



⑫ **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :
01.02.95 Patentblatt 95/05

⑤① Int. Cl.⁶ : **H01F 3/10, H01F 38/02**

②① Anmeldenummer : **88909509.7**

②② Anmeldetag : **17.11.88**

⑧⑥ Internationale Anmeldenummer :
PCT/CH88/00214

⑧⑦ Internationale Veröffentlichungsnummer :
WO 89/07828 24.08.89 Gazette 89/20

⑤④ **DROSSELSPULE.**

③⑩ Priorität : **11.02.88 CH 486/88**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
08.08.90 Patentblatt 90/32

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
01.02.95 Patentblatt 95/05

⑧④ Benannte Vertragsstaaten :
AT BE DE FR GB IT LU NL SE

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
CH-A- 224 775
CH-A- 227 740
CH-A- 293 283
DE-A- 2 156 493
US-A- 1 952 072

⑦③ Patentinhaber : **RIEDI-JOKS, Susanne**
Seefeldstrasse 12
CH-6006 Luzern (CH)

⑦② Erfinder : **BITTERLI, Hanspeter**
Seefeldstrasse 12
CH-6006 Luzern (CH)

⑦④ Vertreter : **Fischer, Franz Josef et al**
BOVARD AG
Patentanwälte VSP
Optingenstrasse 16
CH-3000 Bern 25 (CH)

EP 0 380 582 B1

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung**Drosselspule**

5 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Drosselspule gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Drosselspulen werden in praktisch allen Bereichen der Elektrotechnik, sowohl in Stromkreisen wo hohe elektrische Leistungen verarbeitet werden als auch in ton- sowie hochfrequenten Stromkreisen eingesetzt. Sie sind entsprechend dem Anwendungsgebiet in bezug auf die Grösse, die Kernmaterialwahl, den Wicklungsaufbau, den magnetischen Kreis (z.B. mit oder ohne Luftspalt) etc. unterschiedlich gebaut.

10 Eine genaue Berechnung der Induktivität ist bei Drosselspulen mit Eisenkern in einfacher, den Aufwand lohnender Weise nicht möglich, da mehrere Faktoren beteiligt sind, die nicht genau bestimmbar sind.

Im allgemeinen sind daher die Toleranzen für die Induktivitätswerte von Drosselspulen nicht zu eng bemessen.

15 In Fällen, wo die Drosselspule nur für einen Arbeitspunkt, einen bestimmten Induktivitätswert für einen bestimmten Strom, ausgelegt ist, und in einer stationären Anlage Anwendung findet, spielt die grobe Toleranzbemessung keine allzu grosse Rolle.

In Fällen aber, wo die Drosselspule für einen bestimmten Arbeitsbereich, mit einem bestimmten Verlauf der Induktivitätswerte in Funktion des Stromes, ausgelegt ist, die Drosselspule zudem noch Anwendung in Fahrzeugen, wie Trams, Trolleybussen, schienengebundene Triebwagen und Lokomotiven, findet, spielt die grobe Toleranzbemessung schon eine Rolle, da diese sich hauptsächlich auf die geometrischen Dimensionen und auf das Gewicht der Drosselspule auswirkt und Probleme, welche gelöst werden müssen, nach sich zieht.

20 Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Drosselspule zu schaffen, die die erwähnten Probleme löst. Die erfindungsgemässe Drosselspule soll einen den Bedürfnissen entsprechenden bestimmbar Verlauf der Induktivitätswerte in Funktion des Stromes aufweisen und somit optimal bezüglich der elektrischen Werte, der geometrischen Dimensionen, des Gewichtes, ausgelegt sein.

25 Diese Aufgabe wird mit einer Drosselspule gelöst, die die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 aufgeführten Merkmale aufweist.

In der schweizerischen Patentschrift CH 293 283 ist eine Drosselspule mit einem Magnetkreis, der aus zwei Kernen gebildet ist, und einer die beiden Kerne umfassenden Wicklung offenbart. Der eine Kern weist eine rechteckförmige BH-Kennlinie auf und hat keinen Luftspalt. Der andere Kern weist einen Luftspalt auf, derart, dass die Magnetisierungskennlinie des gesamten Magnetkreises sich aus zwei angenähert geradlinigen Stücken von verschiedener Neigung zusammensetzt. Im weiteren weist die offenbarte Drosselspule eine ausgeprägt treppenförmige BH-Kennlinie auf, wobei die Induktion bereits beim Vorhandensein einer äusserst kleinen Feldstärke praktisch auf den Maximalwert ansteigt. Drosselspulen mit Bereichen, wo die Induktion bei lediglich einer kleinen Feldstärkeänderung (bzw. Stromänderung) stark ändert, sind vor allem dazu geeignet, in bekannter Weise Stromkreise mit Schaltkontakten, schaltfeuerfrei zu öffnen und zu schliessen.

