



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

11

646 788

21 Gesuchsnummer: 10407/79

22 Anmeldungsdatum: 22.11.1979

30 Priorität(en):
28.11.1978 DE 2851452
09.06.1979 DE 2923477
09.06.1979 DE 2923468
09.06.1979 DE 2923473

24 Patent erteilt: 14.12.1984

45 Patentschrift veröffentlicht: 14.12.1984

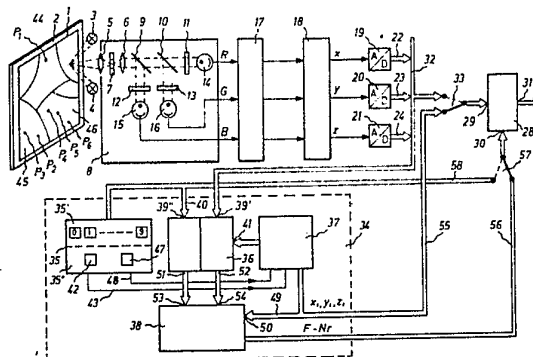
73 Inhaber:
Dr.-Ing. Rudolf Hell GmbH, Kiel 14 (DE)

72 Erfinder:
Gast, Uwe, Dr., Rammsee (DE)
Jung, Eggert, Dr., Schönberg (DE)
Knop, Hans-Georg, Heikendorf (DE)
Kuhn, Franz, Dr., Schönkirchen (DE)
Möllgaard, Klaus, Kiel (DE)
Redecker, Friedrich, Heikendorf (DE)
Sendtko, Ulrich, Kiel (DE)
Sommer, Rüdiger, Raisdorf (DE)
Wellendorf, Klaus, Dr., Heikendorf (DE)

74 Vertreter:
Hepatex-Ryffel AG, Zürich

54 Verfahren und Schaltungsanordnung zum Erkennen von Farben.

57 Vor der Farberkennung werden für einen charakteristischen Probenpunkt ($P_1 - P_6$) in jeder zu erkennenden Farbe einer Farbfläche optoelektronisch die Farbkomponenten bestimmt, welche die Raumkoordinaten (x, y, z) der Farborte der Probenpunkte im Farbraum darstellen. Den Farborten der Probenpunkte ($P_1 - P_6$) werden Identifikationssymbole zugeordnet. Danach werden um die Farborte der Probenpunkte ($P_1 - P_6$) Farberkennungsräume gebildet, indem den anderen Farborten des Farbraumes ebenfalls Identifikationssymbole zugeordnet werden, die aus den zuvor den Farborten der Probenpunkte zugeordneten Identifikationssymbolen berechnet werden. Dabei bilden jeweils alle mit demselben Identifikationssymbol belegten Farborte einen Farberkennungsraum. Die Identifikationssymbole für die Farborte werden in einem Farberkennungs-Speicher (28) durch die zugehörigen Farbkomponenten adressierbar gespeichert. Während der Farberkennung wird die Farbfläche punkt- und zeilenweise optoelektronisch abgetastet. Die dabei gewonnenen Farbkomponenten (x, y, z) adressieren den Farberkennungs-Speicher (28), und die aufgerufenen Identifikationssymbole werden als Farberkennungssignale ausgelesen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Erkennen von Farben, bei dem eine farbige Fläche mit Licht bekannter Spektralzusammensetzung beleuchtet und die Intensitäten von drei Grundfarben im reflektierten oder durchgelassenen Licht als Farbkomponenten optisch-elektrisch gemessen werden, welche die Raumkoordinaten der Farborte in einem Farbraum darstellen, und bei dem für jede zu erkennende Farbe im Farbraum Farberkennungsräume abgegrenzt und die gemessenen Farbkomponenten auf ihre Zugehörigkeit zu den Farberkennungsräumen überprüft werden, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Farbbestimmung für jede zu erkennende Farbe bzw. für jeden zu erkennenden Farbbereich die Farbkomponenten mindestens eines charakteristischen Probenpunktes in der betreffenden Farbe bzw. Farbbereich bestimmt und festgehalten werden, dass jedem Farbkomponenten-Tripel eines Probenpunktes ein Identifikationssymbol zugeordnet wird, und dass die farbige Fläche zur eigentlichen Farbbestimmung optisch-elektrisch abgetastet, die dabei gewonnenen Farbkomponenten mit den festgehaltenen Farbkomponenten verglichen und bei Übereinstimmung die zugeordneten Identifikationssymbole ausgegeben werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass den zu einem Farberkennungsraum gehörigen Farbkomponenten-Tripeln dasselbe Identifikationssymbol zugeordnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung von Farberkennungsräumen vor der Farbbestimmung für die bei der Abtastung einer zu erkennenden Farbe bzw. eines Farbbereiches möglichen Farbkomponenten-Tripel entsprechende Probenpunkte ausgemessen und ihren Farbkomponenten-Tripeln Identifikationssymbole zugeordnet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der ausgemessenen Probenpunkte in einer zu erkennenden Farbe bzw. einem Farbbereich geringer als die Anzahl der bei der Abtastung möglichen Farbkomponenten-Tripel dieser Farbe bzw. dieses Farbbereiches ist und dass die zur Bildung von Farberkennungsräumen erforderlichen Identifikationssymbole aus den Farbkomponenten der Probenpunkte und ihren zugeordneten Identifikationssymbolen ermittelt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung von Farberkennungsräumen um die Proben-Farborte vor der eigentlichen Farbbestimmung jedem zu belegenden Farbort bzw. Farbkomponenten-Tripel das Identifikationssymbol des im Farbraum räumlich am nächsten liegenden Proben-Farbortes zugeordnet wird, und dass bei der eigentlichen Farbbestimmung die Identifikationssymbole ausgegeben werden, die den mit der optisch-elektrischen Abtastung der farbigen Fläche gewonnenen Farbkomponenten bzw. Farborten zugeordnet sind.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils die räumlichen Abstände eines zu belegenden Farbortes zu allen Proben-Farborten berechnet und der Proben-Farbort mit dem kleinsten Abstand markiert wird, dass dem zu belegenden Farbort das Identifikationssymbol des markierten Proben-Farbortes zugeordnet wird und dass anschliessend der nächste zu belegende Farbort aufgerufen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der jeweilige räumliche Abstand (d) aus den Farbkomponenten (a₁, a₂, a₃) eines zu belegenden Farbortes und den Farbkomponenten (b₁, b₂, b₃) eines Proben-Farbortes nach der vektoriellen Gleichung:

$$d = \sqrt{(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2}$$

berechnet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass einem zu belegenden Farbort, falls dieser von mehreren Proben-Farborten gleich weit entfernt ist, das bei den betreffenden Proben-Farborten am häufigsten angetroffene Identifikationssymbol zugeordnet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Farbraum durch Digitalisierung der Farbkomponenten in Farbraumelemente (26) unterteilt und den Farbraumelementen Speicherplätze in einem ersten Speicher (28) zugeordnet werden, welche durch die digitalisierten Farbkomponenten der betreffenden Farbraumelemente adressierbar sind, und dass die Identifikationssymbole unter den Adressen abgelegt werden, welche ihren zugeordneten digitalisierten Farbkomponenten entsprechen.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine aus den beim Ausmessen der Probenpunkte gewonnenen Farbkomponenten-Tripeln und den zugeordneten Identifikationssymbolen gebildete Proben-Liste in einem zweiten Speicher (36) unter fortlaufenden Adressen abgelegt wird, dass die Farbkomponenten bzw. Adressen der zu belegenden Speicherplätze des ersten Speichers (28) nacheinander und jeweils dazwischen die Adressen des zweiten Speichers (36) aufgerufen werden, dass jeweils aus den aufgerufenen Farbkomponenten eines zu belegenden Speicherplatzes und den aus dem zweiten Speicher (36) ausgelesenen Farbkomponenten der Proben-Liste der kleinste räumliche Abstand und das zugehörige Identifikationssymbol bestimmt werden, dass die Identifikationssymbole unter den aufgerufenen Adressen im ersten Speicher (28) abgelegt werden, dass die bei der Abtastung der farbigen Fläche gewonnenen Farbkomponenten digitalisiert werden und die entsprechenden Speicheradressen aufrufen, und dass die zugeordneten Identifikationssymbole aus dem ersten Speicher (28) ausgegeben werden.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Adressen des ersten Speichers (28) zeilenweise aufgerufen werden.

12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung von Farberkennungsräumen um die Proben-Farborte vor der eigentlichen Farbbestimmung die mit Identifikationssymbolen zu belegenden Farborte, welche die Proben-Farborte schalenförmig umgeben, Schale für Schale mit wachsendem Abstand von den jeweiligen Proben aufgerufen werden, dass die aufgerufenen Farborte auf eine Belegung mit Identifikationssymbolen hin überprüft werden, dass einem von einem Proben-Farbort aus aufgerufenen Farbort das Identifikationssymbol der zugehörigen Probe zugeordnet wird, falls der betreffende Farbort noch nicht mit einem Identifikationssymbol belegt ist, und dass bei der eigentlichen Farbbestimmung die Identifikationssymbole ausgegeben werden, die den mit der optisch-elektrischen Abtastung der farbigen Fläche gewonnenen Farbkomponenten bzw. Farborten zuvor zugeordnet worden sind.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils nacheinander gleichabständige Schalen um die einzelnen Proben-Farborte gelegt werden, und dass anschliessend die entsprechenden Schalen mit dem nächst grösseren Abstand gebildet werden.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die zu belegenden Farborte innerhalb einer Schale nacheinander aufgerufen werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Schalen in Form von Kugel- oder Würfel-Schalen gebildet werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Farbraum durch Digitalisierung der Farbkomponenten in Farbraumelemente unterteilt ist, deren Lage durch jeweils ein Farbkomponenten-Tri-

pel bestimmt ist, und dass die Schalen durch entsprechende Farbraumelemente angenähert werden.

17. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Schalen-Koordinaten (x_{sm}, y_{sm}, z_{sm}) aller an der Bildung der m-ten Kugelschale beteiligten Farborte aus der Menge ganzer Zahlen ergeben, die der Kugelgleichung

$$m = r^2 = x_{sm}^2 + y_{sm}^2 + z_{sm}^2$$

genügen.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Schalen-Koordinaten (x_{sm}, y_{sm}, z_{sm}) aller an der Bildung der m-ten Kugelschale beteiligten Farborte durch Permutation und Vorzeichenumkehr aus einem geordneten, der Kugelgleichung mit dem Radius \sqrt{m} genügenden Koordinaten-Tripel ermittelt werden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Schalen-Koordinaten (x_{sm}, y_{sm}, z_{sm}) der an den einzelnen Schalen (m) beteiligten Farborte, bezogen auf den Schalenmittelpunkt, ermittelt werden, und dass die Farbkomponenten (x_i, y_i, z_i) der zu belegenden Farborte um einen Proben-Farbort als Schalenmittelpunkt aus den Proben-Koordinaten (x_{pn}, y_{pn}, z_{pn}) des betreffenden Proben-Farbortes (n) nach den Gleichungen:

$$x_i = x_{pn} + x_{sm}$$

$$y_i = y_{pn} + y_{sm}$$

$$z_i = z_{pn} + z_{sm}$$

berechnet werden.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Bildung der Schalen beim Erreichen eines vorgegebenen Abstandes zu einem Proben-Farbort abgebrochen wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand von der Anzahl der in der farbigen Fläche ausgemessenen Probenpunkte abhängig ist.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Bildung der Schalen dann abgebrochen wird, wenn bei der Überprüfung der Farborte mit einer bestimmten Häufigkeit bereits mit Identifikationsymbolen belegte Farborte angetroffen werden.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Schalenbildung beim Tangieren der Schalen benachbarter Proben-Farborte abgebrochen wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass den Farborten Speicherplätze eines ersten Speichers (28) zugeordnet werden, die durch die digitalisierten Farbkomponenten der betreffenden Farborte adressierbar sind, dass die Identifikationsymbole unter den Adressen abgelegt werden, welche ihren zugeordneten Farbkomponenten entsprechen, dass vor der Farbbestimmung eine aus den jeweils beim Ausmessen, der Probenpunkte gewonnenen Farbkomponenten-Tripeln (x_{pn}, y_{pn}, z_{pn}) und den zugeordneten Identifikationsymbolen gebildete Proben-Liste in einem zweiten Speicher (36) und die Schalen-Koordinaten (x_{sm}, y_{sm}, z_{sm}) für die einzelnen Schalen als Schalen-Liste in einem dritten Speicher (62) unter fortlaufenden Adressen abgelegt werden, dass die Adressen des zweiten und dritten Speichers fortlaufend aufgerufen und aus der Proben-Liste und der Schalen-Liste die Adressen der mit Identifikationsymbolen zu belegenden Speicherplätze des ersten Speichers (28) berechnet werden, dass die den berechneten Adressen zugehörigen Speicherplätze des ersten Speichers (28) auf Belegung mit Identifikationsymbolen überprüft und auf die-

sen, im Falle einer Nichtbelegung, die Identifikationsymbole der entsprechenden Proben abgelegt werden, dass die bei der Abtastung der Fläche gewonnenen Farbkomponenten digitalisiert werden und die entsprechenden Speicheradressen des ersten Speichers (28) aufrufen, und dass die zugeordneten Identifikationsymbole aus dem ersten Speicher (28) ausgegeben werden.

25. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung von Farberkennungsräumen um die Proben-Farborte die Farborte, welche die Proben-Farborte schalenförmig umgeben, Schale für Schale mit wachsendem Abstand von den jeweiligen Proben aufgerufen und auf eine Belegung mit Identifikationsymbolen hin überprüft werden, dass einem von einem Proben-Farbort aus aufgerufenen Farbort das Identifikationsymbol der zugehörigen Probe zugeordnet wird, falls der betreffende Farbort noch nicht mit einem Identifikationsymbol belegt ist, dass die Schalenbildung um die Proben-Farborte abgebrochen wird, dass anschliessend den noch nicht belegten Farborten jeweils das Identifikationsymbol des im Farbraum räumlich am nächsten liegenden Proben-Farbortes zugeordnet wird, und dass bei der eigentlichen Farbbestimmung die Identifikationsymbole ausgegeben werden, die den mit der optisch-elektrischen Abtastung der farbigen Fläche gewonnenen Farbkomponenten bzw. Farborten zuvor zugeordnet worden sind.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Farbbestimmung eine aus den jeweils beim Ausmessen der Probenpunkte gewonnenen Farbkomponenten-Tripeln (x_{pn}, y_{pn}, z_{pn}) und den zugeordneten Identifikationsymbolen gebildete Proben-Liste in einem zweiten Speicher (36) und die Schalen-Koordinaten (x_{sm}, y_{sm}, z_{sm}) für die einzelnen Schalen als Schalen-Liste in einem dritten Speicher (62) unter fortlaufenden Adressen abgelegt werden, dass die Adressen des zweiten und dritten Speichers fortlaufend aufgerufen und aus der Proben-Liste und der Schalen-Liste die Adressen der mit Identifikationsymbolen zu belegenden Speicherplätze eines ersten Speichers (28) berechnet werden, dass die den berechneten Adressen zugehörigen Speicherplätze des ersten Speichers (28) auf Belegung mit Identifikationsymbolen überprüft und auf diesen, im Falle einer Nichtbelegung, die Identifikationsymbole der entsprechenden Proben abgelegt werden, dass nach Abbruch der Schalenbildung die Farbkomponenten bzw. Adressen der noch zu belegenden Speicherplätze des ersten Speichers (28) nacheinander und dazwischen jeweils die Adressen des zweiten Speichers (36) aufgerufen werden, dass aus den aufgerufenen Farbkomponenten der noch zu belegenden Speicherplätze und der aus dem zweiten Speicher (36) ausgelesenen Proben-Liste jeweils der kleinste räumliche Abstand und das zugehörige Identifikationsymbol bestimmt wird, dass die Identifikationsymbole unter den aufgerufenen Adressen im ersten Speicher (28) abgelegt werden, dass die bei der Abtastung der farbigen Fläche gewonnenen Farbkomponenten digitalisiert werden und die entsprechenden Speicheradressen aufrufen, und dass die zugeordneten Identifikationsymbole aus dem ersten Speicher (28) ausgegeben werden.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die sich bei einer farbigen Fläche, deren Farbumfang gegenüber dem theoretisch möglichen Farbraum begrenzt ist, ergebenen Farbkomponenten bzw. Adressen auf den vorhandenen Adressenbereich des ersten Speichers (28) umgerechnet werden.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Probenpunkte in der farbigen Fläche mit Hilfe von opto-elektrischen Wandlern ausgemessen werden.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die farbige Fläche auf einem

Farbmonitor dargestellt wird und die Probenpunkte mit Hilfe eines Cursors ausgemessen werden.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Farbkomponenten mit unterschiedlicher Auflösung digitalisiert werden.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Farbkomponenten den trichromatischen Farbmesswert-Signalen (R, G, B) entsprechen.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Farbkomponenten den Chrominanz-Signalen (x, y) und dem Helligkeits-Signal (z) entsprechen, und dass die Chrominanz-Signale (x, y) und das Helligkeits-Signal (z) durch Koordinaten-Transformation des R, G, B-Farbraumes in den Chrominanz-Luminanz-Farbraum gewonnen werden.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Farbkomponenten in Zylinder-Farbkoordinaten (S, T, L) dargestellt werden, wobei die Zylinder-Farbkoordinaten durch eine Koordinaten-Transformation des Chrominanz-Luminanz-Farbraumes in den Sättigungs(S)-Farbton(T)-Helligkeits(L)-Farbraum gewonnen werden.

34. Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass um die Grauachse des Sättigungs-Farbton-Helligkeits-Farbraumes ein zylindrischer oder tonnenförmiger Farberkennungsraum für «Grau» gelegt wird.

