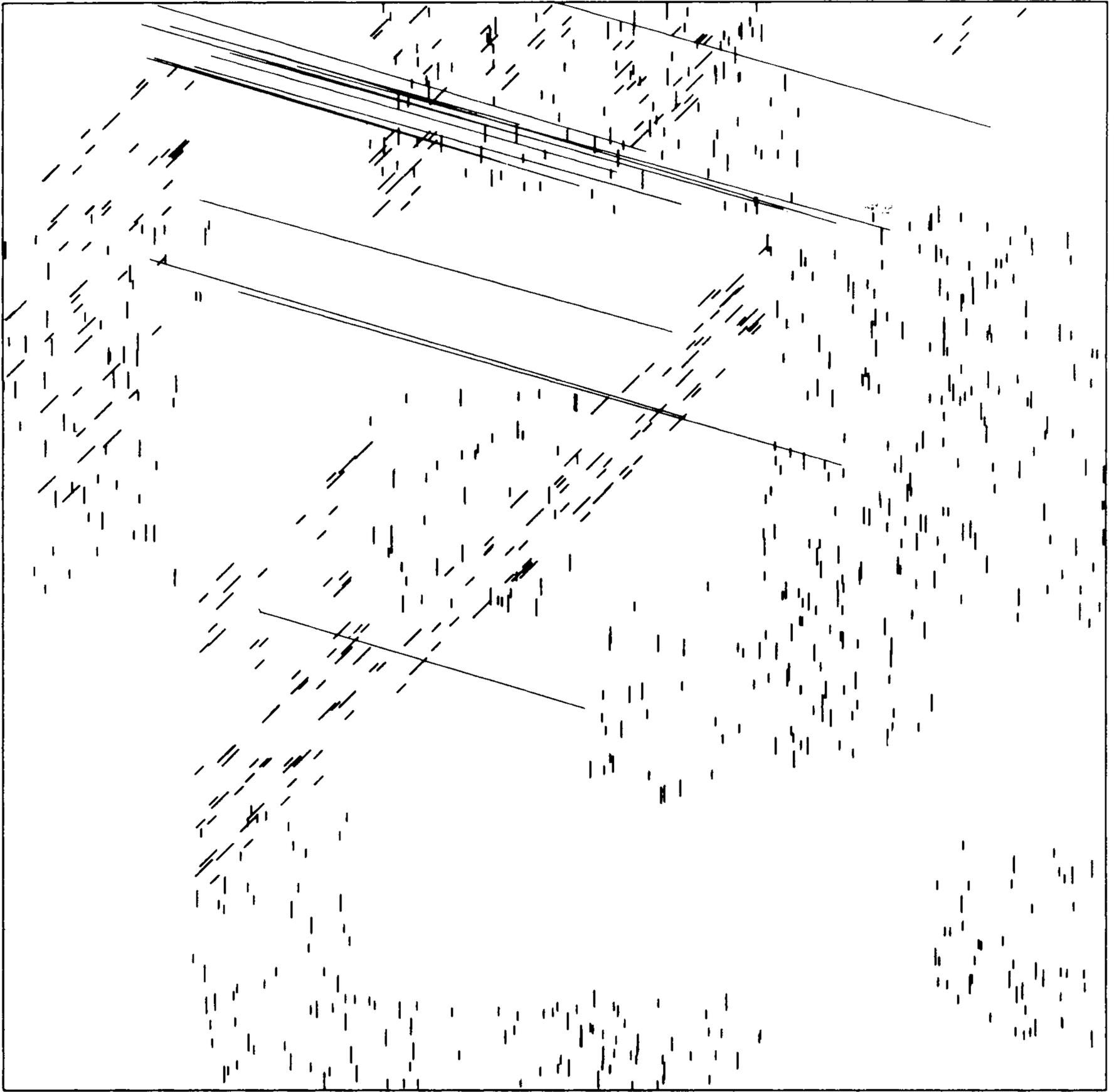
NAKE/ER55/Z64

Bild 4. Parallelogramme



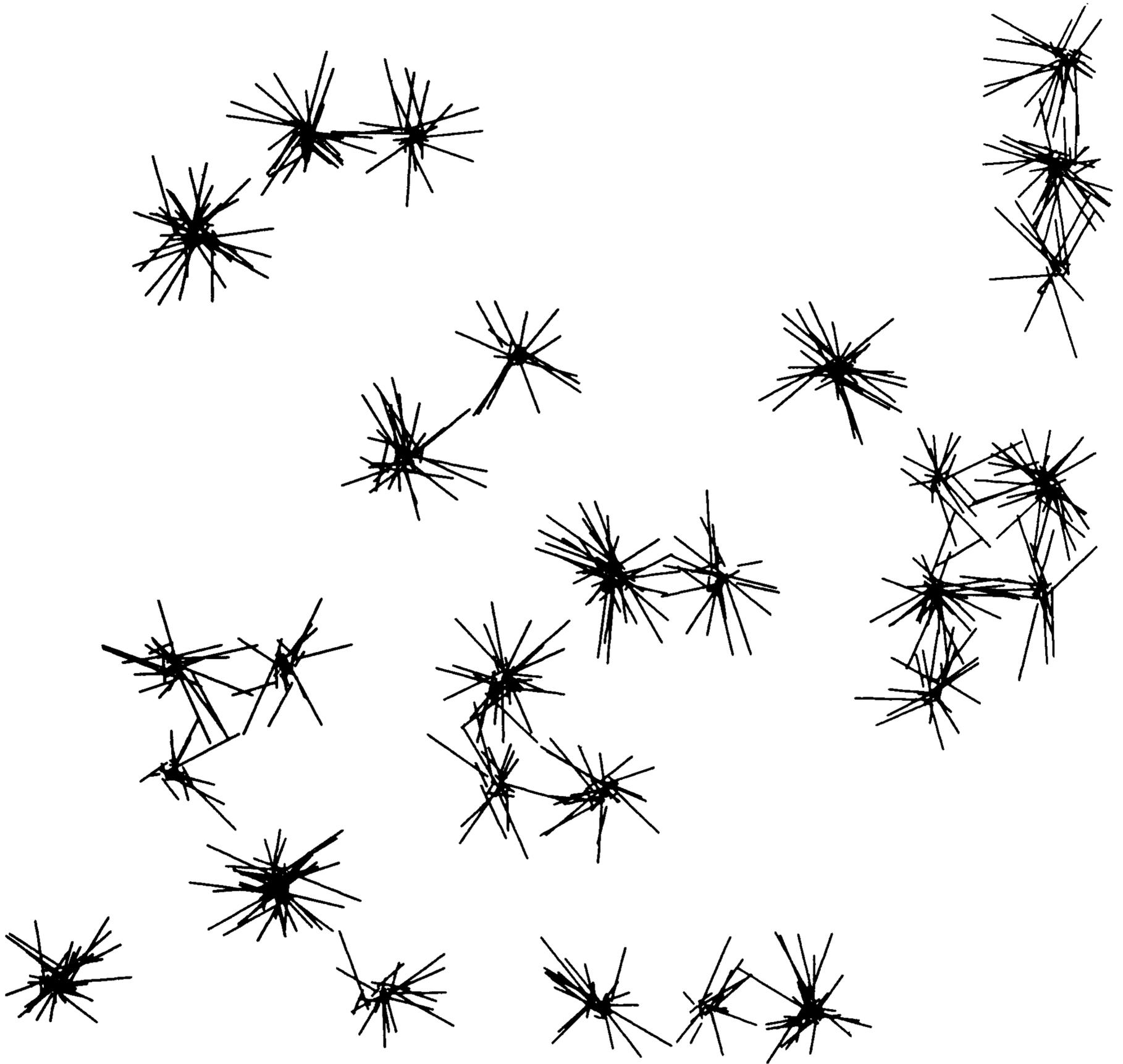
WE/336/29

Bild 5. Achsenparalleler Polygonzug, bestehend aus Geradenstücken



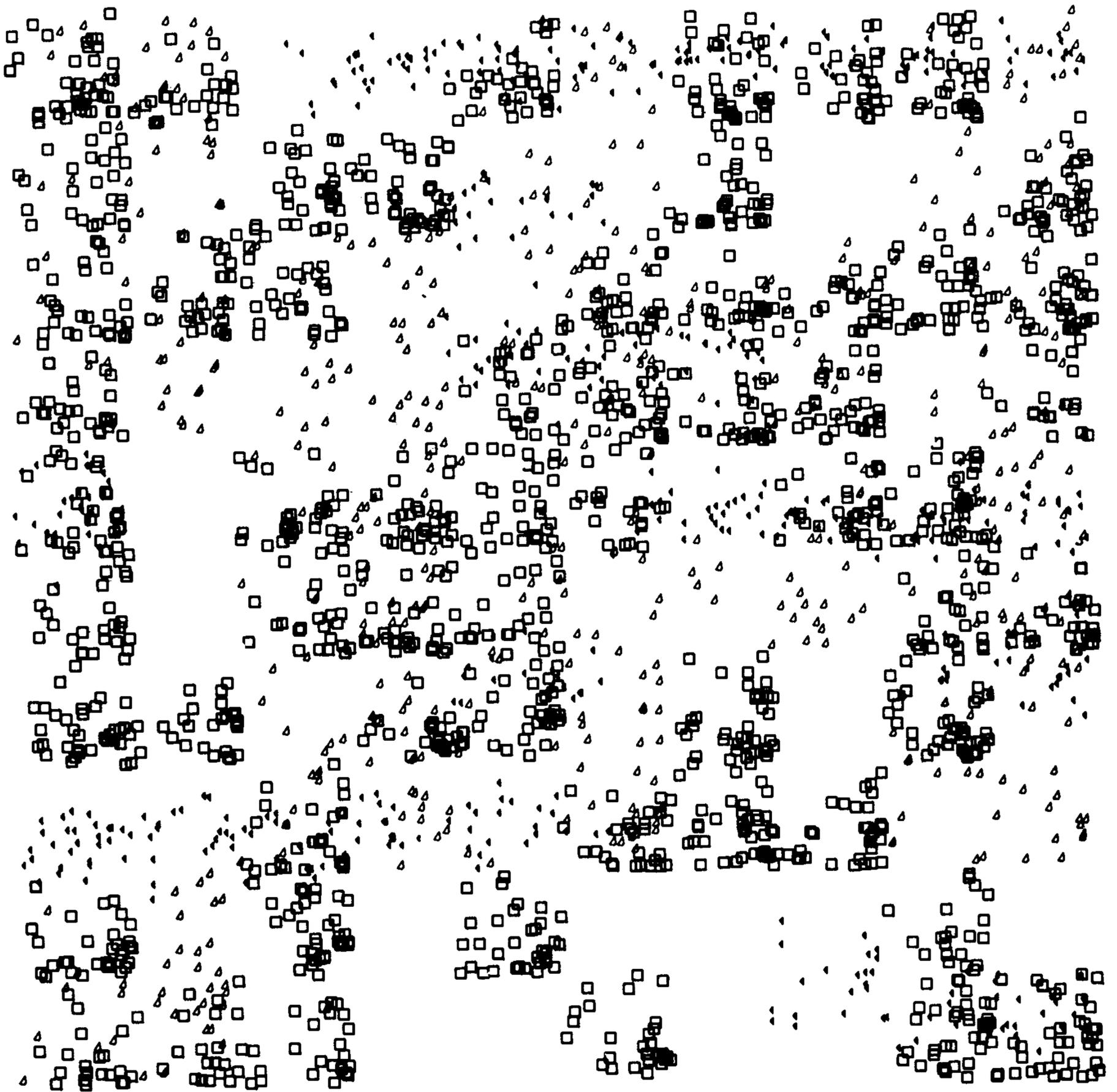
NRKE/ERSE/ZG+

Bild 6. Überlagerung von Strichverteilungen