30 Eine Drosselspule mit einem Magnetkreis aus zwei isoliert voneinander konzentrisch angeordneten Ringkernen ohne Luftspalt, die ebenfalls zum Verhindern von Schaltfeuern dient, ist im Dokument CH 227 740 offenbart. Auch in dieser Drosselspule ist ein steiler Induktionsanstieg bei lediglich einer kleinen Stromänderung erwünscht. Bessere Werte werden erreicht, indem auf dem äusseren Ringkern Zusatzspulen angeordnet und mit beide Ringkerne umfassenden Hauptspulen in Reihe geschaltet sind.

40 Im Dokument CH 224 775 ist eine Schaltanordnung, bestehend aus Transformator und Schaltdrossel gezeigt, bei der der Magnetkern der Drossel zum Erhalten einer rechteckförmigen BH-Kennlinie mit einer kleinen Koerzitivkraft aus den gleichen Materialien aufgebaut ist, wie in den vorgenannten Beispielen. Der Magnetkreis der Drosselspule ist mit dem Magnetkreis des Transformators über eine gemeinsame Wicklung gekoppelt. Auch diese Drosselspule hat zur Aufgabe, durch ihren ausgeprägt steilen Induktionsanstieg bei lediglich kleiner Stromänderung Schaltfeuer zu verhindern.

45 In der DE-OS 2 156 493 ist eine Drosselanordnung zum Beschalten von Thyristoren offenbart. Es geht hier vor allem darum, einen unzulässig hohen Einschaltstromstoss zu begrenzen, ohne dass dabei Schwingungen mit unzulässig hohen Strom- und Spannungspitzen entstehen. Es ist vorgesehen, dass die Drosselanordnung über einen relativ kurzen Zeitbereich wirksam ist und dann als magnetisch gesättigte Drossel, die im Lastkreis der Thyristoren liegt, für die restliche Einschaltdauer der Thyristoren unwirksam ist. Die Einstellung des jeweils gewünschten Stromverlaufes für die Strombegrenzung im Einschaltzeitpunkt der Thyristoren kann durch Variation der Windungszahlen, der Kernquerschnitte, der Qualität des Kernmaterials sowie durch unterschiedliche Luftspalte vorgenommen werden. Die Einstellungen erfolgen abgestimmt auf die Einschaltcharakteristiken und Anordnungen der eingesetzten Thyristoren. Konstruktiv sind die ersatzschaltbildmässig drei Teildrosselspulen zu einer Drosselanordnung integriert, die zugleich Transformatoreigenschaften besitzt, in der Weise, dass zwei Kernpakete zu einem Mantelkern zusammengesetzt sind, dessen Mittelschenkel von der im Thyristorhauptstromkreis liegenden, für

den vollen Laststrom ausgelegten Hauptwicklung umschlossen ist. Eine Hilfswicklung, die mit einem Widerstand abgeschlossen ist, ist auf einem Aussenschenkel von einem der Kernpakete vorhanden und mit der Hauptwicklung magnetisch gekoppelt.

In den Zeichnungen sind erfindungsgemässe Drosselspulen in verschiedenen beispielsweise Ausführungsarten prinzipiell dargestellt. Die einzelnen Ausführungsarten dienen zur Schaffung bestimmter Induktivitätskurven in Funktion des Stromes. Weiter sind die physikalischen Hintergründe ihrer Wirkungsweise anhand von verschiedenen Magnetisierungskurven und Induktivitätskurven veranschaulicht. In der nachfolgenden Beschreibung ist der grundsätzliche Aufbau und das Funktionsprinzip der erfindungsgemässen Drosselspule erläutert. Ferner werden die gezeigten Ausführungsarten beschrieben und deren Wirkungsweisen erklärt. Die erfindungsgemässe Drosselspule wird im folgenden Delta-Phi-Drossel genannt.