35. Verfahren nach Anspruch 33 oder 34, dadurch gekennzeichnet, dass ein Farberkennungsraum im Sättigungs-Farbton-Helligkeits-Farbraum durch eine entsprechende Koordinaten-Transformation in Richtung des Farbtones eingeengt wird.

36. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einer Lichtquelle (3, 4) bekannter Spektralzusammensetzung zur Beleuchtung der zu untersuchenden farbigen Fläche (1) und mit drei opto-elektrischen Wandlern (14, 15, 16) zur Erfassung der reflektierten oder durchgelassenen Intensitäten dreier Grundfarben als Farbkomponenten, gekennzeichnet durch einen über A/D-Wandler (19, 20, 21) an die opto-elektronischen Wandler (14, 15, 16) angeschlossenen Farberkennungs-Speicher (28) zur Aufnahme von Identifikationssymbolen, welcher durch digitalisierte Farbkomponenten adressierbar ist, und eine Eingabestufe (35) zur Zuordnung von Identifikationssymbolen.

37. Schaltungsanordnung nach Anspruch 36, zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch einen mit der Eingabe-Stufe (35) und den A/D-Wandlern (19, 20, 21) verbundenen Proben-Speicher (36) zur Ablage einer aus den Farbkomponenten der Probenpunkte und den zugeordneten Identifikationssymbolen gebildeten Proben-Liste, ein an den Farberkennungs-Speicher (28) und den Proben-Speicher (36) angeschlossenes Adress-Steuerwerk (37) zum Aufrufen von Farbkomponenten und zur Anwahl der Adressen des Proben-Speichers (36) und des Farberkennungs-Speichers (28), und eine mit dem Proben-Speicher (36), dem Adress-Steuerwerk (37) und dem Farberkennungs-Speicher (28) in Verbindung stehende Rechenschaltung (38) zur Ermittlung der Identifikationssymbole aus den aufgerufenen Farbkomponenten und der Proben-Liste.

38. Schaltungsanordnung nach Anspruch 36, zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch einen mit der Eingabe-Stufe (35) und den A/D-Wandlern (19, 20, 21) verbundenen Proben-Speicher (36) zur Ablage einer aus den Farbkomponenten der Probenpunkte und den zugeordneten Identifikationssymbolen gebildeten Proben-Liste, einen Schalen-Speicher (62) zur Ablage der Schalen-Koordinaten in Form einer Schalen-Liste, eine mit dem Proben-Speicher (36), dem Schalen-Speicher (62) und dem Farberkennungs-Speicher (28) verbundene Rechenschal-

tung (38) zum Berechnen und Aufrufen der Adressen von mit Identifikationssymbolen zu belegenden Speicherplätzen des Farberkennungs-Speichers (28) und zur Ermittlung der zugehörigen Identifikationssymbole, und eine Schaltungsstufe (63) zur Überprüfung der aufgerufenen Speicherplätze auf Belegung mit Identifikationssymbolen.

39. Schaltungsanordnung nach Anspruch 36, zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 25, gekennzeichnet durch einen mit der Eingabe-Stufe (35) und den A/D-Wandlern (19, 20, 21) verbundenen Proben-Speicher (36) zur Ablage einer aus den Farbkomponenten der Probenpunkte und den zugeordneten Identifikationssymbolen gebildeten Proben-Liste, einen Schalen-Speicher (62) zur Ablage der Schalen-Koordinaten in Form einer Schalen-Liste, ein an den Proben-Speicher (36) und den Schalen-Speicher (62) angeschlossenes Adress-Steuerwerk (37) zum Aufrufen der Proben-Liste und der Schalen-Liste, eine mit dem Proben-Speicher (36), dem Adress-Steuerwerk (37), dem Schalen-Speicher (62) und dem Farberkennungs-Speicher (28) verbundene Rechenschaltung (38) zum Berechnen und Aufrufen der Adressen von mit Identifikationssymbolen zu belegenden Speicherplätzen des Farberkennungs-Speichers (28) und zur Ermittlung der zugehörigen Identifikationssymbole, und eine Schaltungsstufe (63) zur Überprüfung der aufgerufenen Speicherplätze auf Belegung mit Identifikationssymbolen.

40. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 36 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den opto-elektrischen Wandlern (14, 15, 16) und den A/D-Wandlern (19, 20, 21) eine Schaltungsstufe (18) zur Koordinaten-Transformation des R, G, B-Farbraumes in den Chrominanz-Luminanz-Farbraum angeordnet ist.

41. Schaltungsanordnung nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaltungsstufe (18) eine weitere Schaltungsstufe (73) zur Koordinaten-Transformation des Chrominanz-Luminanz-Farbraumes in den Sättigungs-Farbton-Helligkeits-Farbraum nachgeschaltet ist.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen von Farben gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens.

Unter Farbvorlagen sollen Bild- oder Mustervorlagen für Reproduktionen, Musterentwürfe zur Gewinnung von Steuerdaten für Textilverarbeitungsmaschinen, farbige Druckträger und allgemein jede farbige Fläche oder Oberfläche verstanden werden.

Bei der trichromatischen Abtastung von Farbvorlagen wird für jede Farbe ein Farbmesswert-Tripel erzeugt, welches die Farbanteile der Farbe bzw. die Koordinaten des zugehörigen Farbortes im RGB-Farbraum darstellt.

Bei den Farben einer Vorlage treten Farbschwankungen oder Farbabweichungen auf, die einerseits vom Designer beabsichtigt sind, andererseits aber ihre Ursache in den Farbtoleranzen der im Handel erhältlichen Farben oder in einem ungleichmässigen Farbauftrag haben können. Diese Farbschwankungen der einzelnen Farben liegen innerhalb begrenzter Farbbereiche, die bei der Farberkennung bzw. Farbtrennung als eine Farbe erkannt werden sollen und denen deshalb im RGB-Farbraum entsprechende Farberkennungsräume zugeordnet sind.

In einer Farbauswahl-Schaltung wird dann laufend festgestellt, in welchen der vorgegebenen Farberkennungsräume ein durch Vorlagenabtastung gewonnenes Farbsignal-Tripel fällt, und das Vorhandensein einer Farbe zur Anzeige gebracht.

Solche Farbauswahl-Schaltungen finden z.B. in Farbscannern zur Herstellung von Farbausügen für den Mehrfarben-

Mischdruck oder für den Textil-, Dekor- und Verpackungsdruck Anwendung.

Bei der Herstellung von Farbausügen für den Mehrfarben-Mischdruck (Papierdruck) erfolgt eine Farbkorrektur, welche einerseits die farbmetrisch unzulängliche Qualität der Druckfarben berücksichtigt und mit der andererseits die redaktionell gewünschte farbliche Aussage der Reproduktion gegenüber dem Original geändert werden kann. Neben einer Grundkorrektur wird eine zusätzliche Selektivkorrektur durchgeführt, die gezielt auf ganz bestimmte Farben wirkt. Es besteht somit das Problem, mit Hilfe von Farbauswahl-Schaltungen jeweils diejenigen Farben zu selektieren, die einer speziellen Korrektur unterzogen werden sollen.

Abweichend vom Mehrfarben-Mischdruck werden die Farben beim Textil-, Dekor- oder Verpackungsdruck vor dem Druckprozess ermischt und dann getrennt auf das Druckmedium übertragen. Hierbei besteht das Problem, die einzelnen Farben der Vorlage mittels einer Farbauswahl-Schaltung voneinander zu trennen und für jede Farbe einen separaten Farbauszug herzustellen.

Eine Farbauswahl-Schaltung wird auch in einem Abtastgerät für Musterentwürfe zur Gewinnung von Steuerdaten für Textilverarbeitungsmaschinen benötigt. Dort geht es ebenso darum, aus einem gezeichneten farbigen Musterentwurf einzelne Farben zu selektieren. Diese Farben werden dann in Steuerdaten umgesetzt und auf einem Datenträger als Farbinformation gespeichert.

Aus der US-PS 3 210 552 ist bereits eine Farbauswahl-Schaltung bekannt, bei der die gewünschten Grenzen eines Farberkennungsraumes elektronisch durch einstellbare Schwellen-Schaltungen nachgebildet sind. Die Zugehörigkeit einer zu identifizierenden Farbe zu dem Farberkennungsraum wird durch Vergleich der Farbmesswertsignale mit den eingestellten Schwellen festgestellt.

Die Grösse des Farberkennungsraumes kann also zwar eingestellt werden, die Form ist aber im wesentlichen quaderförmig.

Die bekannte Farbauswahl-Schaltung hat den Nachteil, dass sich die Form des Farberkennungsraumes ohne einen enormen Schaltungsaufwand nicht optimal an einen zu trennenden Farbbereich anpassen lässt, wodurch Fehler bei der Farberkennung auftreten. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass kaum die Möglichkeit besteht, die Auswahl-Schaltung jeweils an die besonderen Gegebenheiten der zu analysierenden Vorlage anzupassen. Die individuelle Einstellung der Schwellen erweist sich nämlich als äusserst schwierig, da zwischen dem Farbraum einerseits und den elektrischen Schwellen andererseits vorstellungsmässig kein Zusammenhang besteht. Zur Trennung einer Vielzahl von Farben muss eine ebensolche Vielzahl von Schwellen-Schaltungen vorhanden sein und eingestellt werden, was äusserst aufwendig und zeitraubend ist.

Eine Variante der Farberkennung geht aus der US-PS 3 012 666 und aus der DE-OS 21 58 758 hervor, in denen die räumliche Farberkennung auf ein zweidimensionales Problem zurückgeführt wird. Die Farbbereiche sind dort mit Geraden begrenzt, die wiederum durch Schwellen-Schaltungen nachgebildet werden.

Es hat sich nun in der Praxis gezeigt, dass auch diese Verfahren keine zufriedenstellenden Ergebnisse liefern, da die Sicherheit der Farberkennung oft nicht ausreichend ist. Hinzu kommt, dass es z.B. durch die «bananenförmige» Gestalt der Farbbereiche in der DE-OS 21 58 758 schwierig ist, den gesamten Farbraum lückenlos mit Farberkennungsräumen auszufüllen, was ebenfalls zu einer Unsicherheit bei der Farberkennung führt.

Der im Patentanspruch 1 angegebenen Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die genannten Nachteile zu

beheben und ein verbessertes Verfahren und eine Schaltungsanordnung zum Erkennen bzw. Trennen von Farben anzugeben, mit denen die Farberkennungsräume an die zu trennenden Farbbereiche angepasst werden können, wodurch eine hohe Erkennungssicherheit erzielt wird.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine erste Schaltungsanordnung zur Farberkennung,

Fig. 2 ein Flussdiagramm zur Wirkungsweise der Schaltungsanordnung,

Fig. 3 einen in Raumelemente unterteilten Chrominanz-Luminanz-Farbraum,

Fig. 4 eine grafische Darstellung zur räumlichen Abstandsbestimmung von Raumelementen,

Fig. 5 einen Schnitt durch den Chrominanz-Luminanz-Farbraum,

Fig. 6 ein zweites Ausführungsbeispiel für eine Schaltungsanordnung zur Farberkennung,

Fig. 7 ein Flussdiagramm zur Ermittlung von Schalenkoordinaten,

Fig. 8a bis 8d grafische Darstellungen zur Bildung von Kugel-Schalen,

Fig. 9 ein Flussdiagramm zur Wirkungsweise der Schaltungsanordnung gemäss Fig. 6,

Fig. 10 ein drittes Ausführungsbeispiel für eine Schaltungsanordnung zur Farberkennung,

Fig. 11 ein Flussdiagramm zur Wirkungsweise der Schaltungsanordnung gemäss Fig. 10,

Fig. 12 ein weiteres Flussdiagramm zur Wirkungsweise dieser Schaltungsanordnung,

Fig. 13 eine Variante der Schaltungsanordnungen,

Fig. 14 einen Schnitt durch den Sättigungs/Farbton/Helligkeits-Farbraum,

Fig. 15 ein Anwendungsbeispiel für die Schaltungsanordnungen bei einem Farbscanner für den Textil-, Dekor- oder Verpackungsdruck und

Fig. 16 ein Anwendungsbeispiel für die Schaltungsanordnungen bei einem Farbscanner für den Mehrfarbendruck.

Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung zur Farberkennung bzw. Farbtrennung und Fig. 2 ein Flussdiagramm zur Erläuterung ihrer Wirkungsweise.

Die zu analysierende Farbvorlage kann eine Bild- oder Mustervorlage für den Mehrfarbendruck oder für den Textil-, Dekor- und Verpackungsdruck, aber auch ein Musterentwurf zur Gewinnung von Steuerdaten für Textilverarbeitungsmaschinen sein. Unter einer Farbvorlage soll auch ein farbiger Druckträger und allgemein jede farbige Fläche oder Oberfläche verstanden werden.

Die Farbvorlage soll aus nebeneinanderstehenden, flächig angelegten Farben und aus verlaufenden Farben bestehen.

Die flächigen Farben weisen z.B. aufgrund von Farbtoleranz oder eines ungleichmässigen Farbauftrages Farbabweichungen auf. Bei der Farberkennung besteht das Problem, die einzelnen flächigen Farben voneinander zu trennen und die Farbabweichungen innerhalb einer Fläche zu einer Farbe zusammenzufassen. In den verlaufenden Farben, d.h. in den Farben mit allmählichen Änderungen der Sättigung und/oder Helligkeit, sind die Farbabweichungen vom Design her beachtet. Bei der Farberkennung besteht dann das Problem, die einzelnen Farbabweichungen (Verläufe) voneinander zu trennen oder auch gegebenenfalls mehrere Farbabweichungen zu einer Farbe zusammenzufassen.

Die Farbvorlage 1, die auf einem Vorlagenträger 2 angebracht ist, wird von zwei Lichtquellen 3 und 4 mit bekannter Spektralzusammensetzung beleuchtet, und das reflektierte oder durchgelassene Abtastlicht gelangt über Objektive 5 und 6 und über eine Blende 7 in ein Abtastorgan 8. In dem Abtastorgan 8 wird das Abtastlicht mittels zweier dichroitischer

Farbteiler 9 und 10 in drei Teilstrahlen aufgespalten, die durch Korrektur-Farbfilter 11, 12 und 13 auf drei opto-elektrische Wandler 14, 15 und 16 fallen. Die Wandler 14, 15 und 16 formen das empfangene Teillicht entsprechend den Intensitäten der Grundfarben-Anteile an den abgetasteten Farben in die primären Farbmesswert-Signale R, G und B um, welche die Raumkoordinaten der zugehörigen Farborte in dem kartesischen R, G, B-Farbraum darstellen.

Die Farbmesswert-Signale R, G und B werden in einer Logarithmier-Stufe 17 logarithmiert und/oder nach einer Gradationskurve modifiziert. In einer Umformer-Stufe 18 erfolgt eine Matrizierung der Farbmesswert-Signale R, G und B in die Chrominanz-Signale x und y und in das Luminanz-Signal z nach der Beziehung:

$$x = a_{11}R + a_{12}G + a_{13}B$$

$$y = a_{21}R + a_{22}G + a_{23}B$$

$$z = a_{31}R + a_{32}G + a_{33}B$$

Die Matrizierung entspricht einer Transformation des R, G, B-Farbraumes in den Chrominanz-Luminanz-Farbraum, wobei die Chrominanz-Signale x und y die Farbkoordinaten der Farborte in der Chrominanzebene und die Luminanz-Signale z die dritte Koordinate (Grauachse) darstellen. Transformationen dieser Art sind in der Fernsehtechnik geläufig.

Die Chrominanz-Signale x und y und das Luminanz-Signal z werden in A/D-Wandlern 19, 20 und 21 in digitale Signale mit einer Wortlänge von jeweils 5 Bit umgewandelt, die über Ausgangsleitungen 22, 23 und 24 ausgegeben werden. Die Digitalisierung kann auch mit unterschiedlicher Auflösung erfolgen.

Zur Erläuterung zeigt Fig. 3, wie der gesamte Chrominanz-Luminanz-Farbraum 25 in eine Vielzahl von Farbraumelementen 26, im Ausführungsbeispiel $32 \times 32 \times 32$, unterteilt ist, von denen der Übersichtlichkeit wegen nur einige angedeutet sind. Die Farbe eines Farbraumelementes 26 bzw. seine Lage in dem Chrominanz-Luminanz-Farbraum 25 ist durch einen Raumvektor \vec{F} oder durch die entsprechenden Farbraumkoordinaten x, y und z definiert.

Den einzelnen Farben oder Farbraumelementen 26 werden freiwählbare Identifikationssymbole, z.B. Farbnummern (F-Nr.) 1, 2, 3 usw., zugeordnet. Jeder Farbbereich in der Farbvorlage 1, der bei der Farbtrennung als zu einer Einzel-farbe zugehörig erkannt werden soll, ist im Chrominanz-Farbraum 25 durch einen Farberkennungsraum 27 abgegrenzt. Die Farbraumelemente 26, die zu einem Farberkennungsraum gehören, sind mit derselben Farbnummer belegt. Fig. 3 zeigt einen ersten Farberkennungsraum 271 mit der Farbnummer «1» sowie Teile eines zweiten Farberkennungs-raumes 272 mit der Farbnummer «2» und eines dritten Farberkennungsraumes 273 mit der Farbnummer «3». Die Anzahl der Farberkennungsräume 27 richtet sich nach der Anzahl der zu trennenden Farben. Im allgemeinen grenzen die einzelnen Farberkennungsräume lückenlos aneinander, so dass keine undefinierten Zustände auftreten.