NAKE/ER56/Z64

Bild 7. Felder mit Strichkonzentrationen



NAKE/ERS6/ZB4

Bild 8. Felder mit Quadratverteilungen, überlagert von zwei Dreiecksverteilungen

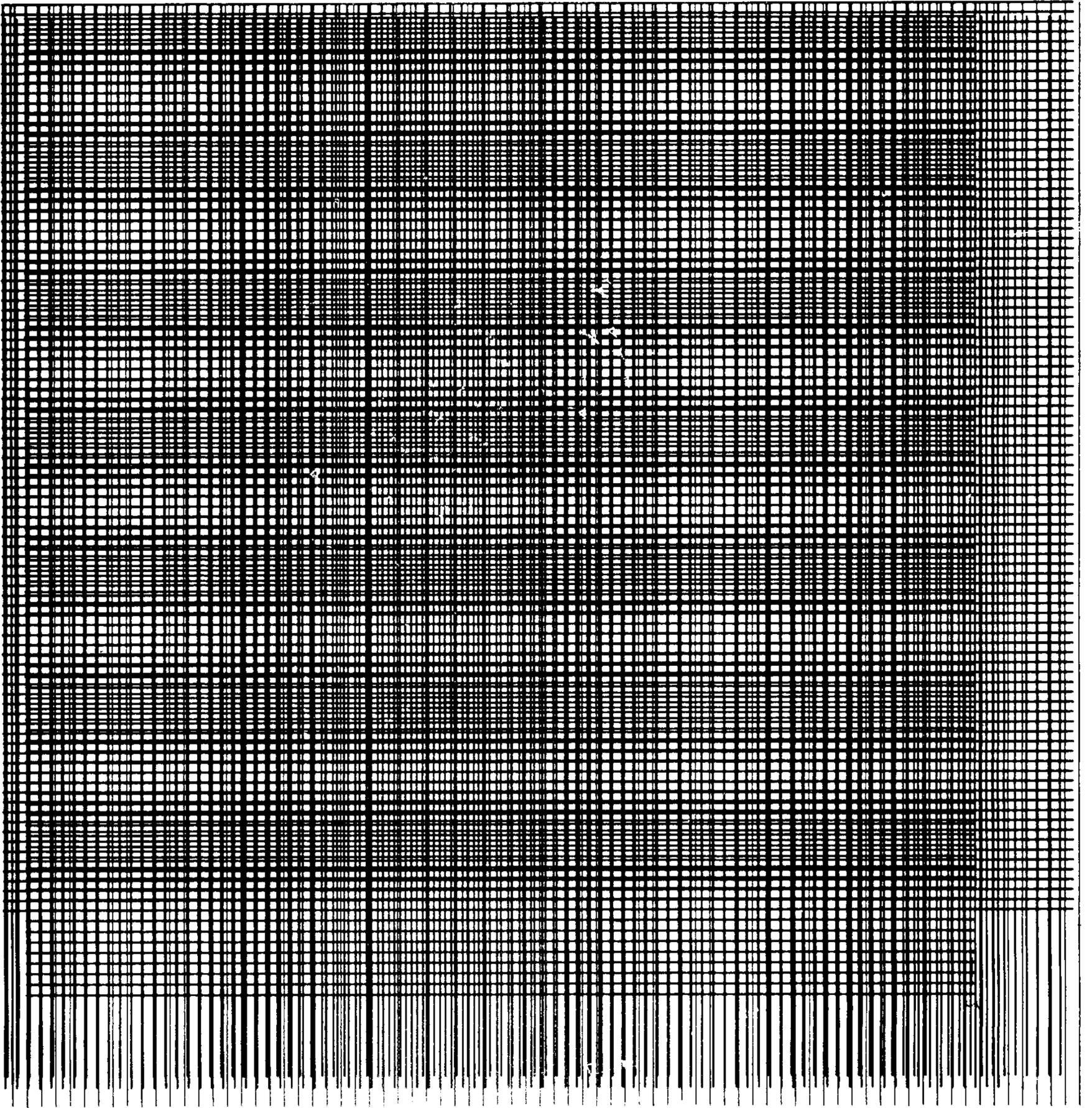


Bild 9. Große Rechteckschraffuren

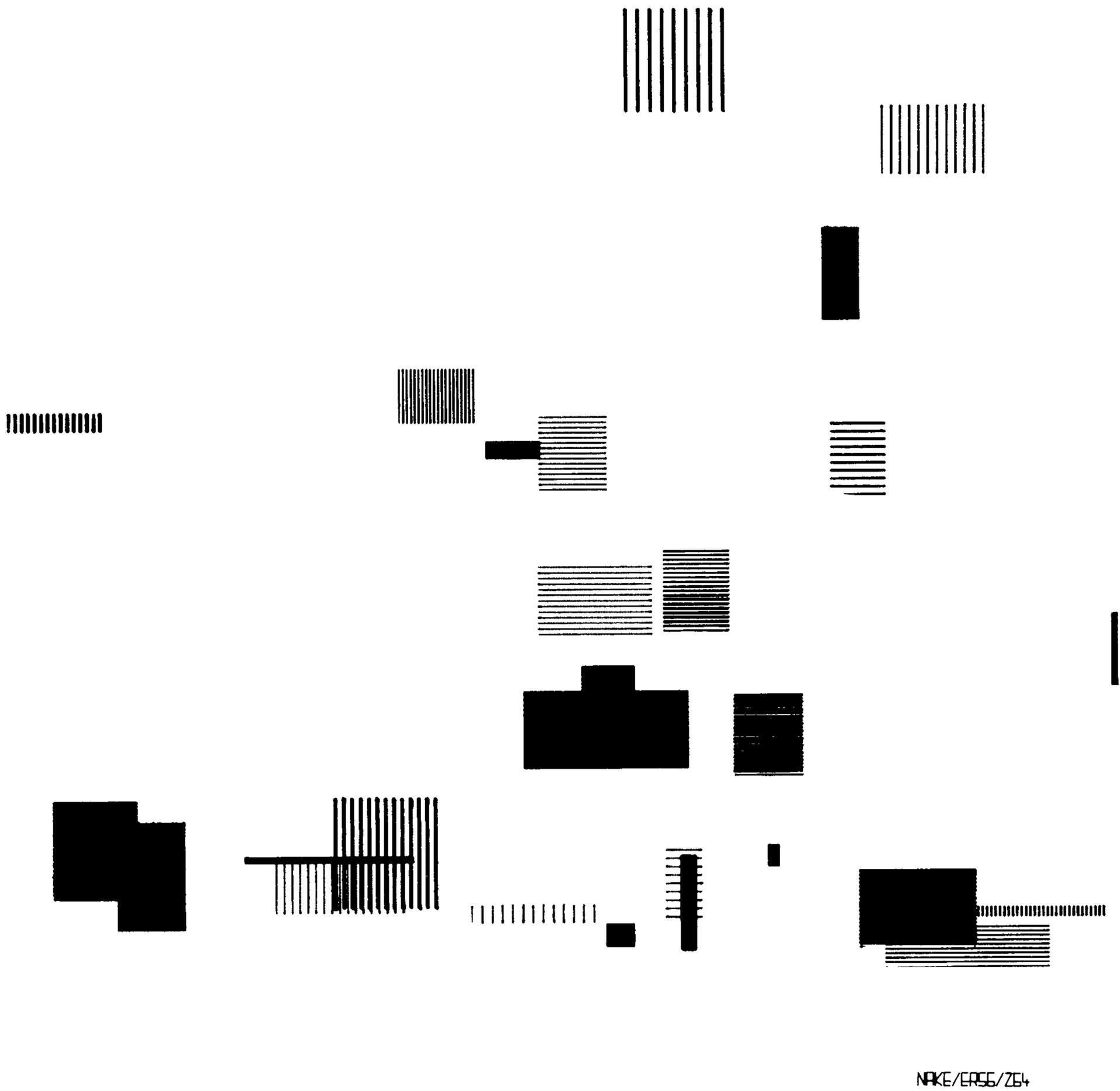
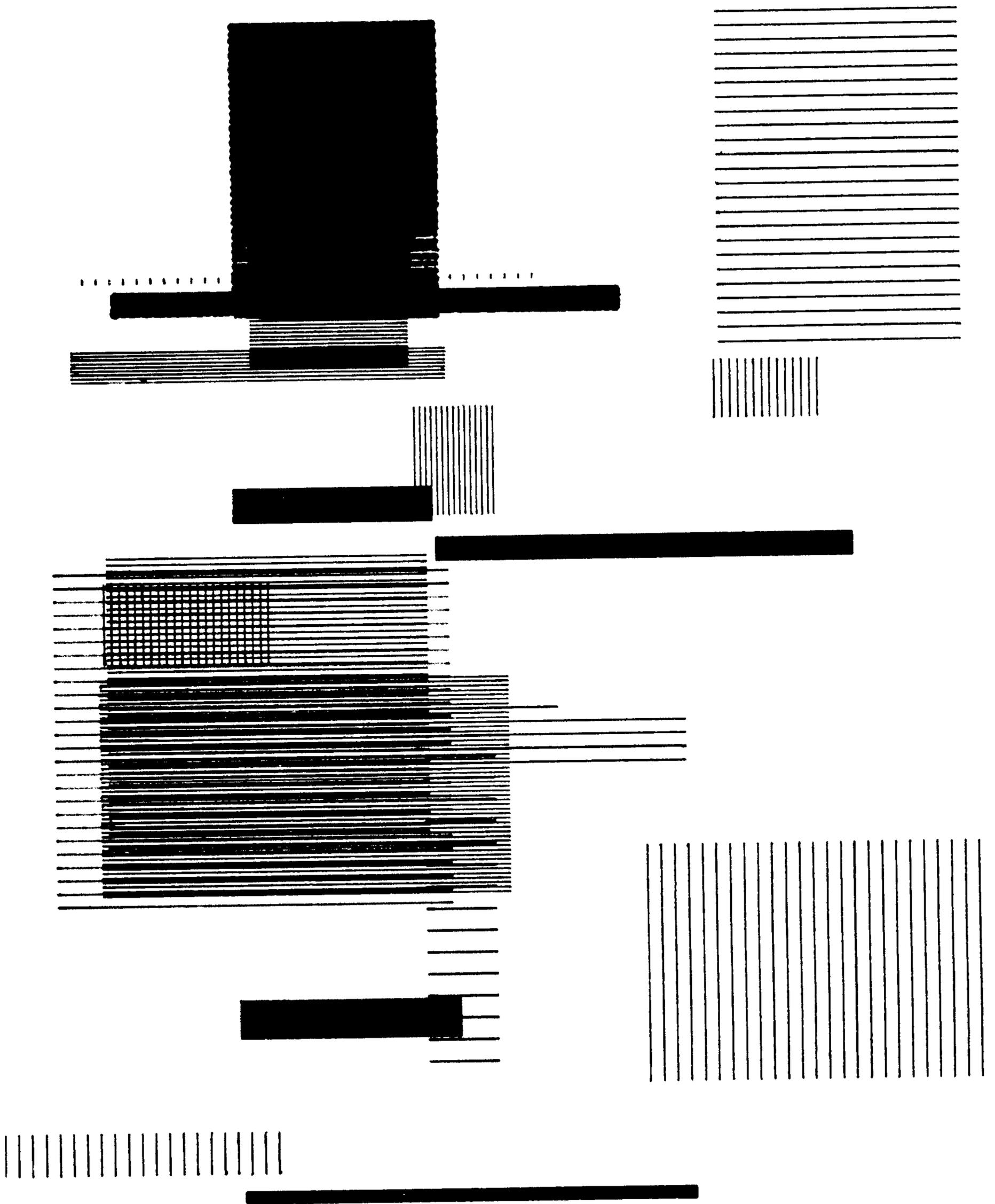