Es zeigt:

- Figur 1 den prinzipiellen Aufbau der Delta-Phi-Drossel in erweiterter Bauart, bestehend aus dem Teilkern 1 ohne Luftspalt, dem Teilkern 2 mit dem Luftspalt L2 und den Wicklungen A, B und C;
- Figur 2 den prinzipiellen Aufbau der Delta-Phi-Drossel in erweiterter Bauart, bestehend aus den Teilkernen 1, 2 und 4 mit den Luftspalten L1, L2 und L4 und den Wicklungen A, C und E;
- Figur 3 den prinzipiellen Aufbau der Delta-Phi-Drossel in erweiterter Bauart, bestehend aus den Teilkernen 1, 2 und 3 mit den Luftspalten L1, L2 und L3 und den Wicklungen A und B;
- Figur 4 den prinzipiellen Aufbau der Delta-Phi-Drossel in erweiterter Bauart, bestehend aus den Teilkernen 1, 2 und 4 mit den Luftspalten L1, L2 und L3 und den Wicklungen A, B, C und E;
- Figur 5 den prinzipiellen Aufbau der Delta-Phi-Drossel in erweiterter Bauart, bestehend aus den Teilkernen 1, 2, 3 und 4 den mit Luftspalten L1, L2, L3 und L4 und den Wicklungen A, B, C, D und E;
- Figur 6 den prinzipiellen Aufbau der Delta-Phi-Drossel in erweiterter Bauart, bestehend aus den Teilkernen 1, 2, 3 und 4 mit den Luftspalten L1, L2, L3 und L4 und den Wicklungen A, B, C, D und E;
- Figur 7 den prinzipiellen Aufbau der Delta-Phi-Drossel in erweiterter Bauart, bestehend aus den Teilkernen 1, 2, 3 und 4 mit den Luftspalten L1, L2, L3 und L4 und den Wicklungen A, B, C, D und E;
- Figur 8 die Magnetisierungskurven Induktion in Funktion der Feldstärke für zwei verschiedene Materialien;
- Figur 9 den Einfluss der Luftstrecken auf die Magnetisierungskurven Induktion in Funktion der Durchflutung:
- Kurve A: die Magnetisierungskurve für das Kernblech,
 Kurve B: die Magnetisierungskurve für eine kleine Luftstrecke,
 Kurve C: die Resultierende aus Kurve A und Kurve B,
 Kurve D: die Magnetisierungskurve für eine grosse Luftstrecke,
 Kurve E: die Resultierende aus Kurve A und Kurve D;
- Figur 10 einen, aus Teilkernen (1, 2, 3, ..., n-1, n) mit teilweise mit Luftspalten versehenen, aufgebauten Kern:
- Teilkern 1: ohne Luftspalt,
 Teilkern 2: mit einem kleinen Luftspalt,
 Teilkern 3: mit einem grösseren Luftspalt,
 Teilkern n-1: mit zwei Luftspalten,
 Teilkern n: mit vier Luftspalten;
- Figur 11 mögliche Luftspaltformen, dabei bedeuten:
- a) paralleler Luftspalt,
 b) Luftspalt keilförmig nach unten,
 c) Luftspalt keilförmig nach oben,
 d) Luftspalt symmetrisch keilförmig,
 e) Luftspalt trapezförmig nach unten,
 f) Luftspalt trapezförmig nach oben,
 g) Luftspalt symmetrisch trapezförmig;
- Figur 12 Magnetisierungskurven Induktion in Funktion der Durchflutung für zwei Teilkern 1 und 2:
 Kurve 1 Teilkern 1 ohne Luftspalt,
 Kurve 2 Teilkern 2 mit Luftspalt L2;
- Figur 13 Magnetisierungskurven Induktion in Funktion der Durchflutung für drei Teilkern 1, 2 und 3:
 Kurve 1 Teilkern 1 mit Luftspalt L1,
 Kurve 2 Teilkern 2 mit Luftspalt L2,
 Kurve 3/4 Teilkern 3 mit Luftspalt L3,
 oder
 Teilkern 4 mit Luftspalt L4;

Figur 14 Magnetisierungskurven Induktion in Funktion der Durchflutung für vier Teilkern 1, 2, 3 und 4:

- Kurve 1 Teilkern 1 mit Luftspalt L1,
- Kurve 2 Teilkern 2 mit Luftspalt L2,
- Kurve 3 Teilkern 3 mit Luftspalt L3,
- Kurve 4 Teilkern 4 mit Luftspalt L4;

Figur 15 Drosselspulencharakteristik Induktivität in Funktion des Stromes für eine Drosselspule mit 2 Teilkernen;

Figur 16 Drosselspulencharakteristik Induktivität in Funktion des Stromes für eine Drosselspule mit 3 Teilkernen;

Figur 17 Drosselspulencharakteristik Induktivität in Funktion des Stromes für eine Drosselspule mit 4 Teilkernen.