Die Schaltungsanordnung zur Farberkennung gemäss Fig. 1 weist einen Farberkennungs-Speicher 28 mit einem Adress-Eingang 29, einem Daten-Eingang 30 und einem Daten-Ausgang 31 auf. Der Farberkennungs-Speicher 28 hat im Ausführungsbeispiel eine Kapazität von $32 \times 32 \times 32$ à 4 Bit. Jedem Speicherplatz ist ein Farbraumelement 26 des Chrominanz-Luminanz-Farbraumes 25 zugeordnet. Jeder Speicherplatz ist durch die Farbkoordinaten x, y und z des betreffenden Farbraumelementes 26 adressierbar. Auf den Speicherplätzen sind die Farbnummern «1» bis «16» abgelegt, die den Farbraumelementen 26 zugeordnet wurden.

Die Ausgangsleitungen 22, 23 und 24 der A/D-Wandler 19, 20 und 21 sind zu einem Adress-Bus 32 zusammengefasst, der über einen Umschalter 33 mit dem Adress-Eingang 29 des Farberkennungs-Speichers 28 verbunden ist. Die digitalen Signale x, y und z à 5 Bit werden jeweils zu einer Adresse à 15 Bit zusammengefasst und zur Anwahl der Speicheradressen über den Adress-Bus 32 an den Farberkennungs-Speicher 28 ausgegeben.

Für die spätere Farberkennung der Vorlagenfarben werden den betreffenden Farbkoordinaten-Kombinationen x, y und z die gewünschten Farbnummern zugeordnet und unter entsprechenden Adressen des Farberkennungs-Speichers 28 abgelegt.

Bei der eigentlichen Farberkennung tastet dann das Abtastorgan 8 die Farbvorlage 1 punkt- und zeilenweise durch eine Relativbewegung zwischen Abtastorgan 8 und Vorlagenträger 2 ab. Die dabei gewonnenen Farbkoordinaten (Adressen) rufen über den Adress-Bus 32 und den Umschalter 33 die zugehörigen Farbnummern im Farberkennungs-Speicher 28 auf, die über den Daten-Ausgang 31 aus dem Farberkennungs-Speicher 28 ausgelesen und weiterverarbeitet werden. Der Umschalter 33 befindet sich dann in der gestrichelt dargestellten Schaltstellung.

Soll beispielsweise ein bestimmter Farbbereich als Einzel-farbe mit der Farbnummer «N» erkannt werden, so ordnet man allen in diesen Farbbereich fallenden Farbkoordinaten-Kombinationen (Adressen-Kombinationen) x, y und z im Farberkennungs-Speicher 28 die Farbnummer «N» zu. Treten bei der späteren Vorlagenabtastung diese Adressen-Kombinationen wieder auf, ist die zugehörige Farbe mit der Farbnummer «N» erkannt.

Falls der Farbbereich, der von der Farbvorlage 1 umfasst wird, wesentlich kleiner als der theoretisch mögliche R, G, B-Farbraum oder Chrominanz-Luminanz-Farbraum ist, kann zur vollständigen Ausnutzung des Farberkennungs-Speichers 28 in vorteilhafter Weise eine entsprechende Adressenumrechnung vorgenommen werden.

In der Praxis sind häufig eine grosse Anzahl von Vorlagenfarben voneinander zu trennen, so dass eine ebensolche Anzahl von Farberkennungsräumen zu definieren und Farbnummern in den Farberkennungs-Speicher 28 einzugeben sind.

Die Ermittlung der Farbnummern und die Füllung des Farberkennungs-Speichers 28 erfolgen anhand der zu analysierenden Farbvorlage 1 mit Hilfe des Abtastorgans 8 und einer Zuordnungs-Schaltung 34.

Die Zuordnungs-Schaltung 34 besteht aus einer Eingabe-Stufe 35, einem Proben-Speicher 36, einem Adress-Steuerwerk 37 und einer Rechenschaltung 38. Die Eingabe-Stufe 35 weist ein erstes Bedienungsfeld 35' mit einer Zehnertastatur zur Vorgabe von Farbnummern und ein zweites Bedienungsfeld 35'' mit einer Anzahl von Betriebstasten auf.

Die Wirkungsweise der Zuordnungs-Schaltung 34 soll im folgenden näher erläutert werden.

Um die für eine vollständige oder nahezu vollständige Füllung des Farberkennungs-Speichers 28 erforderliche grosse Anzahl von Farbnummern zu gewinnen, wird zunächst eine wesentlich geringere Anzahl von Farbproben aus der Farbvorlage 1 entnommen und werden diesen Farbproben Farbnummern zugeordnet. Damit ist ein Stützgerüst geschaffen, von dem aus die zum Aufbau der Farberkennungsräume erforderlichen Farbnummern selbsttätig ermittelt und in den Farberkennungs-Speicher 28 abgelegt werden.

65 Probenentnahme

In einem ersten Schritt wird für jede zu erkennende Farbe mindestens eine Farbprobe aus der Farbvorlage 1 entnommen und jeder Farbprobe eine Farbnummer zugeordnet. Dazu

werden mit dem Abtastorgan 8 charakteristische Probenpunkte P_n in den einzelnen Farben angefahren und die Farbmesswert-Signale R, G und B ausgemessen. Die auf diese Weise gewonnenen Proben-Farbkoordinaten x_{pn} , y_{pn} und z_{pn} gelangen über den Adress-Bus 32 an den Daten-Eingang 39' des Proben-Speichers 36. Gleichzeitig erstellt der Bediener eine Proben-Liste, indem er mittels der Eingabe-Stufe 35 jedem Tripel von Proben-Farbkoordinaten x_{pn} , y_{pn} und z_{pn} (15 Bit) eine Farbnummer «N» (4 Bit) zuordnet, welche über den Daten-Bus 40 an den Daten-Eingang 39'' des Proben-Speichers 36 gegeben wird.

Jede Zeile der Proben-Liste wird unter fortlaufenden Adressen, die vom Adress-Steuerwerk 37 über den Adress-Eingang 41 aufgerufen werden, in dem Proben-Speicher 36 als 19-Bit-Speicherworte abgelegt. Dazu betätigt der Bediener zwischen den einzelnen Probenentnahmen eine Betriebs-Taste 42 «Probe» in dem Bedienungsfeld 35'' der Eingabe-Stufe 35, wodurch ein entsprechender Befehl auf einer Leitung 43 die Adressen im Adress-Steuerwerk 37 jeweils um eins erhöht.

Die Anzahl der Farbproben richtet sich im wesentlichen nach der Art der zu erkennenden Farben, nach der Farbvorlage und nach der geforderten Genauigkeit bei der Farbtrennung.

Im folgenden wird ein Beispiel für die Erstellung einer Zuordnungs-Liste gegeben.

Eine zu erkennende Farbe «blau» in einer Fläche 44 der Farbvorlage 1 möge eine homogene Sättigung und Helligkeit aufweisen. In diesem Falle genügt es, nur eine Farbprobe in einem Probenpunkt P_1 zu entnehmen und den Proben-Farbkoordinaten x_{p1} , y_{p1} und z_{p1} der Erkennungsfarbe «blau» z.B. die Farbnummer «1» zuzuordnen.

Eine zweite zu erkennende Farbe in einer Fläche 45 möge verlaufend sein, z.B. die Farbbereiche «hellrot» und «dunkelrot» aufweisen, die zu einer Erkennungsfarbe «rot» zusammengefasst werden sollen. In diesem Falle wird zunächst der Probenpunkt P_2 im Farbbereich «hellrot» ausgemessen und den Proben-Farbkoordinaten x_{p2} , y_{p2} und z_{p2} die Farbnummer «2» der Erkennungsfarbe «rot» zugeordnet. Danach wird dem Probenpunkt P_3 im Farbbereich «dunkelrot» eine Farbprobe entnommen und den Proben-Farbkoordinaten x_{p3} , y_{p3} und z_{p3} ebenfalls die Farbnummer «2» der Erkennungsfarbe «rot» zugeordnet.

Eine dritte Farbe in einer weiteren Fläche 46 der Farbvorlage 1 möge ebenfalls verlaufend sein, z.B. die Farbbereiche «hellgelb», «mittelgelb» und «dunkelgelb» aufweisen, die voneinander getrennt werden sollen. In diesem Falle wird mindestens eine Farbprobe in jedem Farbbereich entnommen (Probenpunkte P_4 , P_5 und P_6) und den zugehörigen Proben-Farbkoordinaten x_{p4} , y_{p4} und z_{p4} die Farbnummer «3» der Erkennungsfarbe «hellgelb», den Proben-Farbkoordinaten x_{p5} , y_{p5} und z_{p5} die Farbnummer «4» der Erkennungsfarbe «mittelgelb» und schliesslich den Proben-Farbkoordinaten x_{p6} , y_{p6} und z_{p6} die Farbnummer «5» der Erkennungsfarbe «dunkelgelb» zugeordnet.

Mit der Entnahme einer Farbprobe aus dem n-ten Probenpunkt und Zuordnung der Farbnummer «N» ist die folgende Proben-Liste erstellt und abgespeichert:

Probenpunkt	Adresse	Speicherwert	
		F-Nr.	Proben-Farbkoordinaten
5 P_1	1	1	$x_{p1}; y_{p1}; z_{p1}$
P_2	2	2	$x_{p2}; y_{p2}; z_{p2}$
P_3	3	2	$x_{p3}; y_{p3}; z_{p3}$
P_4	4	3	$x_{p4}; y_{p4}; z_{p4}$
P_5	5	4	$x_{p5}; y_{p5}; z_{p5}$
10 P_6	6	5	$x_{p6}; y_{p6}; z_{p6}$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
15 P_n	n	N	$x_{pn}; y_{pn}; z_{pn}$

Die Farbvorlage 1 kann auch auf einem Farbmonitor dargestellt und die Farbproben mittels eines Cursors und einer geeigneten Messschaltung ermittelt werden. Dazu wird die Farbvorlage 1 mit einer Fernsehkamera abgetastet. Im Falle, dass die zu analysierende Farbvorlage 1 bereits vorher in einem Farbscanner abgetastet wurde und die digitalen Farbinformationen in einem Bildspeicher abgelegt sind, werden die Farbinformationen in einen Bildwiederholungspeicher geladen und zur Darstellung auf dem Farbmonitor zyklisch ausgelesen.

Ermittlung der Farbnummern

Nach dem beschriebenen ersten Schritt der Probenentnahme sind bereits denjenigen Farbraumelementen, die einer Farbprobe entsprechen (Proben-Farbraumelemente), Farbnummern zugeordnet. Anschliessend wird jedes weitere Farbraumelement (x_i , y_i , z_i) mit der Farbnummer des räumlich am nächsten liegenden Proben-Farbraumelementes (x_{pn} , y_{pn} , z_{pn}) belegt. Zur Ermittlung der Farbnummern ist eine Abstandsrechnung im Farbraum zwischen einem zu belegenden Farbraumelement und den einzelnen Proben-Farbraumelementen und die Bestimmung des geringsten Abstandes erforderlich.

Zur Erläuterung zeigt Fig. 4 nochmals den Chrominanz-Luminanz-Farbraum 25 mit einem zu belegenden Farbraumelement 26, das durch den Raumvektor \vec{F}_i bzw. durch das Farbkoordinatentripel x_i , y_i und z_i definiert ist, und mit zwei Proben-Farbraumelementen 26' und 26'', die durch die Raumvektoren \vec{F}_{p1} und \vec{F}_{p2} bzw. die Farbkoordinaten (x_{p1} , y_{p1} , z_{p1}) sowie (x_{p2} , y_{p2} , z_{p2}) festgelegt sind. Die Proben-Farbraumelemente 26' und 26'' haben die Abstände d_1 und d_2 von dem zu belegenden Farbraumelement 26. Dem Proben-Farbraumelement 26' möge die Farbnummer «1» und dem Proben-Farbraumelement 26'' die Farbnummer «2» zugeordnet sein.

Der Abstand d_n eines Farbraumelementes (x_i , y_i , z_i) zu einem Proben-Farbraumelement (x_{pn} , y_{pn} , z_{pn}) wird nach der vektoriellen Abstandsgleichung

$$d_n = \sqrt{(x_i - x_{pn})^2 + (y_i - y_{pn})^2 + (z_i - z_{pn})^2} \quad (1)$$

ermittelt.

In dem gewählten Beispiel werden demnach die Abstände d_1 und d_2 berechnet und miteinander verglichen. Da $d_2 < d_1$ ist, wird das Farbraumelement 26 mit der Farbnummer «2» belegt. Falls zwischen dem aufgerufenen Farbraumelement und mehreren Proben-Farbraumelementen derselbe Abstand festgestellt wird, könnte eine Mehrheitsentscheidung durchgeführt werden, indem dem aufgerufenen Farbraumelement die in den gleichabständigen Farbproben am häufigsten auftretende Farbnummer zugeordnet wird.

Zur Ermittlung der Farbnummer eines aktuellen Farbraumelementes könnten auch die umgebenen Farbraumelemente mit wachsendem Abstand abgefragt und auf die Bele-

gung mit einer Farbnummer überprüft werden. Das aktuelle Farbraumelement erhält dann die Farbnummer, die beim Abfragen der Umgebung zuerst angetroffen wird.

Die Ermittlung der Farbnummern und das Füllen des Farberkennungs-Speichers 28 wird in der Schaltungsanordnung gemäss Fig. 1 folgendermassen durchgeführt.

Der Bediener betätigt eine Betriebs-Taste 47 «Speicherfüllung» in dem Bedienungsfeld 35⁴ der Eingabe-Stufe 35, wodurch ein Steuerbefehl über eine Leitung 48 an das Adress-Steuerwerk 37 gegeben wird.

Das Adress-Steuerwerk 37 ruft die Farbkoordinaten x_i , y_i und z_i eines zu belegenden Farbraumelementes (Speicherplatzes) auf und übermittelt diese Farbkoordinaten über einen Daten-Bus 49 und einen Daten-Eingang 50 an die Rechenschaltung 38.

Das Adress-Steuerwerk 37 ruft ausserdem über den Adress-Eingang 41 die erste Adresse des Proben-Speichers 36 auf, unter der die Proben-Farbkoordinaten x_{p1} , y_{p1} und z_{p1} sowie die zugehörige Farbnummer der ersten Probe (erste Zeile der Proben-Liste) abgelegt sind, und transferiert diese Werte über die Daten-Busse 51 und 52 und über die Daten-Eingänge 53 und 54 ebenfalls in die Rechenschaltung 38.

Die Rechenschaltung 38 ermittelt jetzt den Abstand d_1 nach der oben angegebenen Gleichung und legt den errechneten Wert in einem internen Register ab.

Dann ruft das Adress-Steuerwerk 37 die zweite Adresse des Proben-Speichers 36 auf und überschreibt die zweite Zeile der Proben-Liste mit den Angaben über die zweite Farbprobe in die Rechenschaltung 38, welche jetzt den Abstand d_2 ermittelt und speichert. Dieser Vorgang ist mit der Berechnung des Abstandes d_n zu der n-ten Farbprobe abgeschlossen, und gleichzeitig ist auch der geringste Abstand d_{\min} festgestellt.

Die vom Adress-Steuerwerk 37 aufgerufenen Farbkoordinaten x_i , y_i und z_i rufen gleichzeitig über einen Adress-Bus 55 und den Umschalter 33, der sich in der dargestellten Schaltstellung befindet, die entsprechenden Adressen des Farberkennungs-Speichers 28 auf. Die Farbnummer, die dem festgestellten geringsten Abstand d_{\min} zugeordnet ist, wird aus der Rechenschaltung 38 über einen Daten-Bus 56, einen weiteren Umschalter 57 und über den Daten-Eingang 30 in den Farberkennungs-Speicher 28 überschrieben und unter der angewählten Adresse abgelegt.

Anschliessend ruft das Adress-Steuerwerk 37 die Farbkoordinaten (Adressen) eines weiteren zu belegenden Farbraumelementes (Speicherplatzes) auf, und die Ermittlung der Farbnummern und deren Überschreibung in den Farberkennungs-Speicher 28 läuft – wie zuvor beschrieben – ab.

Das Adress-Steuerwerk 37 kann die Adressen des Farberkennungs-Speichers 28 in einer beliebigen Reihenfolge aufrufen oder auf einen bestimmten Bereich beschränken, wenn nur ein oder mehrere Farberkennungsräume abgegrenzt werden sollen.

Die Abgrenzung eines oder mehrerer Farberkennungsräume ist dann ausreichend, wenn die abgetastete Farbvorlage 1 z.B. eine Steuermaske ist und nur wenige Maskensignale zu gewinnen sind oder wenn die Ausgangssignale des Farberkennungs-Speichers 28 zur Steuerung einer selektiven Farbkorrektur verwendet werden sollen. In allen anderen Anwendungsfällen erweist sich meistens eine vollständige Belegung des Farberkennungs-Speichers als vorteilhaft, da dann keine undefinierten Farbzustände auftreten können und eine hohe Erkennungssicherheit bei der Farbtrennung erreicht wird. In diesem Falle ist es zweckmässig, die Adressen des Farberkennungs-Speichers 28 zeilenweise aufzurufen.

Eine weitere, vorteilhafte Betriebsweise der Schaltungsanordnung ist folgende.

Wenn z.B. eine Fläche der Farbvorlage 1 mit einer verlau-

fenden Farbe als Einzelfarbe mit der Farbnummer «N» erkannt werden soll, besteht in der Schaltungsanordnung zusätzlich die Möglichkeit, das Abtastorgan 8 in dicht nebeneinanderliegenden Bewegungen über die betreffende Fläche zu führen, um möglichst viele Farbkoordinaten-Tripel x , y und z dieser Fläche zu erfassen. Für diese Arbeitsweise befinden sich die Umschalter 33 und 57 in den gestrichelt dargestellten Schaltstellungen, und die Farbkoordinaten wählen direkt die entsprechenden Adressen des Farberkennungs-Speichers 28 an. Gleichzeitig mit der Bewegung des Abtastorgans 8 tastet der Bediener mit Hilfe der Zehner-Tastatur der Eingabe-Stufe 35 die Farbnummer «N» ein, die dann über einen Daten-Bus 58, den Umschalter 57 und den Daten-Eingang 30 unter allen aufgerufenen Adressen im Farberkennungs-Speicher 28 abgelegt wird. Die Gesamtheit der mit der Farbnummer «N» belegten Speicherplätze bildet den Farberkennungsraum für die zu erkennene Einzelfarbe.