Bild 10. Rechteckschraffuren



NRKE/ERSE/ZB+

Bild 11. Rechteckschraffuren

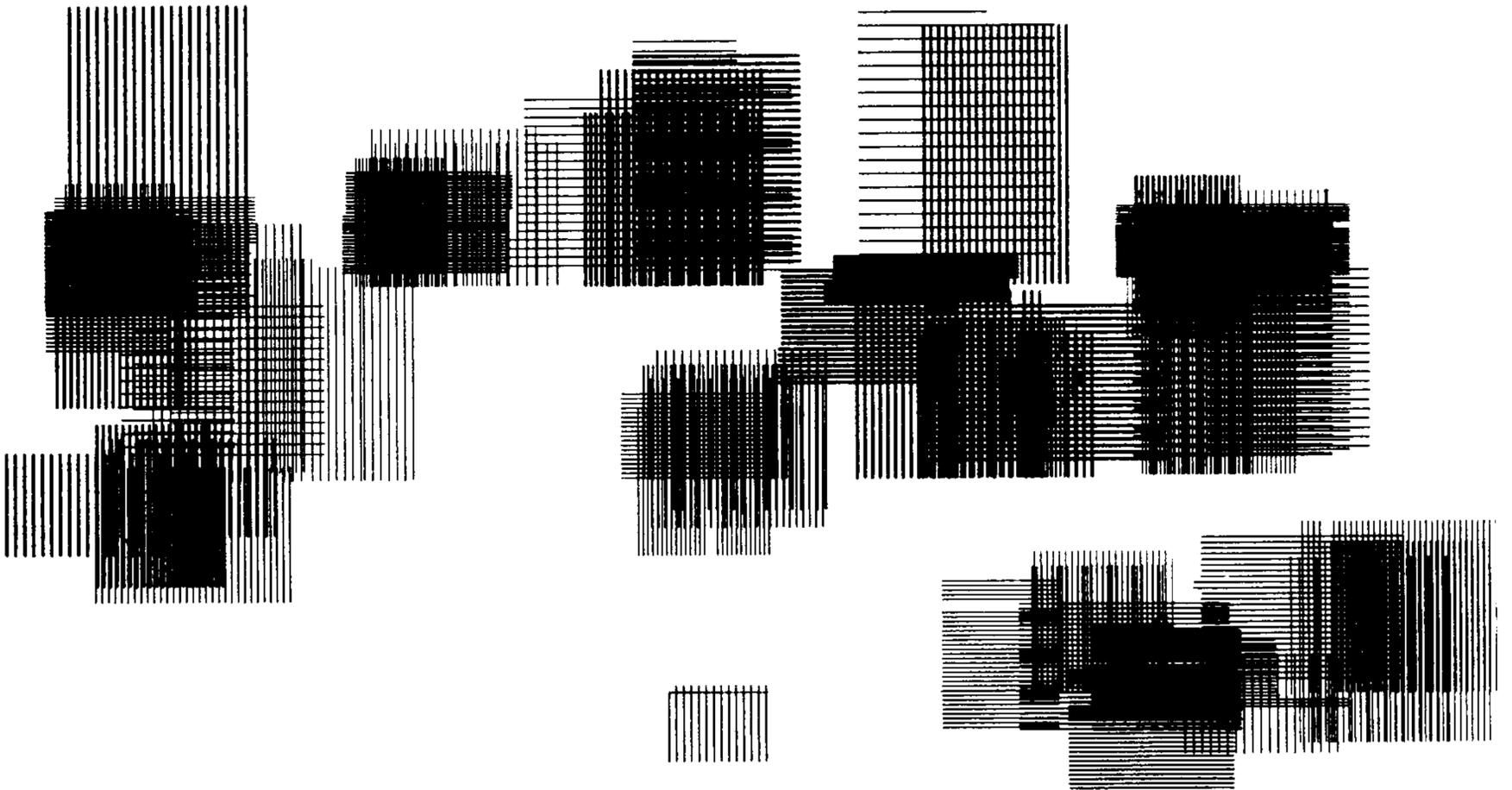
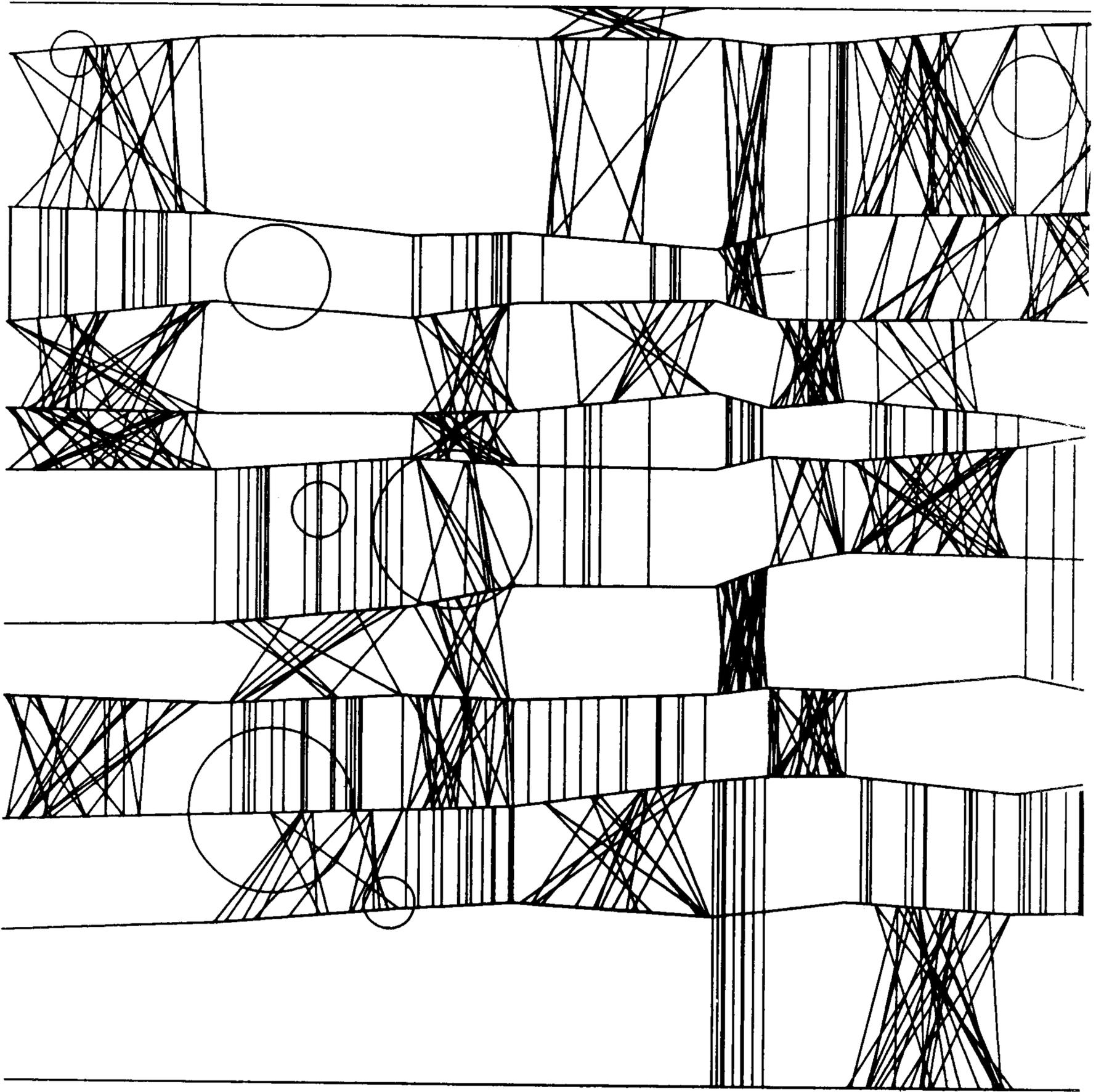
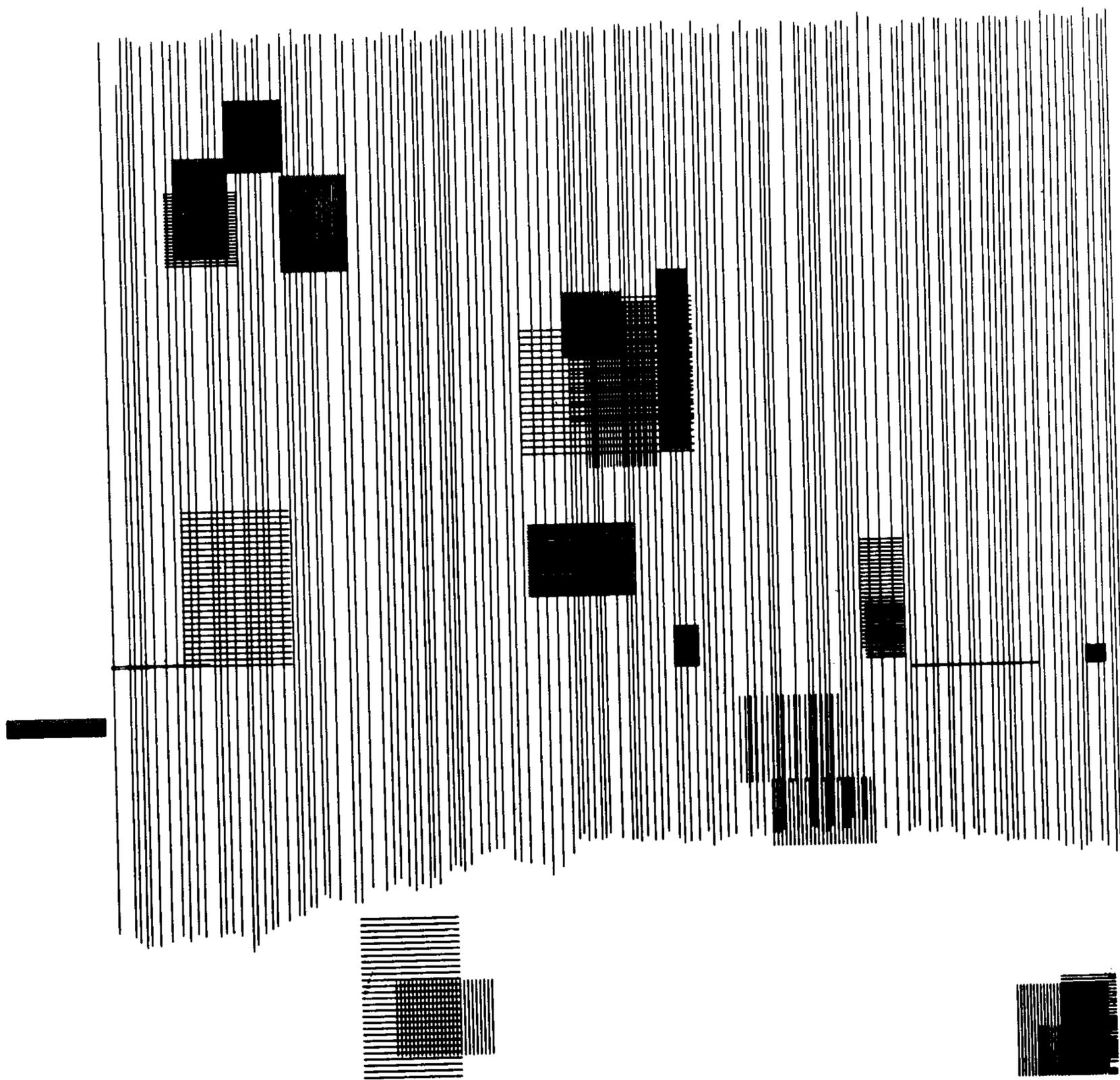