Bevor im einzelnen auf den prinzipiellen Aufbau und die Wirkungsweise der Delta-Phi-Drossel eingegangen wird, sei voraus geschickt, dass sie mindestens als reine Wechselstromdrosselspule und als gleichstromvormagnetisierte Drosselspule betrieben werden kann.

Der prinzipielle Aufbau der Delta-Phi-Drossel umfasst in ihrer einfachsten Ausführung mindestens zwei magnetisch getrennte Teilkern 1 und 2 mit unterschiedlichen magnetischen Charakteristika und mindestens einer Wicklung A, welche die die beiden Teilkern 1 und 2 gemeinsam umschlingt.

Je nach verlangter Charakteristik, Induktivität in Funktion des Stromes, der Delta-Phi-Drossel, ist diese mit weiteren zusätzlichen Teilkernen 3, ..., n und/oder mit weiteren zusätzlichen Wicklungen A1, ..., An; B; B1, ..., Bn; C; C1, ..., Cn; D; D1, ..., Dn; E; E1, ..., En auszurüsten.

Bei der Anwendung mehrerer Wicklungen, sind die einzelnen Wicklungen additiv oder subtraktiv in Serie zu Wicklungszweigen zu schalten, wobei, unter der Einhaltung gewisser Bedingungen, auch die Parallelschaltung und/oder die kombinierte Schaltung einzelner Wicklungen und/oder Wicklungszweige möglich ist.

Additive Serieschaltung zweier Wicklungen heisst, dass sich die, durch die stromdurchflossenen Wicklungen, erzeugten magnetischen Induktionen addieren.

Subtraktive Serieschaltung zweier Wicklungen heisst, dass sich die, durch die stromdurchflossenen Wicklungen, erzeugten magnetischen Induktionen subtrahieren.

Werden zwei Teilkern 1 und 2 mit unterschiedlichen magnetischen Charakteristika von einer vom Strom I durchflossenen Wicklung A mit der Windungszahl w gemeinsam umschlungen, so erfahren beiden Kerne die gleiche Durchflutung $I \times w$. Dadurch, dass die beiden Teilkern 1 und 2 unterschiedliche magnetische Charakteristika, Induktion in Funktion der Durchflutung, aufweisen, werden in den beiden Teilkernen 1 und 2 entsprechende unterschiedliche Induktionen B1 und B2 erzeugt. Die beiden Teilkern 1 und 2 weisen auch, entsprechende der Drosselspulenleistung, bestimmte effektive Kernquerschnitte A1 und A2 auf. Die in der Wicklung A induzierte Spannung ist somit:

$$U = 4,44 \times f \times w \times (A1 \times B1 + A2 \times B2) \times 0,0001$$

dabei ist:

- U = die Drosselspulenspannung in Volt
- f = die Frequenz in Hertz
- w = die Windungszahl der Wicklung A
- A1 = der effektive Kernquerschnitt des Teilkernes 1 in cm²
- A2 = der effektive Kernquerschnitt des Teilkernes 2 in cm²
- B1 = Induktion im Teilkern 1 in Tesla
- B2 = Induktion im Teilkern 2 in Tesla

Die Impedanz der Drosselspule beim entsprechenden Strom ist somit:

$$Z = U/I = R + j\omega L$$

dabei ist:

- Z = Impedanz der Drosselspule in Ohm
- U = die Drosselspulenspannung in Volt
- I = der Drosselspulenstrom in Ampere
- R = ohmscher Widerstand der Wicklung A in Ohm
- j = die imaginäre Einheit der komplexen Schreibweise der Impedanz
- ω = die Kreisfrequenz $2 \times \pi \times f$
- L = die Induktivität der Drosselspule in Henry
- f = die Frequenz in Hertz

Die Reaktanz der Drosselspule beim entsprechenden Strom ist somit:

$$X = \omega L = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

Die Induktivität der Drosselspule beim entsprechenden Strom ist somit:

$$L = X/\omega = X/(2 \times \pi \times f)$$

Der Verlauf der Induktivität in Funktion des Stromes lässt sich auf diese über den ganzen Strombereich bestimmen. Nach diesem System lassen sich alle beliebigen Induktivitätsverhalten der Drosselspule bestimmen.