Selbstverständlich lässt sich der Farberkennungs-Speicher 28 auch füllen, indem nur eine hinreichend grosse Anzahl von Farbproben aus der Farbvorlage entnommen wird.

Das beschriebene Verfahren hat im wesentlichen den Vorteil, dass durch die Wahl der Farbproben in der Vorlage Grösse, Form und Orientierung der Farberkennungsräume im Farbraum beeinflusst werden können. Hierdurch lassen sich die Farberkennungsräume optimal an die zu trennenden Farbbereiche anpassen, wodurch eine hohe Erkennungssicherheit erreicht wird. Die Farberkennungsräume sind also nicht starr vorgegeben, sondern lassen sich individuell durch die Probenentnahme an die momentan abzutastende Farbvorlage anpassen. Es werden daher auch jeweils nur so viele Farberkennungsräume festgelegt, wie Vorlagenfarben voneinander zu trennen sind.

Zur Veranschaulichung der zuvor beschriebenen Abläufe zeigt Fig. 5 eine Chrominanzebene als Schnittfläche ($z = \text{konstant}$) durch den Chrominanz-Luminanz-Farbraum. Bei der Probenentnahme wurden den Proben-Farbraumelementen 261, 262 und 263 die Farbnummern «1», «2» und «3» zugeordnet. Nach der beschriebenen Ermittlung der Farbnummern und Füllung des Farberkennungs-Speichers 28 sind alle Farbraumelemente dieser Chrominanzebene mit Farbnummern belegt. Um die Proben-Farbraumelemente 261, 262 und 263 haben sich drei Farberkennungsräume gebildet, die durch die Linien 59 voneinander abgegrenzt sind.

Fig. 6 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel für eine Schaltungsanordnung zur Farberkennung, die sich gegenüber der Fig. 1 durch eine geänderte Zuordnungs-Schaltung 34' unterscheidet.

Die Zuordnungs-Schaltung 34' besteht wiederum aus der Eingabe-Stufe 35, dem Proben-Speicher 36, dem Adress-Steuerwerk 37, einer modifizierten Rechenschaltung 38' und zusätzlich aus einem Schalen-Speicher 62 und einer Tor-Schaltung 63. Die Wirkungsweise der Zuordnungs-Schaltung 34' soll im folgenden näher erläutert werden.

Die Probenentnahme entspricht dem in Fig. 1 beschriebenen Verfahren, so dass gleich auf die Füllung des Farberkennungs-Speichers eingegangen werden kann.

Füllung des Farberkennungs-Speichers

Nach der Probenentnahme sind bereits denjenigen Farbraumelementen, die einer Farbprobe entsprechen (Proben-Farbraumelemente), Farbnummern zugeordnet. Anschliessend werden, ausgehend von diesen Proben-Farbraumelementen, die Farberkennungsräume aus den einzelnen Farbraumelementen aufgebaut, die zugehörigen Farbnummern ermittelt und schliesslich die ermittelten Farbnummern im Farberkennungs-Speicher 28 abgelegt.

Die Ausdehnung der Farberkennungsräume im Chrominanz-Luminanz-Farbraum erfolgt hier kugel- oder würfelför-

mig, indem um die Proben-Farbraumelemente Kugelschalen mit wachsenden Radien oder Würfelschalen gelegt werden. Die zur Bildung der Kugelschalen oder Würfelschalen herangezogenen Farbraumelemente werden gleichzeitig daraufhin überprüft, ob sie bei der Probenentnahme bereits mit einer Farbnummer belegt wurden oder nicht. Im Falle, dass einem überprüften Farbraumelement noch keine Farbnummer zugeordnet ist, erhält dieses die Farbnummer des zugehörigen, zentralen Proben-Farbraumelementes. Ist das überprüfte Farbraumelement dagegen bereits mit einer Farbnummer belegt, wird die Ausdehnung des Farberkennungsraumes an diesem Ort abgebrochen. Im Ausführungsbeispiel werden Kugelschalen gebildet.

Diese Vorgänge sollen eingehend erläutert werden.

Aufbau der Kugelschalen

Die einzelnen Kugelschalen um die Farbproben herum werden durch entsprechende Farbraumelemente angenähert. Die Raumvektoren \vec{F}_{sm} der an der Kugelschalen-Bildung ten x_{sm} , y_{sm} und z_{sm} , bezogen auf ein Hilfs-Koordinatensystem mit dem Ursprung in der jeweiligen Farbprobe, wurden bereits vor der Farberkennung ermittelt und in dem Schalen-Speicher 62 Kugelschale für Kugelschale listenmässig abgelegt.

Die Schalenkoordinaten x_{sm} , y_{sm} und z_{sm} genügen der allgemeinen Kugelgleichung:

$$r_m = \sqrt{x_{sm}^2 + y_{sm}^2 + z_{sm}^2} \tag{2}$$

mit dem Radius $r_1 = 1$ für die erste Kugelschale, dem Radius $r_2 = \sqrt{2}$ für die zweite Kugelschale, dem Radius $r_3 = \sqrt{3}$ für die dritte Kugelschale und allgemein mit dem Radius $r_m = \sqrt{m}$ für die m-te Kugelschale.

Die Menge aller ganzzahligen Wertetripel, die jeweils der Kugelgleichung für einen vorgegebenen Radius r_m genügt, d.h. deren Quadratsumme gleich m^2 ist, bildet die Schalen-Koordinaten x_{sm} , y_{sm} und z_{sm} der zur m-ten Kugelschale gehörigen Farbraumelemente. Ausgehend von mindestens einem repräsentativen und geordneten Schalen-Koordinatentripel für die m-te Kugelschale werden alle übrigen Schalen-Koordinaten x_{sm} , y_{sm} und z_{sm} durch Permutation und Vorzeichen-umkehr gewonnen.

Die Ermittlung der Schalen-Koordinaten mit Hilfe von Digitalzählern, die in Fig. 7 anhand eines Flussdiagramms erläutert wird, sieht z.B. folgendermassen aus:

Nullte Kugelschale ($r_0 = 0$)

Sie entspricht jeweils einem Proben-Farbraumelement mit den Proben-Farbkoordinaten x_{pn} , y_{pn} und z_{pn} . Die Schalen-Koordinaten sind gleich Null.

Erste Kugelschale ($r_1 = 1$)

Repräsentatives Schalen-Koordinatentripel: (0,0,1) Schalen-Koordinaten: (0,0,1); (0,1,0); (1,0,0); (-1,0,0); (0,-1,0); (0,0,-1).

Zweite Kugelschale ($r_2 = \sqrt{2}$)

Repräsentatives Schalen-Koordinatentripel: (0,1,1) Schalen-Koordinaten: (0,1,1); (1,0,1); (1,1,0); (0,1-1) usw.

Dritte Kugelschale ($r_3 = \sqrt{3}$)

Repräsentatives Schalen-Koordinatentripel: (1,1,1). Daraus ergeben sich wiederum die entsprechenden Schalen-Koordinaten.

Fig. 8 zeigt die Bildung der ersten drei Kugelschalen aus den Farbraumelementen 26 in einer räumlichen Darstellung.

In a) ist ein Proben-Farbraumelement 26', in b) sind die Farbraumelemente 26 der ersten Kugelschale um dieses Proben-Farbraumelement 26' herum, in c) zusätzlich die Farb-

raumelemente 26 der zweiten Kugelschale und in d) die weiteren Farbraumelemente 26 der dritten Kugelschale dargestellt. Gleichzeitig sind jeweils das repräsentative Farbraumelement 26'' und seine Schalen-Koordinaten angedeutet.

Ermittlung der Farbkoordinaten (Adressen x_i , y_i , z_i)

Die Farbkoordinaten x_i , y_i und z_i der an der Kugelschalen-Bildung um eine Farbprobe beteiligten Farbraumelemente 26 in dem Chrominanz-Luminanz-Farbraum bzw. die entsprechenden Adressen des Farberkennungs-Speichers 28 ergeben sich aus den Schalen-Koordinaten x_{sm} , y_{sm} , z_{sm} und den Proben-Farbkoordinaten x_{pn} , y_{pn} und z_{pn} nach den Gleichungen:

$$\begin{aligned} x_i &= x_{pn} + x_{sm} \\ y_i &= y_{pn} + y_{sm} \\ z_i &= z_{pn} + z_{sm} \end{aligned} \tag{3}$$

Die Bestimmung der einzelnen Farbkoordinaten-Tripel erfolgt in der Reihenfolge, dass zunächst nacheinander um jede Farbprobe die erste Kugelschale, anschliessend um jede Farbprobe die zweite Kugelschale usw. gelegt wird. Diesen Ablauf verdeutlicht das Flussdiagramm der Fig. 9.

Das Belegen der Speicherplätze des Farberkennungs-Speichers 28 mit Farbnummern wird durch Betätigen einer Betriebs-Taste 47 «Speicherfüllung» eingeleitet, wodurch ein entsprechender Steuerbefehl über eine Leitung 48 an das Adress-Steuerwerk 37 und die Rechenschaltung 38' gelangt.

Dadurch werden zunächst sämtliche Speicherplätze des Farberkennungs-Speichers 28 mit den Farbnummern «0» belegt.

Zur Abfrage der gespeicherten Proben-Liste und Schalen-Liste steht das Adress-Steuerwerk 37 über die Adress-Busse 41 und 64 mit dem Probe-Speicher 36 und mit dem Schalen-Speicher 62 in Verbindung.

Die Schalen-Koordinaten x_{sm} , y_{sm} und z_{sm} werden über einen Daten-Bus 65, die Proben-Farbkoordinaten x_{pn} , y_{pn} und z_{pn} über den Daten-Bus 52 und die zugehörigen Farbnummern über den Daten-Bus 51 in die Rechenschaltung 38' überschrieben. Aus den überschriebenen Koordinaten werden in der Rechenschaltung 38' nach den angegebenen Gleichungen (3) die Farbkoordinaten x_i , y_i und z_i ermittelt, welche über den Adress-Bus 55, den Umschalter 33 und den Adress-Eingang 29 die entsprechenden Adressen des Farberkennungs-Speichers 28 aufrufen.

Zunächst werden die Schalen-Liste der nullten Kugelschale ($x_s = y_s = z_s = 0$) und die gesamte Proben-Liste Zeile für Zeile in die Rechenschaltung 38' eingegeben. In diesem Falle sind die berechneten Farbkoordinaten x_i , y_i und z_i jeweils mit den Proben-Farbkoordinaten x_{pn} , y_{pn} und z_{pn} der einzelnen Farbproben identisch, und in dem Farberkennungs-Speicher 28 werden unter den aufgerufenen Adressen die zugehörigen Farbnummern der Farbproben abgespeichert. Die Farbnummern werden von der Rechenschaltung 38' über den Daten-Bus 56, die Tor-Schaltung 63, den Umschalter 57 und über den Daten-Eingang 30 an den Farberkennungs-Speicher 28 übermittelt.

In einem nächsten Schritt wird die Schalen-Liste für die erste Kugelschale in die Rechenschaltung 38' eingegeben und erneut die Proben-Liste Zeile für Zeile abgearbeitet, wobei nacheinander die Farbkoordinaten x_i , y_i und z_i der ersten Kugelschale um jede Farbprobe berechnet werden. Diese Farbkoordinaten adressieren wiederum den Farberkennungs-Speicher 28. Gleichzeitig wird jeder adressierte Speicherplatz auf seine eventuell schon erfolgte Belegung mit einer Farbnummer überprüft. Dazu ist die Tor-Schaltung 63 über eine Daten-Leitung 66 mit dem Daten-Ausgang 31 des Farberkennungs-Speichers 28 verbunden. Liegt eine Belegung vor, wird

die Tor-Schaltung 63 gesperrt, so dass keine Farbnummer über den Daten-Bus 56 in den Farberkennungs-Speicher 28 eingeschrieben werden kann. Liegt dagegen keine Belegung vor, ist die Tor-Schaltung 63 geöffnet, und unter der momentan aufgerufenen Adresse wird die Farbnummer derjenigen Farbprobe abgespeichert, um die gerade eine Kugelschale gebildet wird.

So werden immer mehr Kugelschalen um die einzelnen Farbproben gelegt, bis ein oder mehrere Farberkennungs-räume oder der gesamte Farbraum mit Farbnummern belegt sind.

Die Speicherfüllung und die Ausdehnung der einzelnen Farberkennungs-räume um die Farbproben kann beliebig oder nach bestimmten Kriterien abgebrochen werden.

Als Kriterium kann z.B. das Erreichen eines bestimmten Kugelradius oder das Tangieren von Kugeln benachbarter Farbproben herangezogen werden. Der Kugelradius, bei dem die Ausdehnung eines Farberkennungsraumes beendet werden soll, könnte von der Anzahl der zu ermittelnden Farbproben abhängig gemacht werden. Der Abbruch liesse sich auch von der Häufigkeit her bestimmen, mit der bei der Kugelschalen-Bildung schon mit Farbnummern belegte Farbraumelemente angetroffen werden. Das Ergebnis der Speicherfüllung verdeutlicht wiederum die Fig. 5.

Selbstverständlich lässt sich der Farberkennungs-Speicher 28 auch füllen, indem, wie in Fig. 1 erläutert, nur eine hinreichend grosse Anzahl von Farbproben aus der Farbvorlage entnommen wird oder indem das Abtastorgan 8 über die betreffende Fläche geführt und über die Zehner-Tastatur die Farbnummer «N» eingegeben wird.

Das beschriebene Verfahren hat ebenfalls den Vorteil, dass durch die Wahl der Farbproben in der Vorlage, Grösse, Form und Orientierung der Farberkennungs-räume im Farbraum beeinflusst werden können. Hierdurch lassen sich die Farberkennungs-räume optimal an die zu trennenden Farbbereiche anpassen, wodurch ebenfalls eine hohe Erkennungssicherheit erreicht wird. Die Farberkennungs-räume sind also nicht starr vorgegeben, sondern lassen sich individuell durch die Probenentnahme an die momentan abzutastende Farbvorlage anpassen. Es werden daher auch jeweils nur so viele Farberkennungs-räume festgelegt, wie Vorlagenfarben voneinander zu trennen sind.

Fig. 10 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel für eine Schaltungsanordnung zur Farberkennung, in der die in den Fig. 1 und 6 beschriebenen Verfahren zur Speicherfüllung kombiniert zur Anwendung kommen.

Die Zuordnungs-Schaltung 34'' besteht demgemäss aus Funktionseinheiten der Zuordnungs-Schaltung 34 der Fig. 1 und der Zuordnungs-Schaltung 34' der Fig. 6.

Die Zuordnungs-Schaltung 34'' weist daher wiederum die Eingabe-Stufe 35, den Proben-Speicher 36, den Schalen-Speicher 62, das Adress-Steuerwerk 37, eine geänderte Rechenschaltung 38'' und die Tor-Schaltung 63 auf.

Die Wirkungsweise dieser Ausführungsform ist folgende:

Die Probenentnahme läuft wiederum wie in Fig. 1 beschrieben ab, so dass gleich auf die Füllung des Farberkennungs-Speichers 28 eingegangen werden kann.

Ermittlung der Farbnummern und Füllung des Farberkennungs-Speichers

Dieser Vorgang läuft in zwei getrennten Phasen ab. In der ersten Phase (Vorfüllung) dehnen sich die Farberkennungs-räume um die einzelnen Proben-Farbraumelemente wie bei dem in Fig. 6 beschriebenen Verfahren in Form von Kugel- oder Würfel-Schalen aus. Dazu werden die entsprechenden Farbraumelemente (Farborte), welche die Proben schalenförmig umgeben, Schale für Schale mit wachsendem Abstand aufgerufen und daraufhin überprüft, ob sie bei der Proben-

entnahme bereits mit einer Farbnummer belegt wurden oder nicht. Im Falle, dass einem überprüften Farbraumelement noch keine Farbnummer zugeordnet ist, erhält dieses die Farbnummer des zugehörigen, zentralen Proben-Farbraumelementes. Die Bildung der Kugel-Schalen wurde bereits ausführlich anhand der Fig. 6, 7, 8 und 9 erläutert.

Zur Einleitung der zweiten Phase wird die Schalenbildung abgebrochen.

In der zweiten Phase werden dann nach dem anhand der Fig. 1 beschriebenen Verfahren den noch nicht belegten Farbraumelementen die Farbnummern der im Farbraum räumlich am nächsten liegenden Proben-Farbrorte zugeordnet.

Danach ist die Füllung des Farberkennungs-Speichers 28 abgeschlossen.

A. Vorfüllung des Farberkennungs-Speichers

Zunächst werden die Schalen-Liste der nullten Kugelschale ($x_s = y_s = z_s = 0$) und die gesamte Proben-Liste Zeile für Zeile in die Rechenschaltung 38'' eingegeben. In diesem Falle sind die berechneten Farbkoordinaten x_i , y_i und z_i jeweils mit den Proben-Farbkoordinaten x_{pn} , y_{pn} und z_{pn} der einzelnen Farbproben identisch, und in dem Farberkennungs-Speicher 28 werden unter den aufgerufenen Adressen die zugehörigen Farbnummern der Farbproben abgespeichert.

In einem nächsten Schritt wird die Schalen-Liste für die erste Kugelschale in die Rechenschaltung 38'' eingegeben und erneut die Probenliste Zeile für Zeile abgearbeitet, wobei nacheinander die Farbkoordinaten x_i , y_i und z_i der ersten Kugelschale um jede Farbprobe berechnet werden. Die Farbkoordinaten adressieren wiederum den Farberkennungs-Speicher 28. Gleichzeitig wird jeder adressierte Speicherplatz auf seine eventuell schon erfolgte Belegung mit einer Farbnummer überprüft.