Bild 13. Felder mit Rechteckschraffuren



NKE/EP55/Z6+

Bild 14. "Klee"



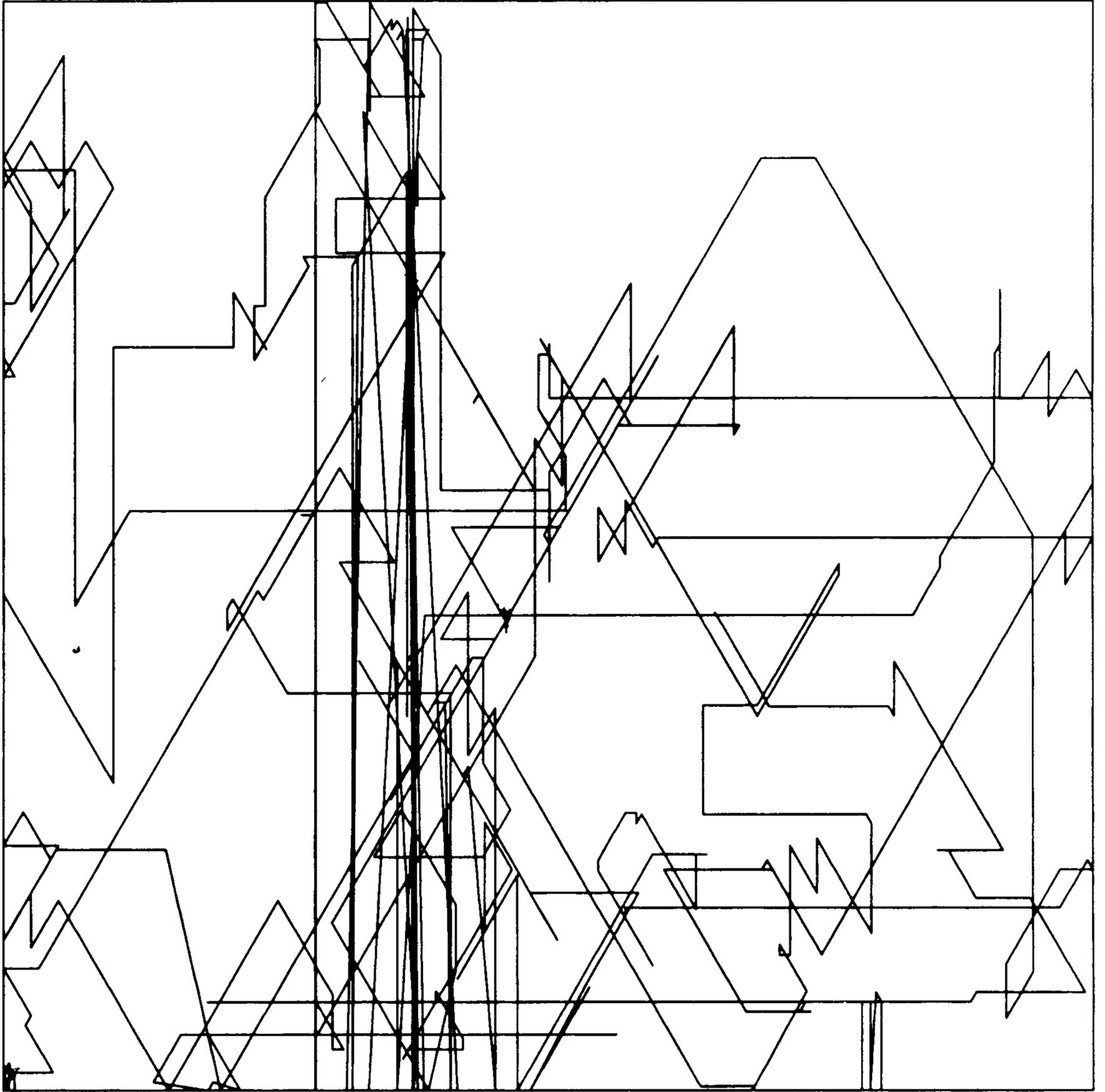
NRKE/EP56/28+

Bild 15. Rechteckschraffuren mit Geradenscharen



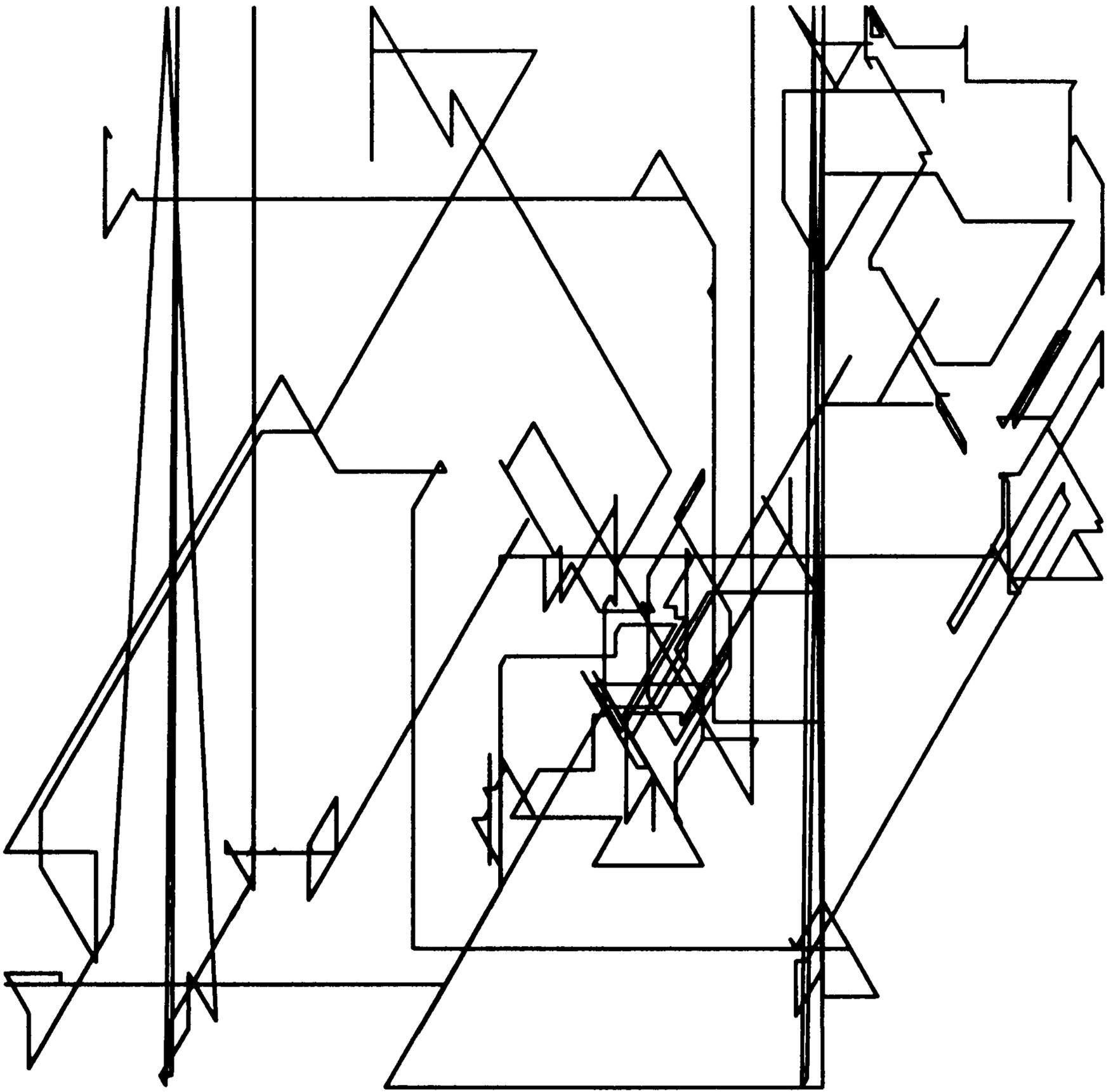
NRKE/BRSS/ZB+

Bild 16. Rechteckschraffuren mit Geradenscharen



NRKE/ERSE/ZB+

Bild 17. Polygonzug



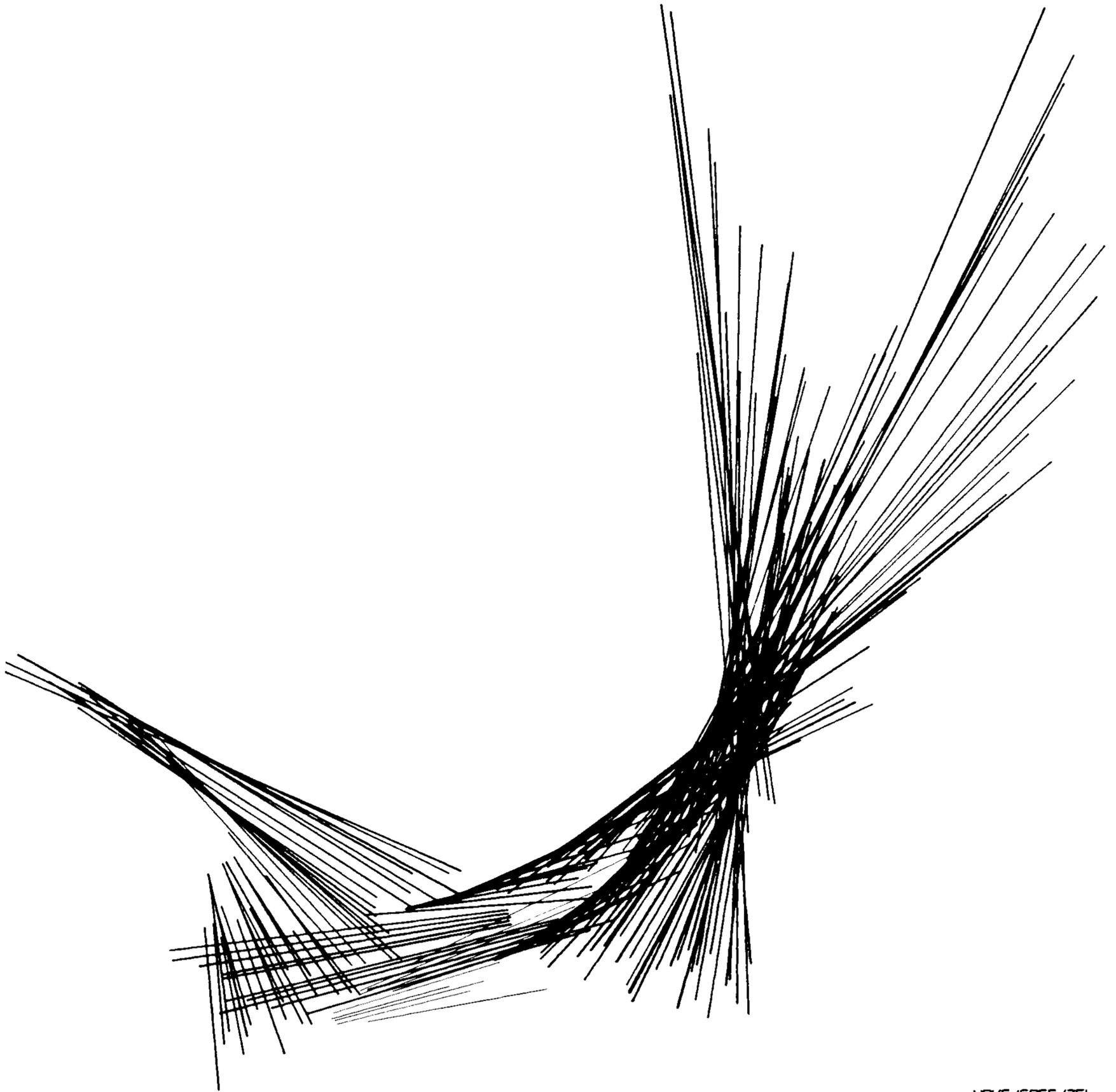