5 In Figur 1 ist eine erste Ausführung einer erfindungsgemässen Delta-Phi-Drossel prinzipiell dargestellt. Die Delta-Phi-Drossel weist zwei Teilkern mit unterschiedlichen magnetischen Gesamtwirkungseigenschaften auf, wobei der Teilkern 1 keinen Luftspalt aufweist und der Teilkern 2 mit einem Luftspalt L2 ausgerüstet ist. Die Wicklung A umschlingt beide Teilkern gemeinsam. Die Wicklung B umschlingt nur den Teilkern 1 und die Wicklung C umschlingt nur den Teilkern 2. Durch die entsprechende Schaltung, additive und/oder subtraktive Serieschaltung, und der Wahl der Windungszahlen der Wicklungen kann das magnetische Verhalten der beiden Teilkern und somit auch das Induktivitätsverhalten der Delta-Phi-Drossel stark beeinflusst werden.

10 Figur 2 zeigt prinzipiell dargestellt eine zweite erfindungsgemässe Delta-Phi-Drossel in erweiterter Ausführung mit drei Teilkern 1, 2 und 4 mit unterschiedlichen magnetischen Gesamtwirkungseigenschaften, wobei alle Teilkern mit unterschiedlichen Luftspalten L1, L2 und L4 ausgerüstet sind. Die Wicklung A umschlingt alle drei Teilkern gemeinsam. Die Wicklung C umschlingt nur den Teilkern 2 und die Wicklung E umschlingt nur den Teilkern 4. Durch die entsprechende Schaltung, additive und/oder subtraktive Serieschaltung, der Wahl der Windungszahlen, der Wicklungen kann das magnetische Verhalten der Teilkern und das Induktivitätsverhalten der Delta-Phi-Drossel stark beeinflusst werden.

15 Figur 3 zeigt prinzipiell dargestellt eine dritte erfindungsgemässe Delta-Phi-Drossel in erweiterter Ausführung mit drei Teilkern 1, 2 und 3 mit unterschiedlichen magnetischen Gesamtwirkungseigenschaften, wobei alle Teilkern mit unterschiedlichen Luftspalten L1, L2 und L3 ausgerüstet sind. Die Wicklung A umschlingt die Teilkern 1 und 2 und die Wicklung B umschlingt die Teilkern 1 und 3. Durch die entsprechende Schaltung, additive oder subtraktive Serieschaltung oder Parallelschaltung, der Wahl der Windungszahlen, der Wicklungen kann das magnetische Verhalten der Teilkern und somit das Induktivitätsverhalten der Delta-Phi-Drossel stark beeinflusst werden.

20 In Figur 4 ist eine vierte erfindungsgemässe Delta-Phi-Drossel in erweiterter Ausführung prinzipiell dargestellt. Die Delta-Phi-Drossel weist drei Teilkern 1, 2 und 4 mit unterschiedlichen magnetischen Gesamtwirkungseigenschaften auf, wobei alle Teilkern mit unterschiedlichen Luftspalten L1, L2 und L4 ausgerüstet sind.

30 Die Wicklung A umschlingt die Teilkern 1 und 2, die Wicklung B umschlingt den Teilkern 1, die Wicklung C umschlingt die Teilkern 2 und 4 und die Wicklung E umschlingt den Teilkern 4. Durch die entsprechende Schaltung, additive oder subtraktive Serieschaltung, Parallelschaltung oder kombinierte Schaltung, der Wahl der Windungszahlen, der Wicklungen kann das magnetische Verhalten der Teilkern und somit auch das Induktivitätsverhalten der Delta-Phi-Drossel stark beeinflusst werden.

35 Figur 5 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer fünften erfindungsgemässen Delta-Phi-Drossel mit vier Teilkern 1, 2, 3 und 4 mit unterschiedlichen magnetischen Gesamtwirkungseigenschaften, wobei alle Teilkern mit unterschiedlichen Luftspalten L1, L2, L3 und L4 ausgerüstet sind, und mit fünf Wicklungen A, B, C, D und E. Die Wicklung A umschlingt die Teilkern 1, 2, 3 und 4, die Wicklung B umschlingt den Teilkern 1, die Wicklung C umschlingt den Teilkern 2, die Wicklung D umschlingt den Teilkern 3 und die Wicklung E umschlingt den Teilkern 4. Durch entsprechende Schaltung, additive und/oder subtraktive Serieschaltung, Parallelschaltung oder kombinierte Schaltung, der Wahl der Windungszahl, der Wicklungen kann das magnetische Verhalten der Teilkern und das Induktivitätsverhalten der Delta-Phi-Drossel stark beeinflusst werden.