Liegt eine Belegung vor, wird die Tor-Schaltung 63 gesperrt, so dass keine Farbnummer über den Daten-Bus 56 in den Farberkennungs-Speicher 28 eingeschrieben werden kann. Liegt dagegen keine Belegung vor, ist die Tor-Schaltung 63 geöffnet, und unter der momentan aufgerufenen Adresse wird die Farbnummer derjenigen Farbprobe abgespeichert, um die gerade eine Kugelschale gebildet wird.

Auf diese Weise werden immer mehr Kugelschalen um die einzelnen Farbproben gelegt, bis die Kugelschalen-Bildung abgebrochen wird. Für den Abbruch der Kugelschalen-Bildung können wiederum die zu Fig. 6 angegebenen Kriterien herangezogen werden.

Nach Abbruch der Kugelschalen-Bildung haben sich die einzelnen Farberkennungs-räume im Farbraum ausgedehnt. Es sind aber noch nicht allen Farbraumelementen Farbnummern zugeordnet.

B. Restfüllung des Farberkennungs-Speichers

Bei der Restfüllung werden allen bei Abbruch der Schalenbildung noch nicht belegten Farbraumelementen mit den Farbkomponenten x_i , y_i und z_i die Farbnummern der jeweils räumlich am nächsten liegenden Proben-Farbraumelemente (n) mit den Farbkomponenten x_{pn} , y_{pn} und z_{pn} zugeordnet.

Zur Ermittlung der Farbnummern ist wiederum eine Abstandsrechnung im Farbraum zwischen einem zu belegenden Farbraumelement und den einzelnen Proben-Farbraumelementen und die Bestimmung des geringsten Abstandes erforderlich. Dieses Verfahren, das bereits ausführlich anhand der Fig. 1, 2 und 4 beschrieben wurde, läuft folgendermassen ab:

Als Kriterium für den Abbruch der Schalenbildung wird im Ausführungsbeispiel das Erreichen eines vorgegebenen Schalenradius benutzt. Dieser Schalenradius wird in der im Proben-Speicher 36 abgelegten Proben-Liste markiert. Wird dieser Schalenradius beim Abarbeiten der Proben-Liste ange-

troffen, liefert die Rechenschaltung 38'' über eine Leitung 67 einen Befehl «Abbruch» an das Adress-Steuerwerk 37.

Das Adress-Steuerwerk 37 ruft nacheinander zeilenweise sämtliche Farbkoordinaten x_i , y_i und z_i bzw. Adressen des Farberkennungs-Speichers 28 über den Adress-Bus 55, den Umschalter 33 und den Adress-Eingang 29 auf. Gleichzeitig werden die aufgerufenen Speicherplätze auf eine bereits erfolgte Belegung mit Farbnummern überprüft, indem die entsprechenden Farbnummern aus dem Farberkennungs-Speicher 28 über den Daten-Bus 66 in die Tor-Schaltung 63 gelesen werden. Wird dabei ein mit der Farbnummer «0» besetzter Speicherplatz angetroffen, erzeugt die Tor-Schaltung 63 einen Befehl «Nicht besetzt», der über eine Leitung 68 an das Adress-Steuerwerk 37 gegeben wird.

Das Adress-Steuerwerk 37 unterbricht das Aufrufen der Adressen und markiert die betreffende Adresse des noch nicht besetzten Speicherplatzes. Die zugehörigen Farbkomponenten (x_i , y_i , z_i) werden vom Adress-Steuerwerk 37 über einen weiteren Daten-Bus 69 an die Rechenschaltung 38'' übermittelt. Das Adress-Steuerwerk 37 aktiviert die Rechenschaltung 38'' durch einen Befehl «Abstandsrechnung» auf einer Leitung 70 und ruft ausserdem über den Adress-Bus 41 die erste Adresse des Proben-Speichers 36 auf, unter der die Proben-Farbkomponenten x_{p1} , y_{p1} , z_{p1} sowie die zugehörige Farbnummer der ersten Farbprobe (erste Zeile der Proben-Liste) abgelegt wird. Die aufgerufenen Werte der Proben-Liste werden über die Daten-Busse 51 und 52 in die Rechenschaltung 38'' überschrieben.

Die Rechenschaltung 38'' ermittelt jetzt den Abstand d_1 nach der angegebenen Gleichung (1) und legt den errechneten Wert in einem internen Register ab.

Dann ruft das Adress-Steuerwerk 37 die zweite Adresse des Proben-Speichers 36 auf und überschreibt die zweite Zeile der Proben-Liste mit den Angaben über die zweite Farbprobe in die Rechenschaltung 38'', welche jetzt den Abstand d_2 ermittelt und speichert. Dieser Vorgang ist mit der Berechnung des Abstandes d_2 zu der n-ten Farbprobe abgeschlossen, und gleichzeitig ist auch der geringste Abstand d_{\min} festgelegt.

Die Farbnummer, die der Farbprobe mit dem geringsten Abstand zugeordnet ist, wird aus der Rechenschaltung 38'' über den Daten-Bus 56, die Tor-Schaltung 63 und den Daten-Eingang 30 in den Farberkennungs-Speicher 28 überschrieben und dort unter der markierten Adresse abgelegt.

Dann ruft das Adress-Steuerwerk 37 die nächste noch zu belegende Adresse des Farberkennungs-Speichers 28 auf, und die beschriebenen Vorgänge wiederholen sich, bis alle Lücken des Farberkennungs-Speichers 28 gefüllt sind. Das Ergebnis der Speicherfüllung geht wiederum aus Fig. 5 hervor, in der eine mit Farbnummern belegte Chrominanzebene als Schnittfläche dargestellt ist.

Die Wirkungsweise der Schaltungsanordnung gemäss Fig. 10 wird zusammenfassend noch einmal anhand der Flussdiagramme in den Fig. 11 und 12 erläutert. Fig. 11 zeigt das Flussdiagramm für die Vorfüllung und Fig. 12 das entsprechende Flussdiagramm für die Restfüllung des Farberkennungs-Speichers 28.

Das kombinierte Verfahren der Speicherfüllung mit einer Vorfüllung und einer Restfüllung hat insbesondere den Vorteil, dass die Rechenzeit in der Rechenschaltung verkürzt wird und die gesamte Speicherfüllung dadurch schneller abläuft.

Fig. 13 zeigt eine Variante der Schaltungsanordnungen nach den Fig. 1, 6 und 10, von denen nur ein Ausschnitt dargestellt ist.

Der Umformer-Stufe 18 ist eine weitere Umformer-Stufe 734 nachgeschaltet, in der die kartesischen Farbkoordinaten x , y und z in die Zylinder-Farbkoordinaten S , T und L entsprechend den Gleichungen

$$S = c_1 \sqrt{x^2 + y^2} \quad (S = \text{Sättigung})$$

$$T = c_2 \arctan y/x \quad (T = \text{Farbton}) \quad (4)$$

$$L = c_3 z \quad (L = \text{Helligkeit})$$

umgerechnet werden, was einer Transformation des Chrominanz-Luminanz-Farbraumes in den Sättigungs-Farbton-Helligkeits-Farbraum entspricht.

Sämtliche zuvor beschriebenen Vorgänge laufen dann mit den entsprechenden Farbkoordinaten S , T und L ab.

Durch die beschriebene Transformation und eine entsprechende Analog-Digital-Wandlung in den A/D-Wandlern 19, 20 und 21 lässt sich eine wesentlich höhere Auflösung im Farbton als in der Sättigung oder in der Helligkeit erreichen. Ebenso wird eine feinere Auflösung bei schwach gesättigten Farben und eine bessere Abgrenzung gegenüber Komplementärfarben möglich. Dies beruht im wesentlichen darauf, dass die Bildung von Farberkennungsräumen in Vorzugsrichtungen abläuft, die dem physiologischen Empfinden des menschlichen Auges entsprechen. Die Farberkennungsräume sind in Richtung der Sättigung gestreckt und in Richtung des Farbtones gestaucht, wodurch eine bessere Trennung von Farbtönen ermöglicht wird. Streckung und Stauchung der Farberkennungsräume kann durch die Wahl der Koeffizienten c_1 , c_2 und c_3 noch verstärkt werden.

Um Schwankungen oder Verläufe in einem «Grau» als Einzelfarbe «Grau» zu erkennen, wird um die Grauachse ein zylindrischer oder tonnenförmiger Farberkennungsraum für «Grau» gelegt. Auch in diesem Falle erweist sich die Farbraum-Transformation als vorteilhaft, da die Abgrenzung solcher zylindrischen oder tonnenförmigen Farberkennungsräume einfacher mit S , T und L -Farbkoordinaten erfolgen kann.

Fig. 14 zeigt eine Chrominanzebene als Schnittfläche durch den Sättigungs-Farbton-Helligkeits-Farbraum. Um ein Proben-Farbraumelement 262 hat sich ein Farberkennungsraum 272 mit der Farbnummer «2» gebildet. Der kugelförmige Farberkennungsraum im Chrominanz-Luminanz-Farbraum hat sich durch die Transformation in den Sättigungs/Farbton/Helligkeits-Farbraum in ein Ellipsoid verwandelt, dessen Längsachse in Richtung der Sättigung orientiert ist. Um das Proben-Farbraumelement 263 hat sich ein zweiter Farberkennungsraum 273 mit der Farbnummer «3» gebildet, der in Sättigungsrichtung dieselbe Ausdehnung wie der Farberkennungsraum 272 hat, in Richtung des Farbtons aber gestaucht ist.

Um die Grauachse, durch den Punkt 74 angedeutet, wurde ein weiterer Farberkennungsraum 271 für «Grau» gebildet, dem die Farbnummer «1» zugeordnet ist.

Es ist selbstverständlich möglich, anstelle der Farbkoordinaten x , y und z oder der Farbkoordinaten S , T und L auch die Farbkoordinaten R , G und B des R , G , B -Farbraumes zu verwenden.

In diesem Falle erübrigen sich die Transformationen, und es werden direkt die Ausgangssignale des Abtastorgans 8 bzw. der Logarithmier-Stufe 17 verarbeitet.

Fig. 15 zeigt ein Anwendungsbeispiel der Schaltungsanordnungen nach den Fig. 1, 6 und 10 bei einem Farbscanner zur Herstellung von Farbausügen für den Dekor-, Textil- und Verpackungsdruck.

Wie bereits in der Beschreibungseinleitung erwähnt, werden bei den genannten Druckarten die zu druckenden Farben vor dem Druckprozess gemischt und dann getrennt auf das Druckmedium übertragen. Mit Hilfe des Farbscanners müssen daher die einzelnen Farben der Farbvorlage voneinander getrennt und für jede Farbe ein separater Farbauszug hergestellt werden.

Der Farberkennungs-Speicher 28 des Farbscanners sei bereits nach dem beschriebenen Verfahren mit Farbnummern aufgefüllt.

Die auf einer rotierenden Abtasttrommel 75 aufgespannte Farbvorlage 1 wird von dem Abtastorgan 8 punkt- und zeilenweise abgetastet. Die durch die Vorlagenabtastung gewonnenen Farbkoordinaten x , y und z rufen über den Adress-Eingang 29 die entsprechenden Adressen des Farberkennungs-Speichers 28 auf. Die unter den aufgerufenen Adressen abgelegten Farbnummern werden über den Daten-Ausgang 31 ausgelesen und einer Decodier-Stufe 76 zugeführt. An der Decodier-Stufe 76 kann vorgewählt werden, für welche Vorlagenfläche bzw. Farbnummer gerade ein Farbauszug aufgezeichnet werden soll. Die ausgewählte Farbnummer wird in einem nachgeschalteten D/A-Wandler 77 in ein Steuersignal S umgeformt, das eine Aussage über die örtliche Verteilung einer Auszugsfarbe in der Farbvorlage 1 liefert.

Das Steuersignal S betätigt einen elektronischen Umschalter 78, der ein in einem einstellbaren Dichtegeber 79 erzeugtes konstantes Aufzeichnungssignal A_1 (konstante Schreibdichte) zu einem Verstärker 80 durchschaltet, wenn in der abgetasteten Farbvorlage 1 die ausgewählte Auszugsfarbe auftritt. Eine Schreiblampe in einem Aufzeichnungsorgan 81 wird von dem verstärkten Aufzeichnungssignal A_1 ein- und ausgeschaltet. Die Schreiblampe belichtet punkt- und zeilenweise ein Aufzeichnungsmedium in Form eines Filmes 82, der auf einer ebenfalls rotierenden Aufzeichnungstrommel 83 montiert ist. Der belichtete und entwickelte Film ist der gewünschte Strich-Farbauszug.

Für die Aufzeichnung von Halbton-Farbauszügen von verlaufenden Farben kann in einem Verlaufssignal-Geber 84 aus mindestens einem der Farbmesswert-Signale R, G oder B ein Verlaufssignal A_2 abgeleitet werden, welches ein Mass für die Farbsättigung oder Helligkeit, d.h. für den Verlauf einer Farbe, darstellt.

Zur Aufzeichnung der Halbton-Farbauszüge wird anstelle des konstanten Aufzeichnungssignals A_1 das Verlaufssignal A_2 mittels des elektronischen Umschalters 78 zum Aufzeichnungsorgan 81 durchgeschaltet. Das Steuersignal S liefert dann die Aussage über die örtliche Verteilung einer Vorlagenfarbe und das zugehörige Verlaufssignal A_2 die Aussage über die erforderlichen Farbbeträge zur Wiedergabe des Verlaufs.

Vor der Aufzeichnung der Farbauszüge kann das zu erwartende Druckergebnis an einem Farbsichtgerät überprüft werden. In diesem Falle ist dem Farberkennungs-Speicher 28 eine Fernsehkamera nachgeschaltet. Die Fernsehkamera tastet die zu analysierende Farbvorlage 1 ab, und ihre Farbsignale rufen die entsprechenden Adressen des Farberkennungs-Speichers 28 auf. Die ausgelesenen Farbnummern steuern einen Farbgeber, der jeder Farbnummer ein Farbsi-

gnal-Tripel zur Ansteuerung eines Farbmonitors zuordnet.

An die Stelle der Fernsehkamera kann wiederum ein Bildspeicher treten.

Zur Probenentnahme wird die Farbvorlage auf einem zweiten, direkt an die Fernsehkamera angeschlossenen Farbmonitor sichtbar gemacht und die Farbprobe mit Hilfe eines Cursors und einer Messschaltung entnommen.

Fig. 16 zeigt ein weiteres Anwendungsbeispiel der Schaltungsanordnungen zur Farberkennung gemäss Fig. 1, 6 und 10 bei der Selektivkorrektur in einem Farbscanner für den Mehrfarben-Mischdruck (Papierdruck).

Die auf der Abtasttrommel 75 montierte Farbvorlage 1 wird von dem Abtastorgan 8 punkt- und zeilenweise optoelektronisch abgetastet, und die dabei gewonnenen Farbmesswert-Signale R, G und B gelangen über die Umformer-Stufe 17 auf eine erste Farbkorrektur-Schaltung 85 für eine Grundkorrektur zur Bildung von ersten Farbauszugs-Signalen Y (Gelb), M (Magenta) und C (Cyan).

Die Farbmesswert-Signale R, G und B werden nochmals in einer zweiten Farbkorrektur-Schaltung 86 zum Zwecke der Selektivkorrektur einer bestimmten Farbe oder eines Farbgebietes in zweite Farbauszugs-Signale Y' , M' und C' umgeformt.

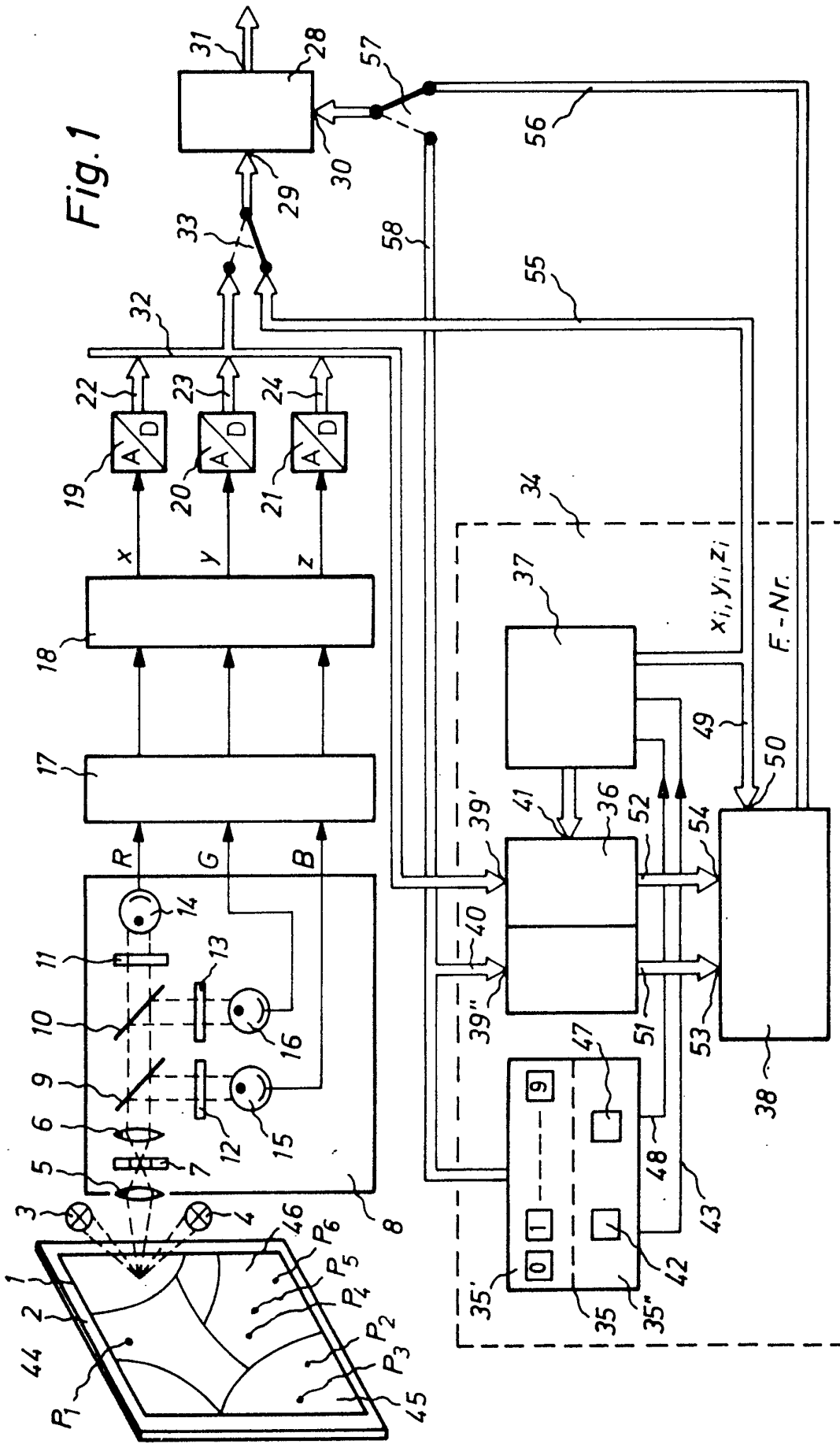
Erste und zweite Farbauszugssignale gelangen an einen elektronischen Umschalter 87, der normalerweise die ersten Farbauszugs-Signale M, Y und C und nur im-Falle, dass in der Farbvorlage 1 die selektiv zu korrigierende Farbe auftritt, die entsprechenden zweiten Farbauszugs-Signale M' , Y' und C' an die Verstärker 80, 80' und 80'' durchschaltet.