NAKE/ERSE/ZG+

Bild 18. Polygonzug



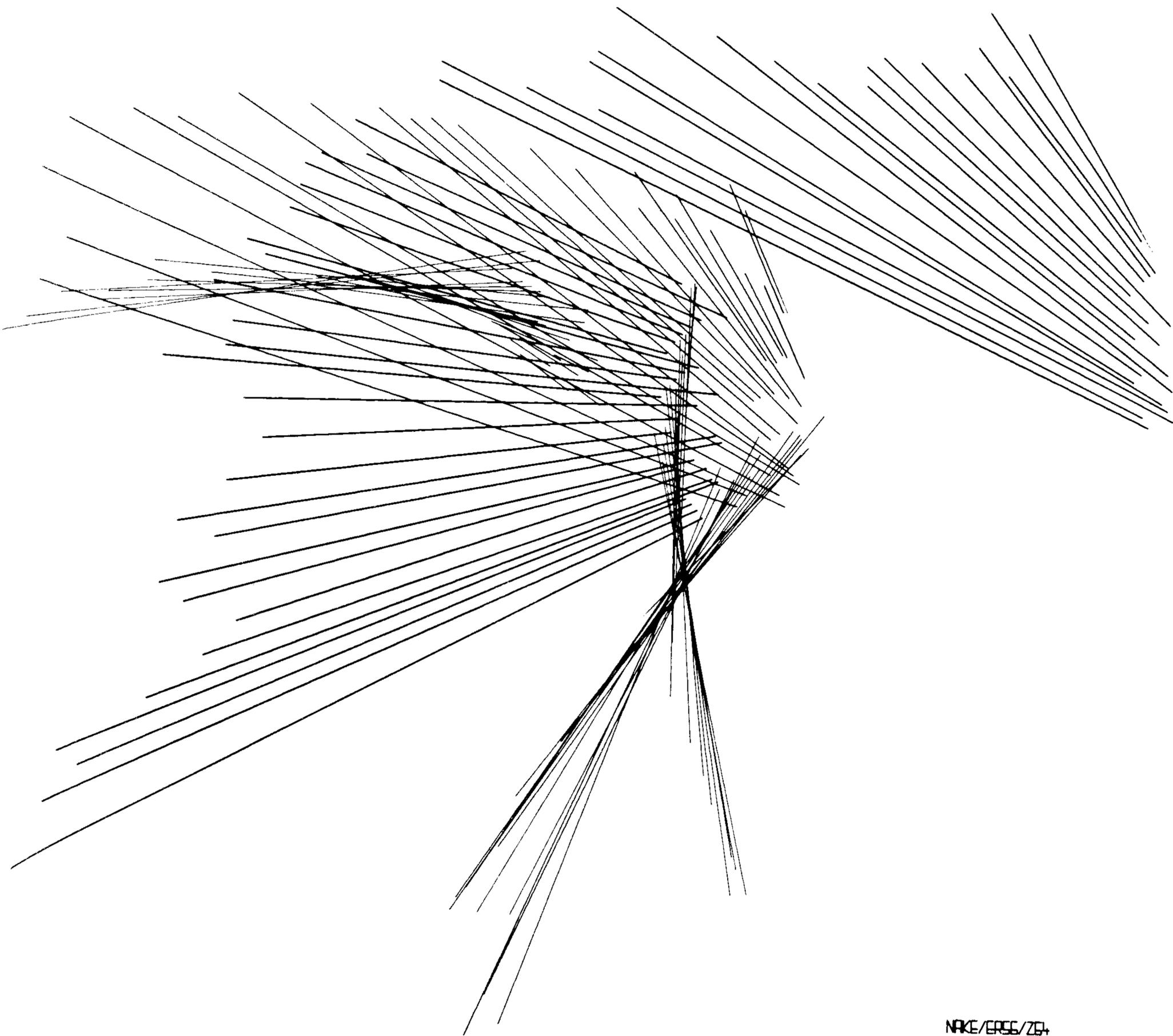
NRKE/ERSE/ZG+

Bild 19. Geradenscharen



NAKE/ER56/Z64

Bild 20. Geradenscharen



NAKE/ERSE/ZG+

Bild 21. Geradenscharen

2 Music from Mathematics
Played by IBM 7090 Computer and Digital to Sound Transducer

By Dr. M. V. Mathews and Ben Deutschman.

(Wiedergabe des Umschlagtextes zur Brunswick-Schallplatte LAT 8523)

The course of human development has always been marked by man's striving for new techniques and tools in pursuance of a better life. This is most dramatically manifested in the fields of science and technology. But this dissatisfaction with available materials and methods and the corresponding search for new ones is also evident in the arts, and artists have continually sought to improve the tools of their trade. Today's modern orchestral instruments, for example, hardly resemble their medieval ancestors. On this recording, we illustrate another advancement in the realm of tools available to the music-maker: the computer and the digital-to-sound transducer. This new "instrument" combination is not merely a gadget or a complicated bit of machinery capable of producing new sounds. It opens the door to the exploration and discovery of many new and unique sounds. However, its musical usefulness and validity go far beyond this. With the development of this equipment carried out at the Bell Telephone Laboratories, the composer will have the benefits of a notational system so precise that future generations will know exactly how the composer intended his music to sound. He will have at his command an "instrument" which is itself directly involved in the creative process. In the words of three of the composers whose works are heard on this recording:

Man's music has always been acoustically limited by the instruments on which he plays. These are mechanisms which have physical restrictions. We have made sound and music directly from numbers, surmounting conventional limitations of instruments. Thus, the musical universe is now circumscribed only by man's perceptions and creativity.

The process of composing music on and for the computer and transducer is highly complex; we shall attempt here only a brief and simplified description so that the listener may better understand what he is hearing. At the very heart of this type of composition rests this fundamental premise: "Any sound can be described mathematically by a sequence of numbers." Our composer thus begins by determining what numbers specify the particular sounds in which he is interested. These numbers are then punched on IBM cards; the cards are fed into the computer and the digits recorded in the memory of the machine. The computer is thus able to generate limitless sounds, depending on the instructions given it by the composer. The latter, instead of writing the score in notes, programs his music by punching a second set of

IBM cards, which when fed into the computer cause it to register on tape certain sounds from its vast storehouse. The composer may give the computer detailed instructions for every "note," or he may allow it varying degrees of freedom by asking it to select "notes" at random from a host of possibilities. The tape which emerges from the computer contains music in the form of magnetic impressions. To convert these impressions to actual sounds, the tape is run on a digital-to-sound transducer, which translates the digital indications to sounds, amplifies these sounds, and gives us the finished musical product.

As can be gleaned from the above description, the human element plays a large role in computer music, as in any art medium. The sounds and sound-producing methods are new; the composer's role is essentially that which it has always been. History tells us that whenever a new concept emerges, it is labeled revolutionary by either its proponents or the public at large. The new techniques and tools of computer music are not meant to replace the more traditional means of composition and performance. Rather, they are designed to enhance and enlarge the range of possibilities available to the searching imagination of musicians. Science has provided the composer with new means to serve the same ends - artistic excellence and communication.

Side One:

1. Frère Jacques (Common round)

Here is an example of what imagination and the computer can do with a familiar piece. The round is done with five voices, which have the following attacks and timbres.

1. Modified square waves; modified rectangular attack.
2. Random noise, narrow band; percussive attack.
3. Modified square wave; percussive attack.
4. Timbre and attack taken from the trombone.
5. Same as voice 1.

2. Fantasia (Orlando Gibbons)

This work (composed in the 16th century) is played to demonstrate the performance of conventional music on the computer. The original score is for three recorders. The wave shape is sinusoidal (the shape of a tone which is a pure fundamental, without overtones or harmonics). The attack was copied from that of a recorder, and includes an initial burst simulating a tonguing noise.

3. Bicycle built for two (arranged by M. V. Mathews)

The computer can also be programmed to speak and sing, as is illustrated by the last verse of this familiar ditty. The patterns of human speech are analyzed in the same manner as the instrumental sounds. The computer is then programmed to speak the desired words. On this band the computer not only was programmed to sing but also to simulate a Honky Tonky type of piano accompaniment that was popular during the era when this song was a hit.

4. Molto Amorooso (J. R. Pierce)

This piece features plucked tones. A squarish wave is modulated by a jagged attack which rises rapidly in a sequence of peaks, then falls slowly to zero at the end of the note, with decreasing jaggedness. Four different attacks are used for the four voices. The contrasting effect of similar attacks in long and short notes is of interest. This piece displays exaggerated variations of loudness and duration.

5. Variations in Timbre and Attack (J. R. Pierce)

This composition consists of a melody and various accompanying parts, making a total of voices. Voice 2 was formed from selected notes in the melody (Voice 1). The frequencies used in Voice 3 were obtained as differences between the frequencies of the first two voices. The difference between the frequencies of Voices 4 and 5 is approximately the frequency of the melody. Thus a highly integrated musical texture was obtained. The composition is divided into five sections.

Section I	Voice 1
Section II	Voice 1 and 2
Section III	Voices 1, 2 and 3
Section IV	Voices 4 and 5 only
Section V	All Voices

6. Stochatta (J. R. Pierce)

This is a very simple work originally composed for recorder and piano. The piece was programmed principally to show that the computer is capable of producing a pleasant timbre and harmonious music. The recorder timbre is that of a single sine-wave (sinusoidal), and the accompanying timbre is a smooth saw-tooth shape.

7. Five against seven - Random canon (J. R. Pierce)

The first work is a study of rhythmic patterns, in this case, five against seven. The canon was composed by a random procedure. It is a two-voiced canon at the octave, composed by selecting rests and notes of a whole-tone scale. The notes and rests, of various lengths, were selected by chance. After the first measure, the subsequent measures are, by chance, either new music or repetitions of earlier bars.

8. Beat Canon (J. R. Pierce)

In this work, certain timbre effects were studied. The first third of each treble note was emphasized by playing it at an amplitude four times that of the last two thirds. An envelope to the notes in the bass part was formed by striking together neighboring frequencies.

9. Melodie (J. R. Pierce)

This selection illustrates how the computer can be used to play rapidly and flawlessly two rhythms at once. The coda shows how the computer can execute an accent which would be difficult to achieve by conventional means.

10. Numerology (M. V. Mathews)

This piece was produced as a demonstration of some of the special effects which can be achieved with the computer. It has eight sections.

- Section I A long crescendo in which loudness is increased by raising vibrato frequency, vibrato amplitude, and pitch, as well as intensity.
- Section II A duet in which the treble voice is gradually modulated in timbre from a percussive, piano-like sound to a slow-attack, string-like sound.
- Section III The melody from the bass voice of the previous section is moved to the treble. Between each note of the original melody, the voice splits and divides continuously into three notes, which recombine on the next note.
- Section IV A melody is played three times; first in the treble, then in the bass with slight alterations in rhythm, finally in the treble with a frequency attack on each note.
- Section V A bass line is played first with conventional notes and then with notes in which the frequency has been blurred with a large, rapid vibrato.
- Section VI A sentimental, high-pitch section which demonstrates nuances of vibrato and attack.
- Section VII A canon in which the two identical voices are separated by one rhythmic beat.
- Section VIII A finale in which the tempo gradually increases to a point beyond comprehension. Some of the notes have no single frequency; they sweep over a range of as much as five octaves, and are perhaps reminiscent of a passing bullet.

Side Two:

1. The second law (M. V. Mathews)

This composition makes extensive use of random noise. The noise is used with a variety of bandwidths (the frequency limits of a given sound pattern) to achieve effects ranging from notes of definite pitch to pitchless noise. Contrasted against the noise is a tone with vibrato.

2. May Carol (M. V. Mathews)

This composition was produced to show the rhythmic possibilities of playing three notes against four. The work has three sections; the first is a study in rhythmic patterns, the second is a canon which is repeated with varying time intervals between the two voices, and the third is a development of the first section.

3. Theme and variations (S. D. Speeth)

This piece is a 12-tone composition which makes use of a tone row that is the same when played upside down and backwards. The three note motive E-F-D is the basic structural unit of the piece. The voice timbres employed were taken from a piece by J. R. Pierce, but with one modification: the rate and range of vibrato is made dependent on note intensity. The four sections are:

Section I Theme statement (Row is played upside down and backwards).

Section II Transition.

Section III First variation (Row is played backwards).

Section IV Coda; this is a computer-processed recording of a seismogram, sped up by a factor of 300.

4. Study No. 1 (D. Lewin)

This 12-tone piece also exploits a durational series; augmentations, inversions, and retrogrades of a basic series of six notes are used throughout. The Study contains essentially only two types of notes, which may be called "clink" and "hoot." All tones are presented with the same amplitude, but their durations and registers are varied, affecting the timbre and intensity. The piece is an attempt to determine how musically effective a systematic control of the use of registers might be.

5. Study No. 2 (D. Lewin)

This composition is also in the 12-tone idiom. The number of voices has been increased to four. Simple instruments allowing control of attack and waveforms only were used.

6. Pitch variations (N. Guttman)

This piece illustrates how the content of a composition may be derived from a particular psycho-acoustical phenomenon. An experiment, carried out by the composer, showed that certain waveforms consisting of trains of sharp pulses produce unusual pitch impressions which may not correspond simply to the frequency of the waveform. At some frequencies, an impression of more than one pitch is produced. In this composition, these waveforms are reproduced at frequencies designed to make the pitch uncertainties more prominent.

7. Noise study (J. Tenny)

Each of the "instruments" used in this piece includes a noise-generator. These "instruments" were designed in such a way that the amplitudes, center frequencies, and bandwidths of the output signals were all continuously variable within each "note" as well as from one "note" to another. The large-scale structure of the piece is defined by the changes in average amplitude, center frequency, bandwidth, and duration from "note" to "note" and from section to section. In addition, each section is characterized by a different range of variation in each of the four qualities mentioned above. The particular qualities manifested by the sounds at any given moment, however, were determined by chance methods (via random-number tables and tossed coins). Thus, although the general shape of the piece as a whole was predetermined by the composer, the way this general shape was realized in detail was not, but rather, left to chance.

8. Joy to the world (M. V. Mathews)

This well-known carol is performed to illustrate different timbres. The first two playings differ only in the attack on each note; the first features a slow attack and the second a fast one. The third playing uses a vibrato which has a maximum intensity in the middle of each note.