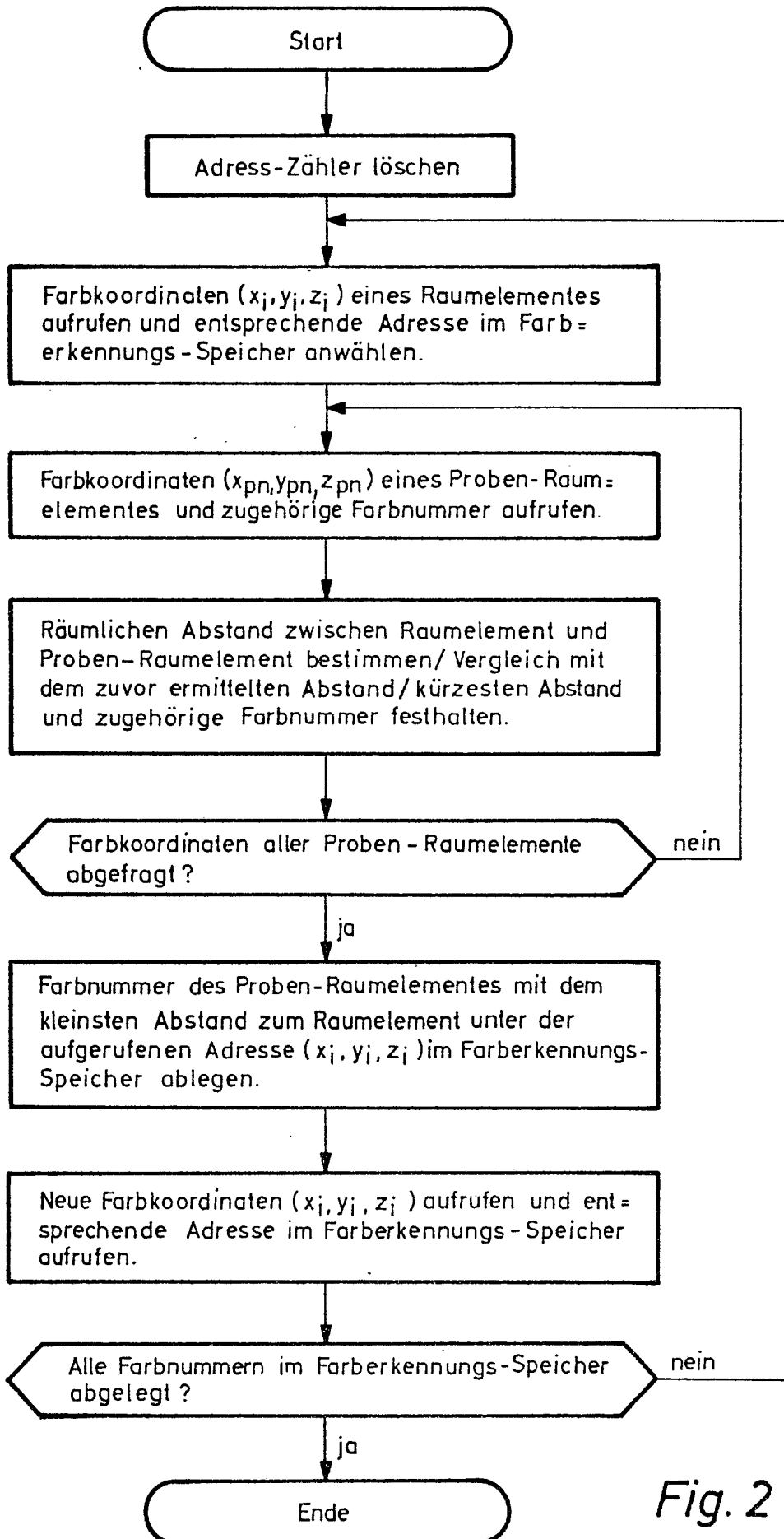
Die durchgeschalteten und verstärkten Farbauszugssignale modulieren wiederum die Helligkeit von Schreiblampen in den Aufzeichnungsorganen 81, 81' und 81''. Die Aufzeichnungsorgane 81, 81' und 81'' belichten punkt- und zeilenweise die auf der rotierenden Aufzeichnungstrommel 83 montierten Filme 82, 82' und 82''. Die belichteten und entwickelten Filme sind die gewünschten, korrigierten Farbauszüge «Gelb», «Magenta» und «Cyan».

Das Steuersignal S für den elektronischen Umschalter 87 wird mit der Schaltungsanordnung nach den Fig. 1, 6 oder 10 erzeugt. Der Bediener wählt die selektiv zu korrigierende Farbe bzw. Farbnummer an der Decodier-Stufe 76 vor.

Bei der Aufzeichnung der Farbauszüge wird jeweils nur die Farbnummer der vorgewählten Farbe durch die Decodier-Stufe 76 an den nachgeschalteten D/A-Wandler 77 durchgeschaltet und in das Steuersignal S für den elektronischen Umschalter 87 umgewandelt.

Die Decodier-Stufe 76 kann entfallen, wenn mit Hilfe der Zuordnungs-Schaltung 34 in dem Farberkennungs-Speicher 28 nur der Farberkennungsraum für die zu selektierende Farbe programmiert wurde.





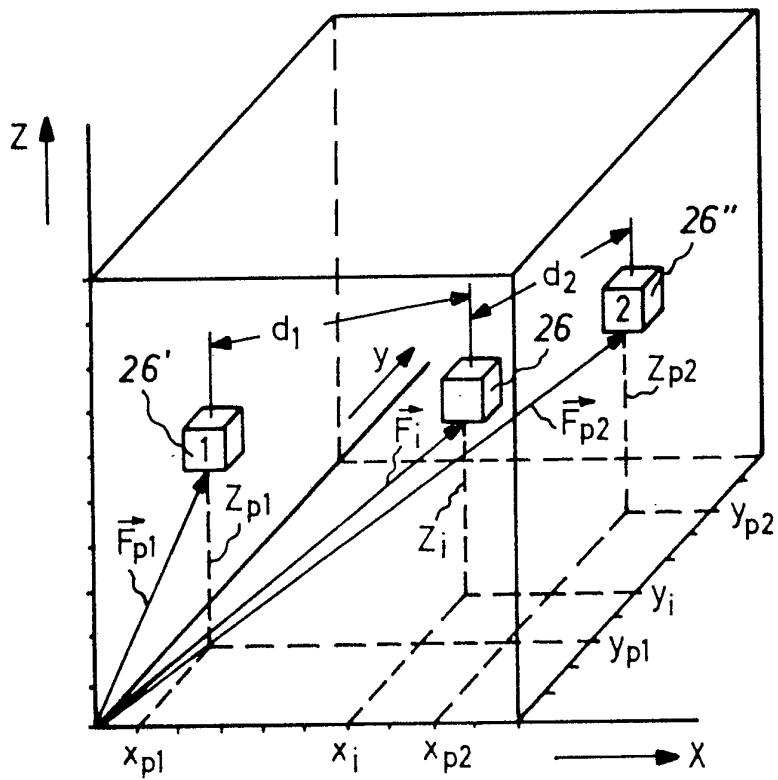
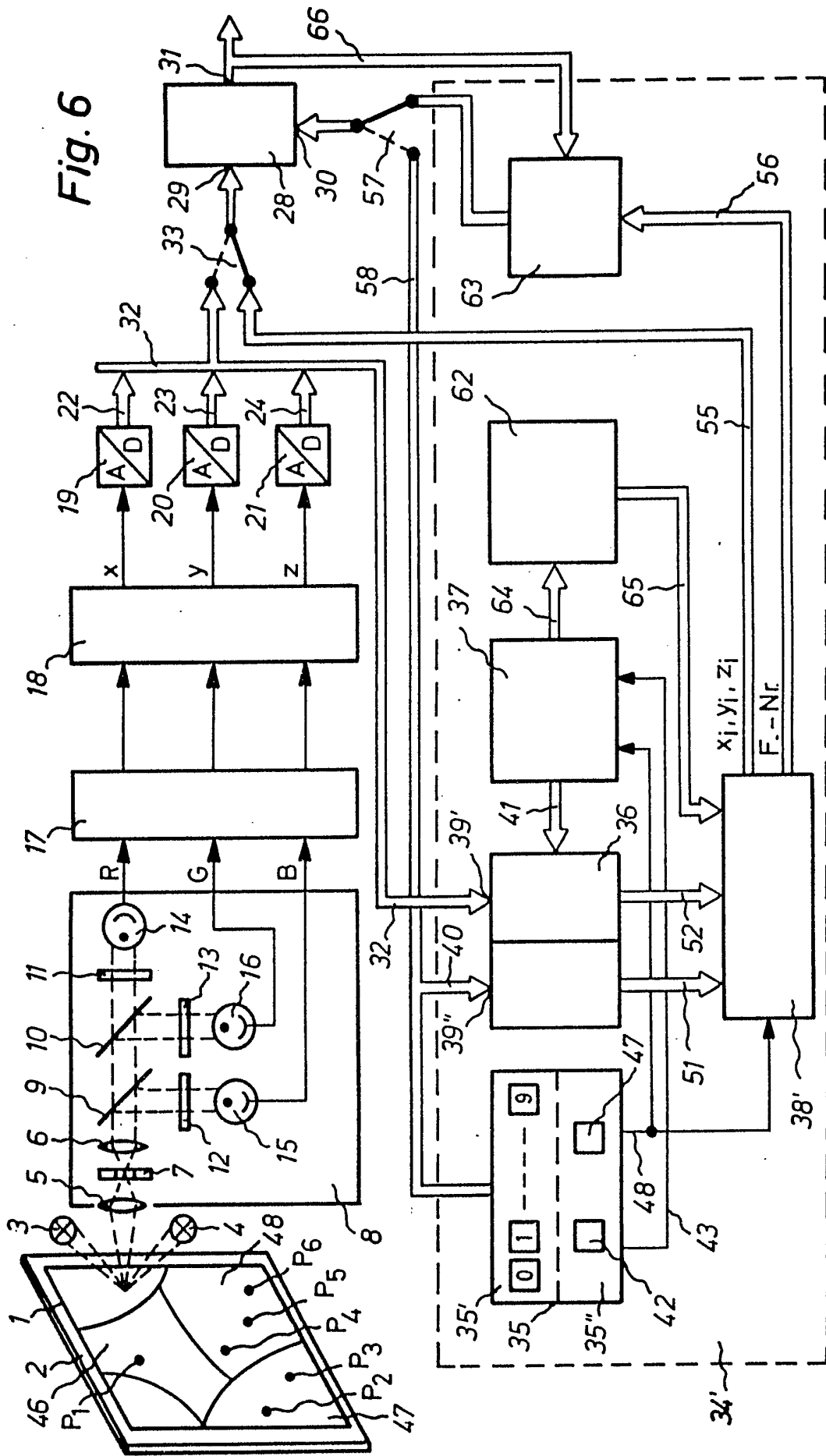


Fig. 4



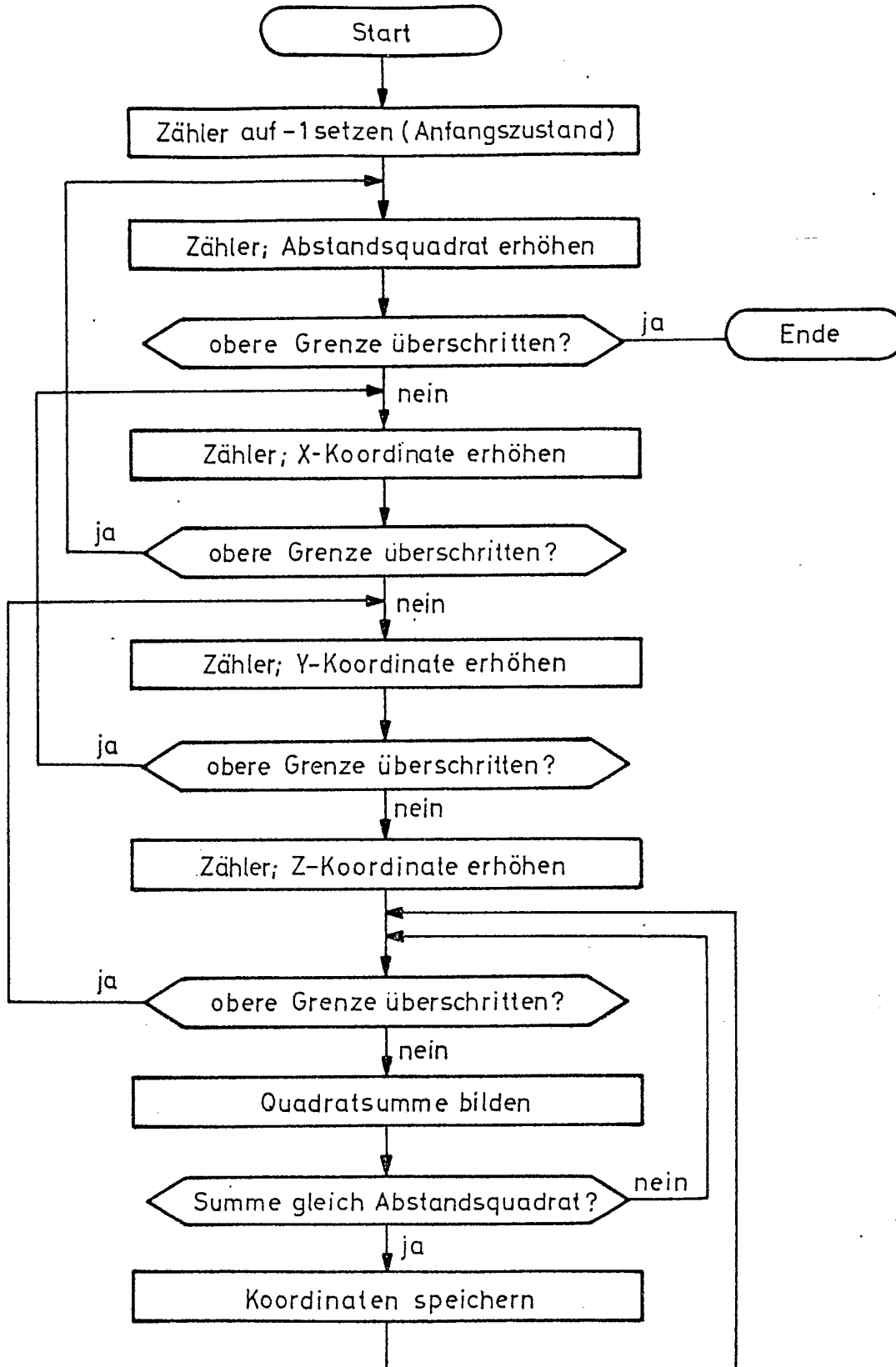


Fig. 7

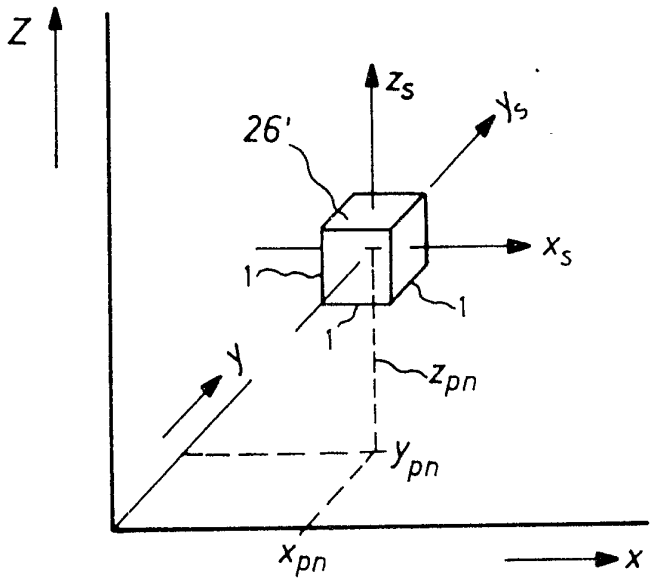


Fig. 8a

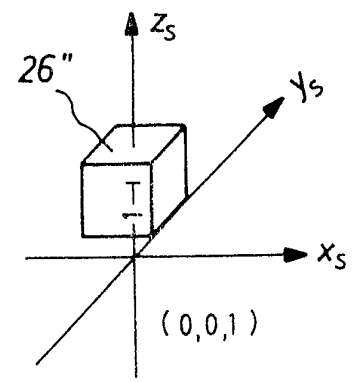
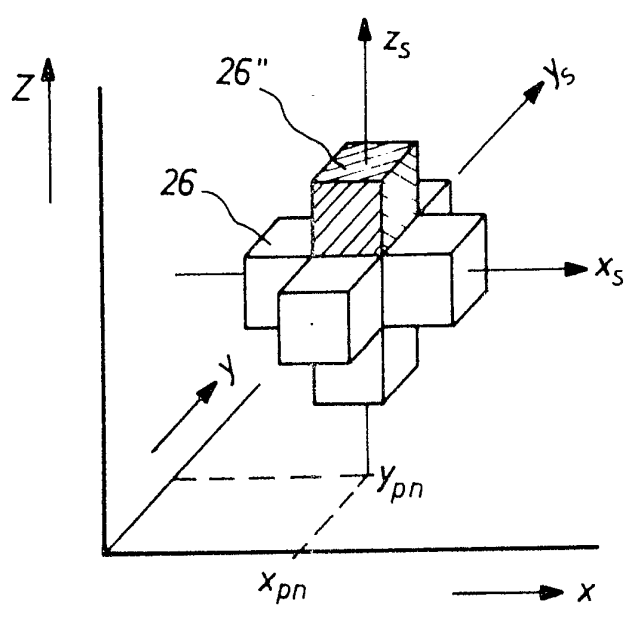