Glossary

FREQUENCY	The repetition rate which determines the pitch of a sound.
DECAY	The very end or "dying" of a tone.
AMPLITUDE	The magnitude which determines the loudness of a sound.
WAVEFORM	The pictorial representation of the shape of a sound wave.
TIMBRE	The quality of a tone which distinguishes voices or instruments; tone color.
INSTRUMENT	Pertaining to computer music, this term refers to a group of computer instructions which generate the notes of a given type of sound.

The Composers

Dr. J. R. PIERCE is Executive Director, Research, Communications Principles Division, Bell Telephone Laboratories. This Division has contributed a great deal to the fields of radio, television, electronics, acoustics and vision, mathematics, and group behavior. Dr. Pierce's department carried out the work on Bell Telephone's Project Echo, and Dr. Pierce is credited with significant contributions to the success of the Telstar Program.

Dr. M. V. MATHEWS is a member of the staff of Bell Telephone Laboratories, where he is doing important work in the area of visual and acoustical research. His main activities involve the study of speech coding and recognition methods by means of digital computer simulation. The programming of the music on this recording is the result of Dr. Mathews' work.

DAVID LEWIN is a prominent composer presently teaching at the University of California at Berkely. Mr. Lewin also studied mathematics at Princeton. He was a Junior Fellow in Music at Harvard.

JAMES TENNY is a recognized composer who studied with Dr. L. A. Hiller, Jr. at the University of Illinois. He has since September, 1961, worked at the Bell Telephone Laboratories writing computer music.

Dr. S. D. SPEETH is a psychologist with a musical background which includes serious study on the violin.

Dr. N. GUTTMAN is a psychologist at Bell Telephone Laboratories, specializing in speech and phonetics. His special interests is the perception of the pitches of unusual sounds.

Literaturverzeichnis

- [1] HILLER Jr., L. A. and ISAACSON, L. M.:
ILLIAC Suite for String Quartet
New Music 30 (1957) No. 3, S. 18
- [2] HILLER Jr., L. A. and ISAACSON, L. M.:
Experimental Music: Composition with an
Electronic Computer
New York 1959. McGraw-Hill
- [3] XENAKIS:
ST/10 (1962)
- [4] TENNEY:
Stochastische Komposition 1 (1963)
- [5] HILLER Jr., L. A. and BACKER:
Computer Kantate 1963
Darmstädter Beiträge zur neuen Musik 1963
- [6] SEAY, A.:
The Composer of Music and the Computer
Computers and Automation 13 (1964),
No. 8, 16 - 18
- [7] HILLER Jr., L. A.:
Informationstheorie und Computermusik
Darmstädter Gespräch. Mainz 1964
- [8] RISSET, J. C.:
Special Computer Program produces
Trumpet Sounds
Computers and Automation 14 (1965),
No. 12, 50
- [9] PIERCE, J. R.:
Computer Music Concert
Fall Joint Computer Conference 30. 11. 1965
Las Vegas, New Mexico, USA
(Comm. ACM 11 (1965), No. 11, 651)

Monte-Carlo-Texte

von G. Stickel, Darmstadt

Eine elektronische Rechenanlage gestattet nicht nur das Rechnen mit Zahlenwerten, sondern auch die automatische Manipulation von sprachlichen Einheiten. Besonders bewährt haben sich programmgesteuerte Anlagen bei der automatischen Herstellung von Konkordanzen und Indizes zu umfangreichen Textcorpora. Hierbei wird der Anlage ein Text, der auf Lochkarten oder Lochstreifen übertragen worden ist, und ein Programm eingegeben. Letzteres besteht aus einer Folge von Anweisungen, nach denen die Anlage den eingegebenen Text in Wörter oder Sätze zerlegt und die so gewonnenen Einheiten sortiert, zusammenfaßt und in Form von gedruckten Listen ausgibt [1].

In Umkehrung dieses Verfahrens ist es auch möglich, die Maschine durch ein Programm anzuweisen, mit Hilfe eines eingegebenen Lexikons und einer Anzahl von syntaktischen Regeln Texte zu synthetisieren und auszugeben.

Versuche dieser Art wurden schon vor einigen Jahren in der Technischen Hochschule Stuttgart [2, 3, 4] und in amerikanischen Instituten [5] gemacht. Zu Beginn dieses Jahres wurde ein solches Experiment auch mit Hilfe der IBM 7090-Rechenanlage des Deutschen Rechenzentrums in Darmstadt unternommen, wobei ein Lexikon von knapp 1200 Wörtern eingegeben wurde.

Verschiedene Flexionsformen (z. B. Mann, Mannes, Männer, Männern) werden hierbei als verschiedene Wörter gezählt. Die Wörter sind grammatisch gekennzeichnet, das heißt sie sind mit einer Kennzahl versehen, die angibt, ob sie Artikel, Adjektive, transitive oder intransitive Verben etc. sind, und welches Genus, welchen Numerus und Kasus etc. sie haben. Außerdem wird der Anlage eine einfache Syntax mitgeteilt, mit deren Hilfe sie aus den Wörtern Sätze bildet. Die Syntax besteht aus sogenannten Satzmustern, Abfolgen von Satzgliedbezeichnungen, die bei der Satzsynthese durch Wörter aus dem eingegebenen Lexikon ersetzt werden. Diese Syntax ist keineswegs ein Strukturmodell aller deutschen Sätze; sie erlaubt nur die Bildung einer begrenzten Anzahl verschiedener Satztypen.

Das Programm, welches den Ablauf der Texterzeugung steuert, ist so geschrieben, daß Lexikon und Syntax ohne Schwierigkeiten verändert oder erweitert werden können. Ein wesentlicher Bestandteil des Programms ist der Pseudo-Zufallszahlengenerator, mit dessen Hilfe die Auswahloperationen so beeinflußt werden, daß das Ergebnis, also der Text, innerhalb bestimmter Grenzen nicht vorhersagbar ist. Mit einer Anspielung auf Glücks-

spiele wie das Roulett, die auch auf Zufallsbedingungen beruhen, nennt man ein solches Verfahren ein Monte-Carlo-Programm.

Das Ziel des Versuchs war es, die Maschine gedichtähnliche Textgebilde erzeugen zu lassen. Wegen der automatischen Herstellung wurden die Ergebnisse "Autopoeme" genannt.

Ein Mensch, der einen Text verfaßt, wählt konsekutiv sprachliche Einheiten aus der Menge der in einer Sprache gegebenen Möglichkeiten aus. In der Art des Auswählens äußert sich seine Mitteilungsabsicht. Da eine Rechenanlage von sich aus keine Intentionen entwickeln kann - sie wird ja durch das vom Menschen geschriebene Programm gesteuert - , wird das Selektieren sprachlicher Einheiten durch Zufallsprozesse ersetzt. Damit wird bewirkt, daß keiner der jeweils produzierten Texte einem vorhergehenden oder nachfolgenden gleicht.

Zufällig gewählt werden vom Programm die Anzahl der Zeilen jedes Autopoems zwischen den Grenzen 4 und 26 Zeilen, die Satzmuster, entsprechend der gewählten Zeilenzahl, aus einem Vorrat von 280 möglichen Mustern und die Wörter aus dem Lexikon, die nach ihrer grammatischen Klassifizierung in jedes Satzmuster eingefügt werden. Um ein Autopoem herzustellen, benötigt die IBM 7090-Rechenanlage durchschnittlich 0,25 Sekunden. Trotz dieser erstaunlichen Produktivität ist die Wahrscheinlichkeit, daß bei unverändertem Wortschatz jemals zwei gleiche Texte hergestellt werden, verschwindend gering.

Eine Steuerung des Sinnzusammenhangs zwischen den Satzteilen ist in dem bisherigen Programm nicht vorgesehen. Es enthält keine semantischen Regeln, jedoch wird eine semantische Grenze für die potentiellen Inhalte der Texte durch die Auswahl der Wörter für das Lexikon gesetzt. Durch das Lexikon und die Syntax wird die zufällige Zusammenstellung der Wörter eingeschränkt. Innerhalb dieser Grenzen kann sich der Programmierer vom Ergebnis überraschen lassen.

Die Entstehungsart der Texte zeigt deutlich, daß man der Rechenanlage kaum die Rolle des Autors zuschreiben kann. Die Annahme, der Computer habe etwas mitteilen wollen, er habe eine bestimmte Wendung gewählt, weil sie schöner klingt oder einem gestellten Thema besser entspricht, wäre eine Mystifizierung der Arbeitsweise der Rechenanlage. Ihr kommt lediglich die Rolle eines leistungsfähigen Versuchsgerätes zu, das vom Menschen für ein Spiel mit den sprachlichen Mitteln verwendet wird. Es scheint deshalb auch nicht sinnvoll, die Frage zu diskutieren, ob die Autopoeme Dichtung sind oder nur eine Art spielerischen Unsinn. Der Vorwurf des gewollten Unsinn könnte mit gleichem Recht der Dada-Dichtung gemacht werden.

Die jeweils erzielten Resultate sind so gut und so schlecht wie das Programm, mit dem sie gewonnen werden. Mit den Textbeispielen im Anhang soll lediglich auf die weitreichenden Anwendungsmöglichkeiten der datenverarbeitenden Maschine hingewiesen werden. Die Anwendung des Computers als Dichtungsautomat, mit dessen Hilfe sich der Literaturbedarf eines ganzen Landes decken ließe, wäre kaum ein erstrebenswertes Ziel. Nützlicher ist sicherlich seine zunehmende Verwendung bei grammatischen und stilistischen Untersuchungen. Wenn daneben ein Lyriker einen Computer verwenden sollte, um sich durch das kombinatorische Spiel mit neuen Wortfolgen und metrischen Formen für seine eigene Arbeit anregen zu lassen, wäre damit noch keine Bedrohung der Dichtkunst durch die Maschine gegeben, sondern lediglich eine weitere Form des künstlerischen Experimentes gefunden.