Fig. 8b

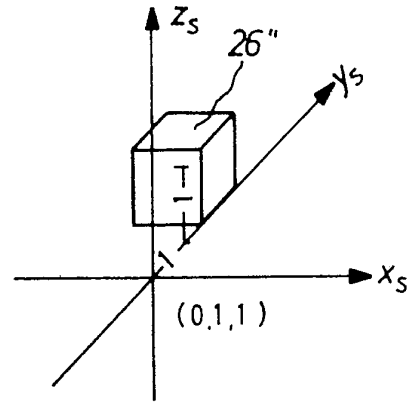
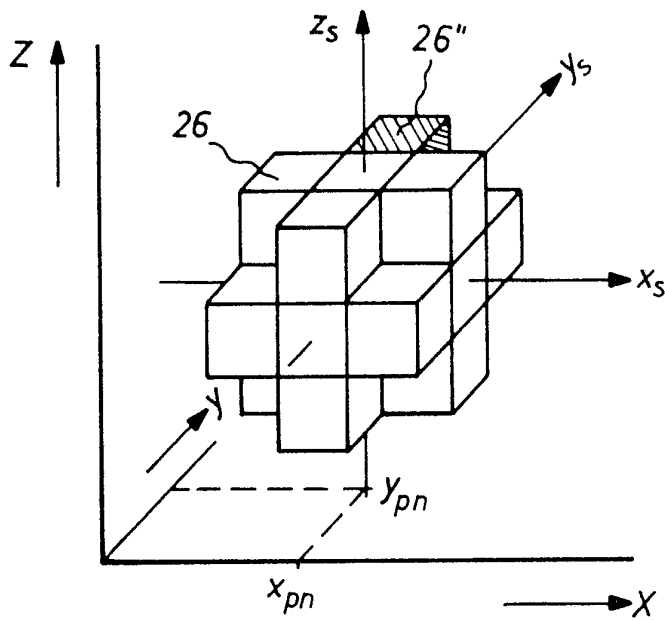


Fig. 8 c

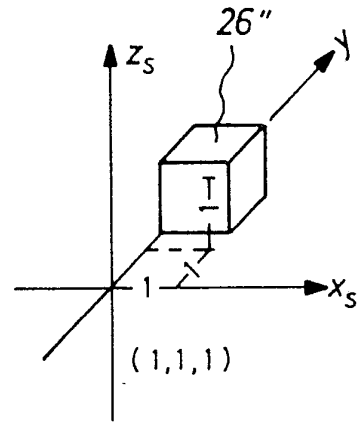
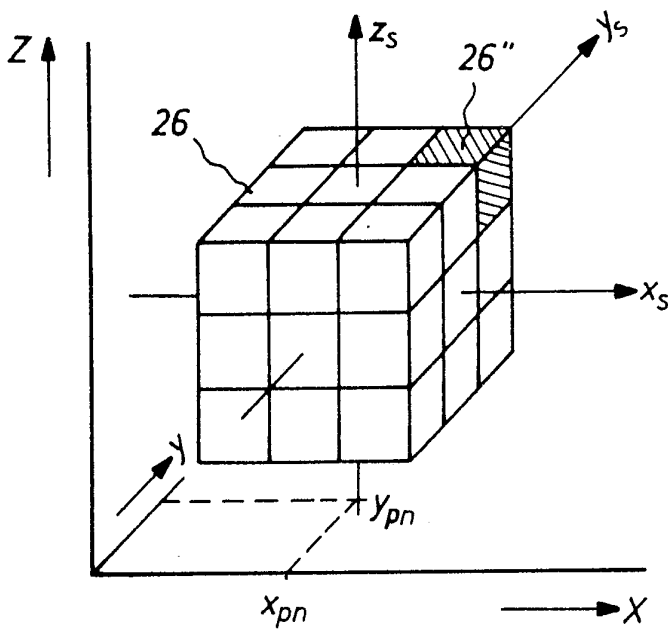


Fig. 8 d

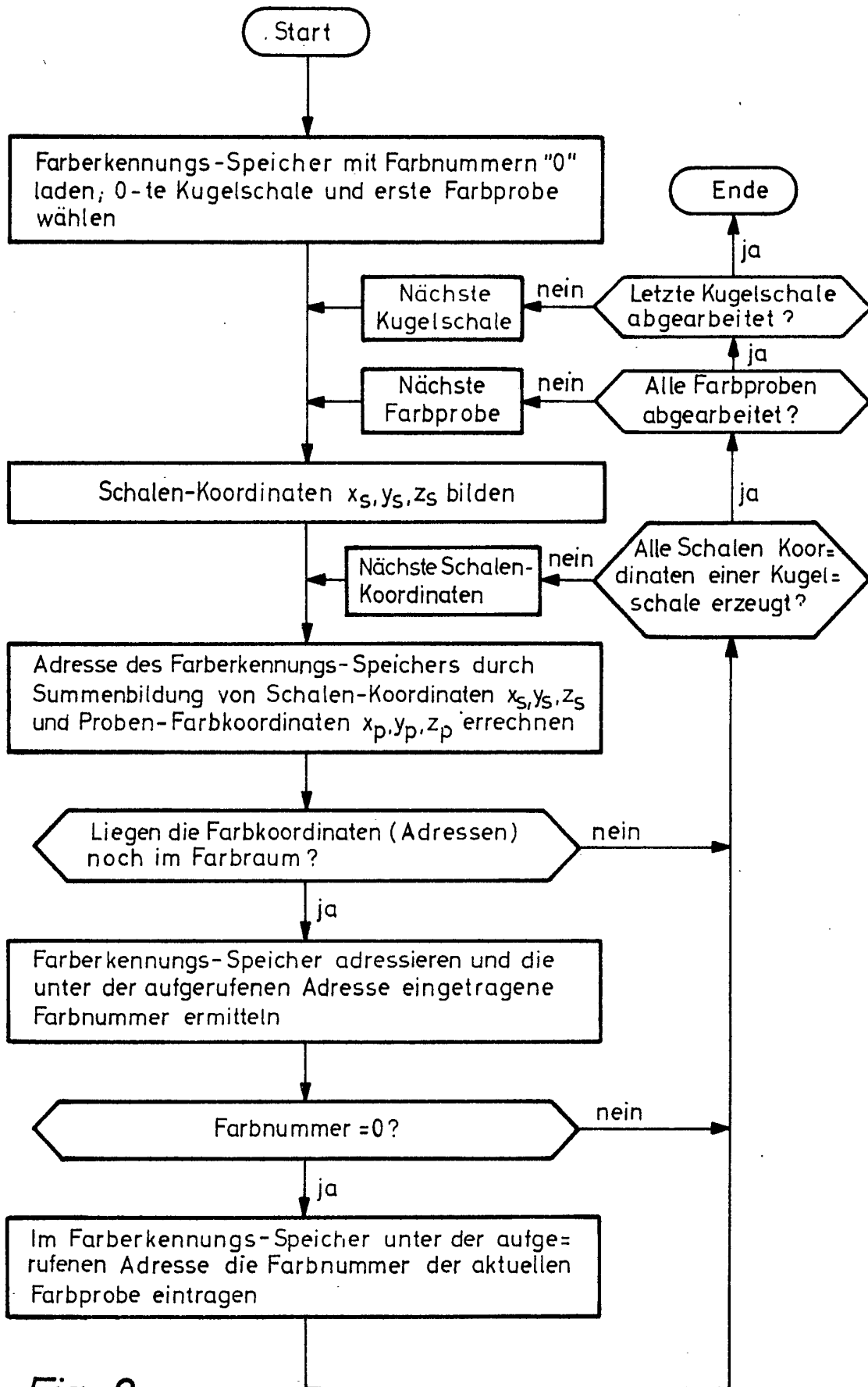
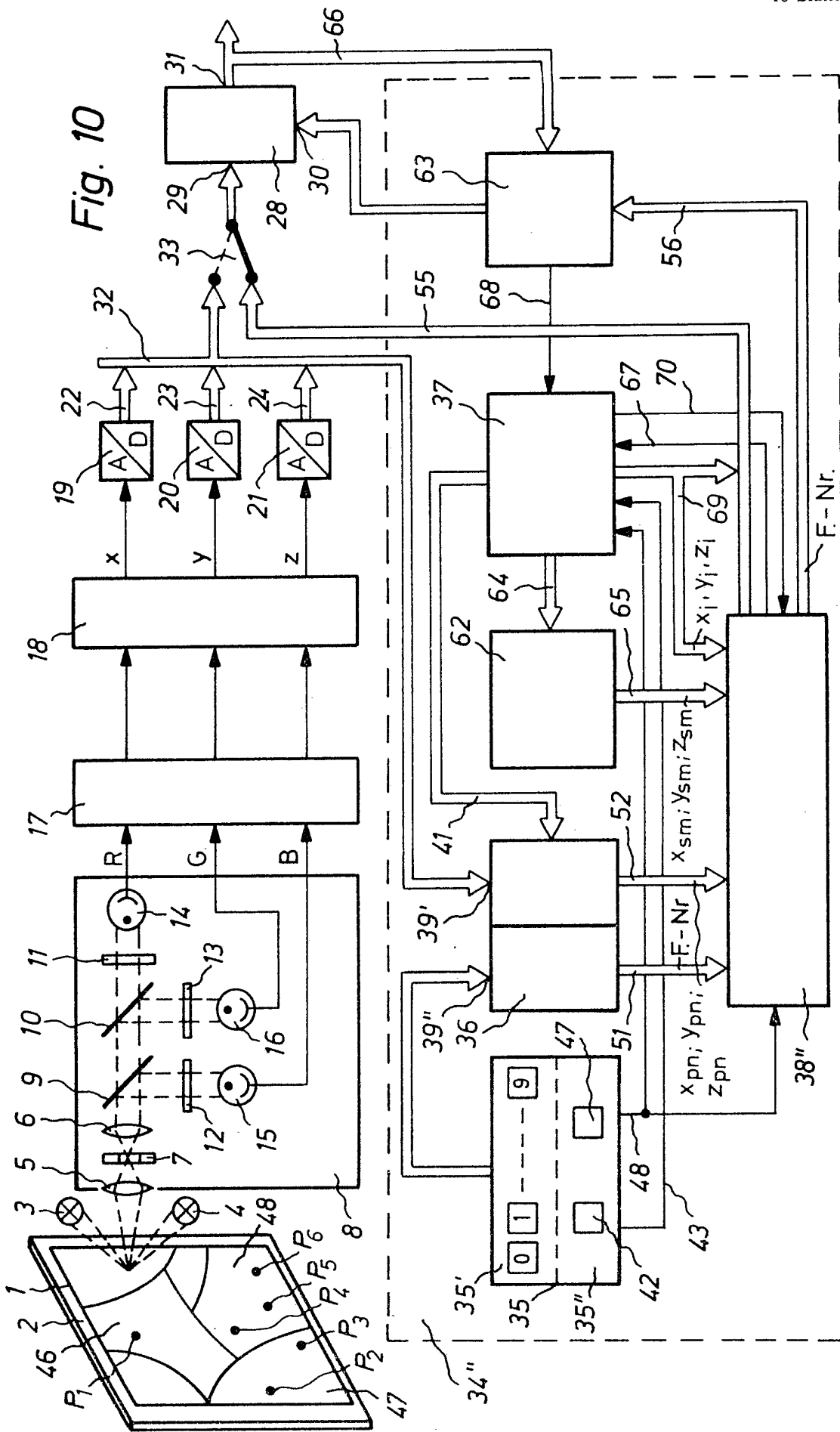