Literaturverzeichnis

- [1] STICKEL, G.: Automatische Textzerlegung und Registerherstellung.
Programm-Information PI-11, Deutsches Rechenzentrum, Darmstadt, 1964.
- [2] LUTZ, TH.: Stochastische Texte.
Augenblick, 4 (1959), H. 1, 3 - 9.
- [3] LUTZ, TH.: Über ein Programm zur Erzeugung stochastisch-logistischer Texte.
Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft, 1 (1960), H. 1, 11 - 16.
- [4] GUNZENHÄUSER, R.: Zur Synthese von Texten mit Hilfe programmgesteuerter Ziffernrechenanlagen.
mtw, Zeitschrift für moderne Rechentechnik und Automation, 10 (1963), H. 1, 4 - 9.
- [5] LEVIN, S. R.: On Automatic Production of Poetic Sequences.
The University of Texas Studies in Literature and Language, 5 (1963), No. 1.
- [6] STICKEL, G.: "Computerdichtung" - Zur Erzeugung von Texten mit Hilfe von datenverarbeitenden Anlagen.
Der Deutschunterricht, 18 (1966), H. 2.

Anhang: Autopoeme aus drei Versuchsserien

Für die Herstellung der folgenden Texte wurden drei verschiedene Lexika verwendet. Die Lexika unterscheiden sich durch die gebotene Auswahl von Substantiven, Adjektiven und Verben. Die Wörter dieser Klassen wurden jeweils aus bestimmten semantischen Feldern zusammengestellt.

Die Syntax und die übrigen Wortklassen (Artikel, Präpositionen, Konjunktionen und Pronomina) blieben in jedem Fall unverändert. Durch die jeweilige Zusammenstellung des Lexikons wurden folgende Themenkreise angestrebt:

Autopoeme Nr. 102 und 151:	Technik und Kunst.
Autopoem Nr. 203 :	Weihnachten und Märchen.
Autopoeme Nr. 303 und 312:	"Lyrisches" (Natur und Empfindungen).

Kontrastreiche Wendungen waren in den Texten der ersten und zweiten Gruppe durchaus beabsichtigt.

WOERTERBUCH

16	VERGANGENHEIT	13	17	ELEKTRON	8
16	SPANNUNG	8	18	DICHTER	7
16	LINIE	5	18	SAENGER	7
16	WELLE	5	18	MASCHINEN	9
16	MUSE	4	18	FARBEN	6
16	KUNST	5	18	REGELN	6
16	SCHRAUBE	8	18	PROZESSE	8
16	DICHTUNG	8	18	KUENSTLER	9
17	VERGNUEGEN	10	18	BETRACHTER	10
17	NETZWERK	8	18	KRITIKER	8
17	WERKZEUG	8	18	MECHANIKER	10
17	ELEMENT	7	18	PROGRAMMIERER	13
17	METALL	6	18	GEDANKEN	8
17	ENDE	4	18	FEHLER	6
17	DIAGRAMM	8	18	TECHNIKER	9
17	METRUM	6	18	APPARATE	8
17	DRAMA	5	18	FAKTOREN	8
17	MASS	4	18	DRAEHTE	7
17	GERAEUSCH	9	18	EFFEKTE	7
17	MODELL	6	18	PLAENE	6
17	VERFAHREN	9	18	KLAENGE	7
17	MOTIV	5	18	TOENE	5
17	GEDAECHTNIS	11	18	VURTEILE	8
17	GEHIRN	6	18	SCHWUENGE	9
17	BEWUSSTSEIN	11	18	PRODUKTE	8
17	PRODUKT	7	18	EINDRUECKE	10
17	ERLEBNIS	8	18	BANAUSEN	8
17	SIGNAL	6	18	MEISTER	7
17	PUBLIKUM	8	18	RELATIONEN	10
17	ERGEBNIS	8	18	ANALYSEN	8
17	GEFUEHL	7	18	SPULEN	6
17	GEMAELDE	8	18	GRAPHIKEN	9
17	KUNSTWERK	9	18	SCHALTUNGEN	11
17	SCHAUSPIEL	10	18	ROEHREN	7
17	VERSMASS	8	18	KOMPOSITIONEN	13
17	GLEICHMASS	10	18	SERENADEN	9
17	DEL	3	18	KURVEN	6
17	SONETT	6	18	EMPFINDUNGEN	12
17	AUGE	4	18	THEORIEN	8
17	VERGNUEGEN	10	18	SYMPHONIEN	10
17	MATERIAL	8	18	HARMONIEN	9
17	BILD	4	18	DISSONANZEN	11
17	PROGRAMM	8	18	LOESUNGEN	9
17	GITTER	6	18	STOERUNGEN	10
17	GLAS	4	18	RICHTUNGEN	10
17	VORURTEIL	9	18	STRUKTUREN	10
17	SPIEL	5	18	FUNKTIONEN	10
17	KONZERT	7	18	WERKZEUGE	9
17	KONZEPT	7	18	ELEMENTE	8
17	LEBEN	5	18	FIGUREN	7

Ausschnitt aus dem eingegebenen Lexikon "Technik und Kunst", das hier bereits nach Wortarten sortiert ist. Die Zahlen links von den Wörtern kennzeichnen die Wortart (16 = Subst. fem. sing., 17 = Subst. neutr. sing., 18 = Subst. pl.). Die Zahlen rechts von den Wörtern geben die Wortlängen an; sie werden von der Rechenanlage automatisch bestimmt.

AUTOPOEM NR. 102

SYNKOPISCH IST DER PROZESS UND MASCHINELL .
STAERKE PFEIFT , WO DIE PRODUKTE GRUEBELN .
HELL IST DIESES METALL UND STABIL JEDE SERENADE .
WENN EIN PROGRAMMIERER OSZILLIERT , STRAHLT EIN MODELL .
VERNUENFTIGE MASCHINEN ENTTAEUSCHEN DEN MEISTER .
DIE RICHTUNG IST ALLENTHALBEN .
DIE MUSE LEBT THEORETISCH UND FLUESSIG .
MORGEN VIBRIEREN BETRACHTER .
JEDER HARMONISCHE MUSIKER LACHT .
UND EIN BLEISTIFT IST KONKRET .
DIE ENERGIE IST STABIL UND WARM .
UND AB UND ZU ROLLEN KOEPFE .
WESHALB MALT DER RHYTHMUS DIE STABILE EXPOSITION ?
WEIL SIE DICHTERISCH IST .
DER HARMLOSE SCHWUNG SCHREIBT .
UND EIN VORTEIL VERBINDET DAS SINNLOSE WERKZEUG .
BALD ZITZERT JEDER LESER UND EIN MASS IST HELL .
DIE MOTOREN LOBEN DIE BETRACHTER .
WIR VERBESSERN DIE KURVEN UND VERBINDEN DIE WELLEN .

AUTOPOEM NR. 151

HURRA ! HELLE KRITIKER DICHTEN .
UND DER EFFEKT IST LANGSAM .
WARM TRILLERT DER WERTVOLLE UNSINN .
EINE GESTALT GLEITET RUND UND STARR .
METRISCH SCHALTET DAS SINNLOSE METRUM .
WEIL DER PINSEL RASSELT , SIND WIR AB UND ZU KUENSTLICH .
MORGEN IST DIE BALANCE SCHNELL .
KUNST IST BEWEGLICH UND MUSIKALISCH .
DIE LOESUNG LERNT .
WENN DAS GLEICHMASS ERSCHEINT , MUSIZIERT EIN MATERIAL .

AUTOPOEM NR. 203

O FREUDE ! KEUSCHE SCHNEEFLOCKEN JUBELN .
SIE MUSIZIEREN BEI DER WEIHNACHTSZEIT .
FROEHLICH IST DAS VOEGLEIN UND KLEIN DIE ERWARTUNG .
MELCHIOR UND SCHNEEWITTCHEN SIND SELIG UND GOLDEN .
JEDER LICHTERGLANZ BEHUETET DAS VOEGLEIN .
UND DIE REINE NACHT BESINGT DAS HERZ .
JETZT BESINGT FREUDE DIE HOCHHEILIGE FLOETE .
SIND GEIGEN GOLDEN UND KERZEN FREUDIG ? - NEIN !
ES ERSCHEINT UND GLAENZT ALLENTHALBEN UND IRGENDWO .
DAS FRIEREN UND MUSIZIEREN ERWARTET DIE KERZEN .
UND EIN ZWERG ERWARTET DIESES SELIGE SCHAF .
LEISE SIND DIE KERZEN , SIE LEUCHTEN UND FUNKELN .
SIE GLAENZEN UNTER EINSAMEN GLOCKEN .
DAS LEUCHTEN UND LEUCHTEN IST SCHOEN UND GRUEN .
WER BEHUETET DIESES ZARTE ENGLEIN ?
NIKOLAUS UND ROTKAEPPCHEN .
BEI WEIHRAUCH UND GOLD LAECHELT LEISE JEDES GEFUNKEL .
SCHNEEWITTCHEN SCHENKT , WAS DIE HIRTEN BRINGEN .
ENGEL SINGEN UND SCHAFE ERSCHEINEN STRAHLEND .
GRUEN UND STRAHLEND SIND TANNENBAEUME UND ELTERN .
DER SANFTE LICHTERGLANZ BESCHENKT DIE KLARE KNUSPERHEXE .
MANCHMAL MUSIZIERT DER ZWERG UND EIN HERZ IST GNADEBRINGEND .
KLINGELING !

AUTOPOEM NR. 303

WENN DIE DUNKELHEIT SPIELT , ERSTARRT EIN ABEND .
GOLD UND SCHOENHEIT STRAHLEN MANCHMAL .
ICH TANZE UND SINNE .
OFT BERUEHRT MICH DAS GRAS .
DIE GLOCKE WAECHST RAUH UND GOLDEN .
PFADE UND BOTEN SIND DRUNTEN STUERMISCH .
WER KUESST EINE PFLANZE ? -
DER POET .

AUTOPOEM NR. 312

DIE FROEHLICHEN TRAEUME REGNEN .
DAS HERZ KUESST DEN GRASHALM .
DAS GRUEN VERSTREUT DEN SCHLANKEN GELIEBTEN .
FERN IST EINE WEITE UND MELANCHOLISCH .
DIE FUECHSE SCHLAFEN RUHIG .
DER TRAUM STREICHELST DIE LICHTER .
TRAUMHAFTES SCHLAFEN GEWINNT EINE ERDE .
ANMUT FRIERT , WO DIESES LEUCHTEN TAENDELT .
MAGISCH TANZT DER SCHWACHE HIRTE .