Fig. 9



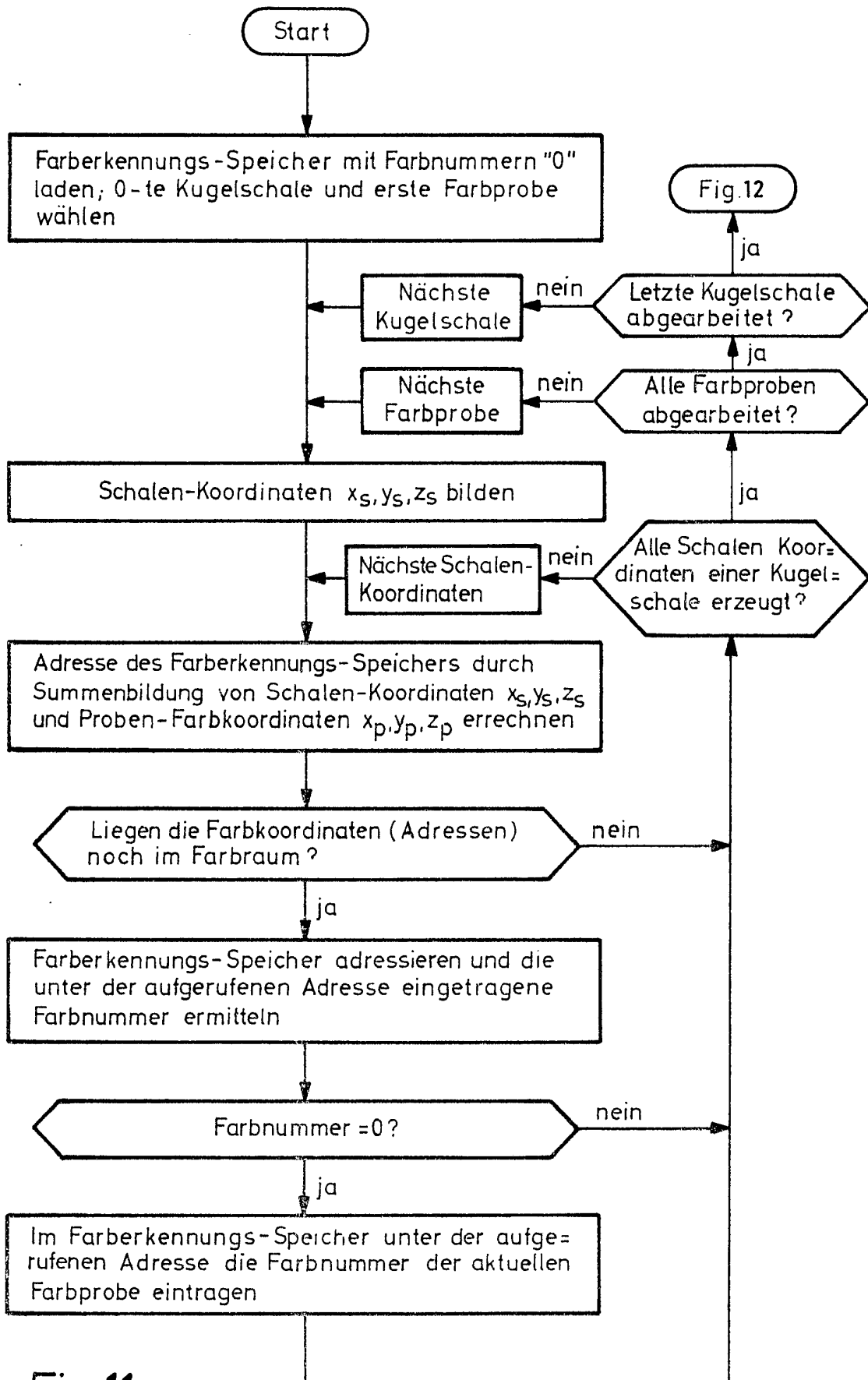


Fig. 11

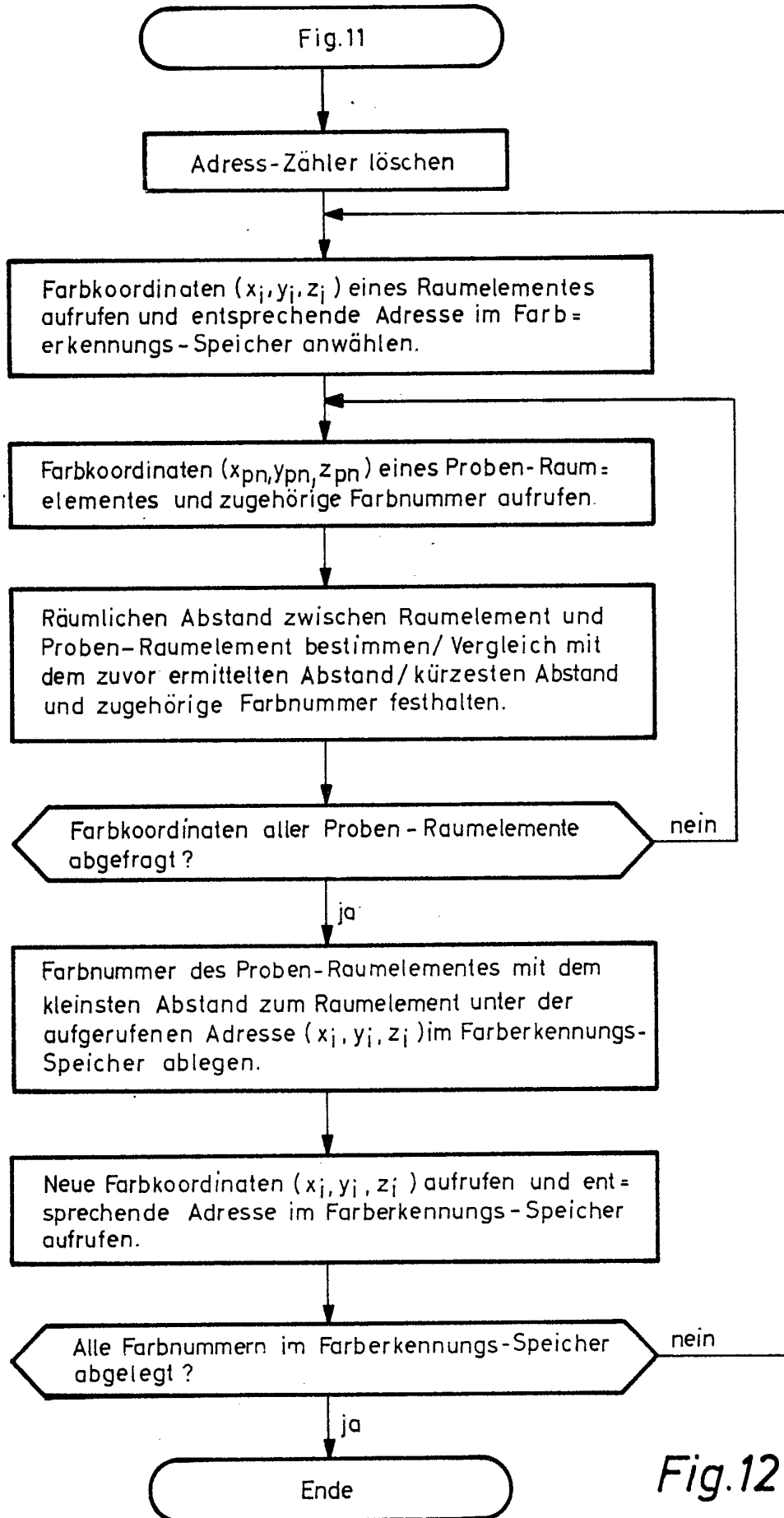


Fig.12

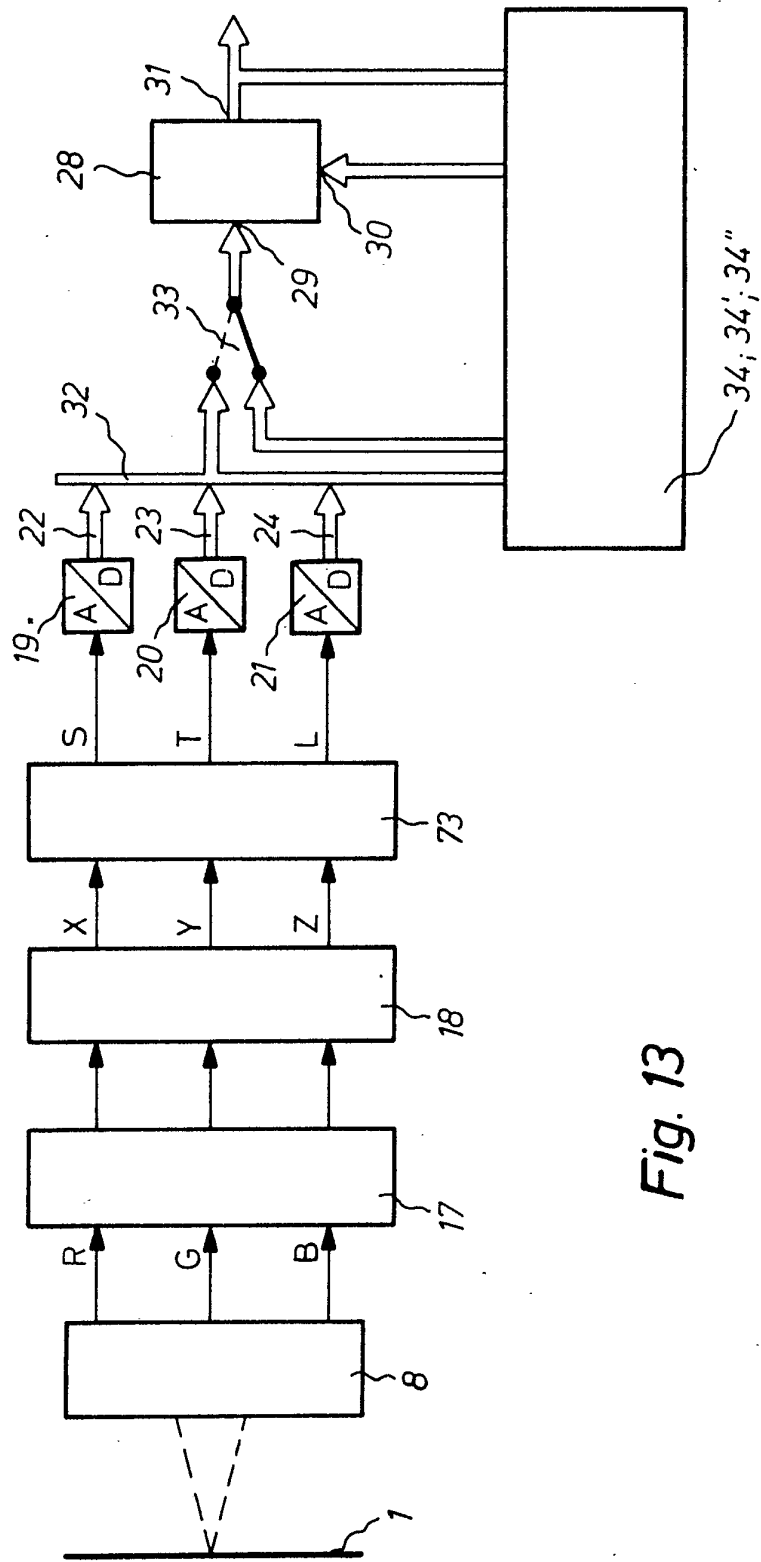


Fig. 13

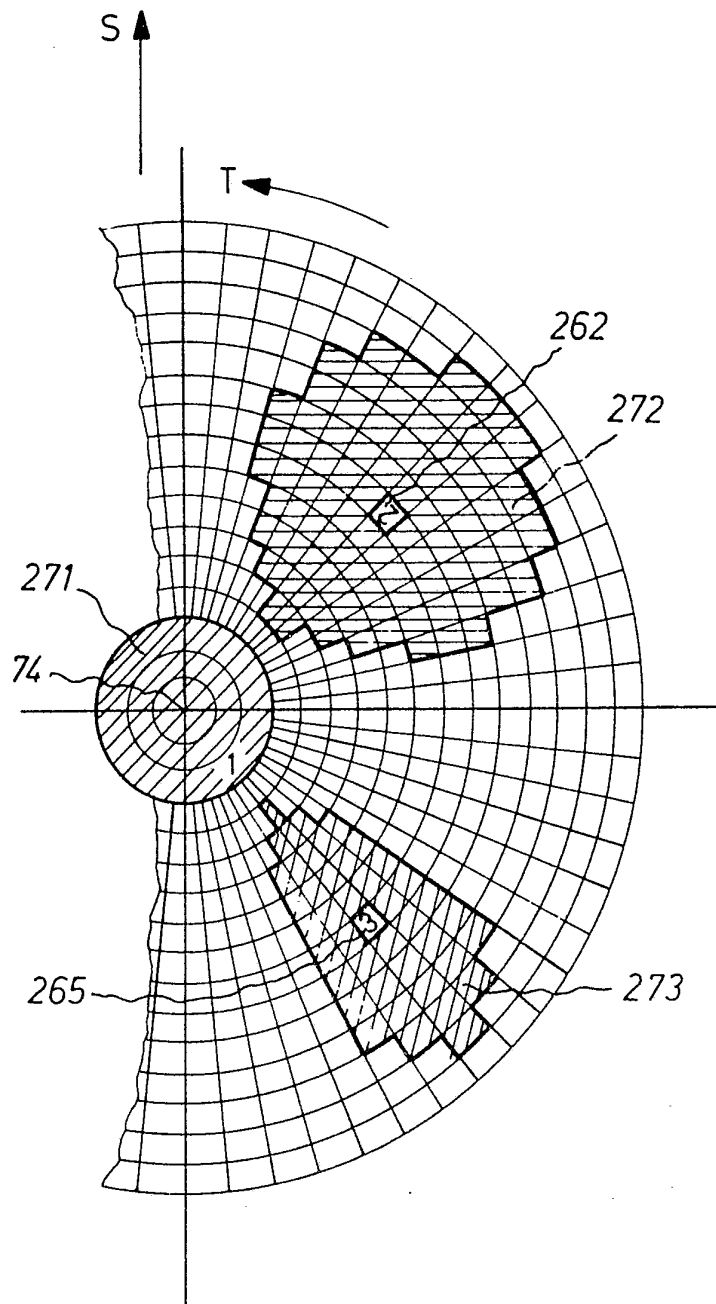


Fig. 14

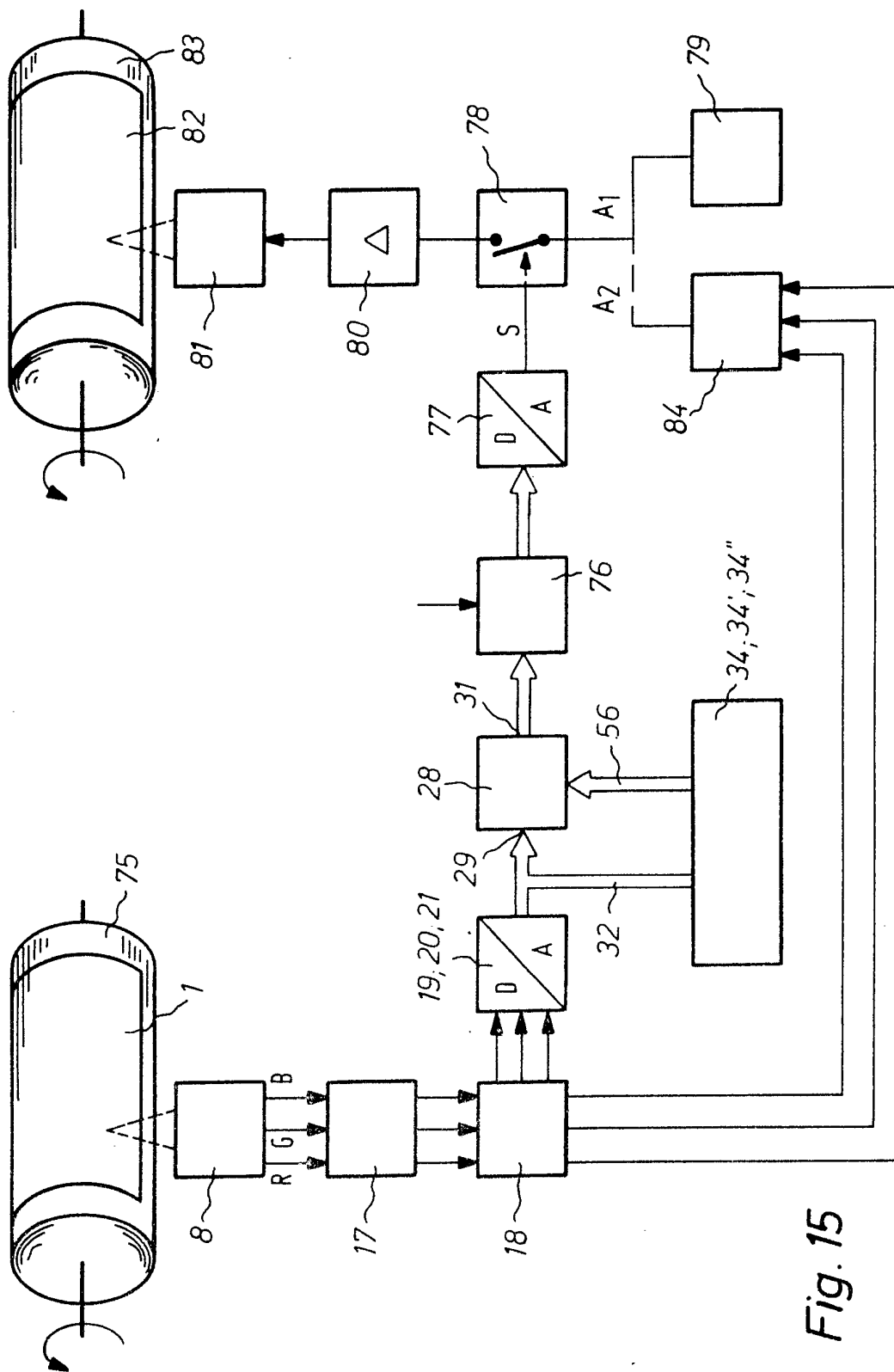


Fig. 15

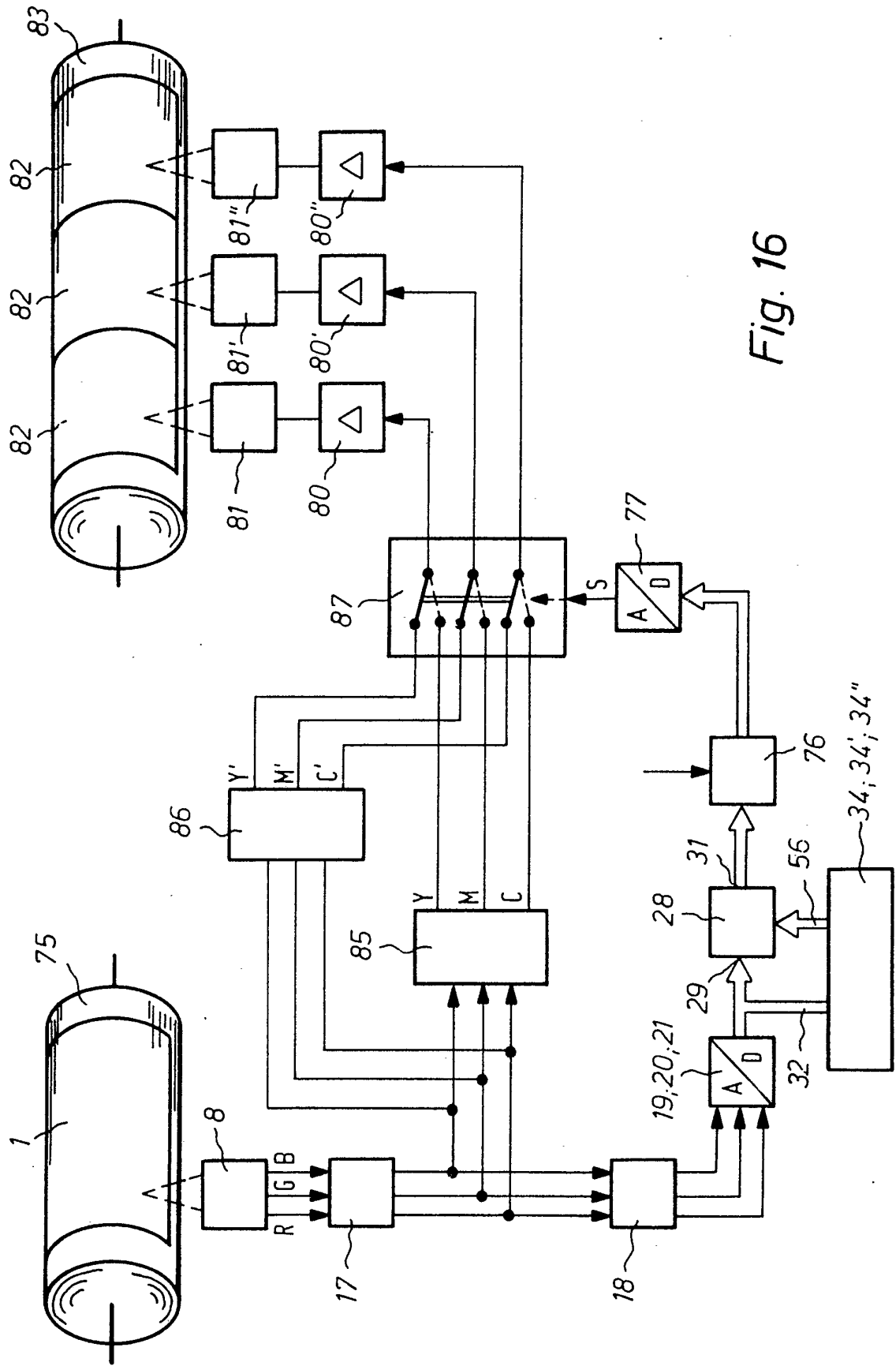


Fig. 16