40 Figur 6 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer sechsten erfindungsgemässen Delta-Phi-Drossel in erweiterter Ausführung mit vier Teilkern 1, 2, 3 und 4 mit unterschiedlichen magnetischen Gesamtwirkungseigenschaften, wobei alle Teilkern mit unterschiedlichen Luftspalten L1, L2, L3 und L4 ausgerüstet sind, und mit fünf Wicklungen A, B, C, D und E. Die Wicklung A umschlingt die Teilkern 1 und 2, die Wicklung B umschlingt die Teilkern 1 und 3, die Wicklung C umschlingt die Teilkern 2 und 4, die Wicklung D umschlingt den Teilkern 3 und die Wicklung E umschlingt den Teilkern 4. Durch entsprechende Schaltung, additive und/oder subtraktive Serieschaltung, Parallelschaltung oder kombinierte Schaltung, der Wahl der Windungszahlen, der Wicklungen kann das magnetische Verhalten der Teilkern und das Induktivitätsverhalten der Delta-Phi-Drossel stark beeinflusst werden.

50 Figur 7 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer siebenten erfindungsgemässen Delta-Phi-Drossel in erweiterter Ausführung mit vier Teilkern 1, 2, 3 und 4 mit unterschiedlichen magnetischen Gesamtwirkungseigenschaften, wobei alle Teilkern mit unterschiedlichen Luftspalten L1, L2, L3 und L4 ausgerüstet sind, und mit fünf Wicklungen A, B, C, D und E. Die Wicklung A umschlingt die Teilkern 1, 2 und 3, die Wicklung B umschlingt den Teilkern 1, die Wicklung C umschlingt die Teilkern 2 und 4, die Wicklung D umschlingt den Teilkern 3 und die Wicklung E umschlingt den Teilkern 4. Durch entsprechende Schaltung, additive und/oder subtraktive Serieschaltung, Parallelschaltung und/oder kombinierte Schaltung, der Wahl der Windungszahlen, der

Wicklungen kann das magnetische Verhalten der Teilkerns und das Induktivitätsverhalten der Delta-Phi-Drossel stark beeinflusst werden.

Figur 10 zeigt einen in Teilkerns, mit unterschiedlichen magnetischen Gesamtwirkungseigenschaften, aufgeteilten Kern. Die unterschiedlichen magnetischen Gesamtwirkungseigenschaften werden dadurch erreicht, dass der Teilkern 1 keine Luftspaltstrecke und die übrigen Teilkerns unterschiedliche Luftspaltstrecken aufweisen. Die unterschiedlichen magnetischen Gesamtwirkungseigenschaften können zudem und/oder zusätzlich auch dadurch erreicht werden, dass Materialien mit unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften, Induktion in Funktion der Feldstärke, wie sie in Figur 8 dargestellt sind, verwendet werden. Die anwendbaren Luftspaltstrecken sind in Figur 11 dargestellt. Der Einfluss der Luftspaltstrecke(n) auf die magnetischen Eigenschaften eines Kernes oder eines Teilkernes, Induktion in Funktion der Durchflutung, ist in Figur 9 dargestellt. In den Zonen der Luftspaltstrecken streuen die magnetischen Feldlinien aus. Damit die Teilkerns sich nicht magnetisch gegenseitig beeinflussen, sind die einzelnen Teilkerns um mindestens die Distanz, welche der grössten benachbarten Luftspaltstrecke entspricht, zu distanzieren.

Figur 12 zeigt die Magnetisierungskurven, Induktion in Funktion der Durchflutung, einer erfindungsgemässen Delta-Phi-Drossel mit zwei Teilkerns 1 und 2 mit unterschiedlichen magnetischen Gesamtwirkungseigenschaften, wobei der Teilkern 1 keinen Luftspalt und der Teilkern 2 einen Luftspalt aufweist.

Figur 13 zeigt die Magnetisierungskurven, Induktion in Funktion der Durchflutung, einer erfindungsgemässen Delta-Phi-Drossel mit drei Teilkerns 1, 2 und 3 respektive 4 mit unterschiedlichen magnetischen Gesamtwirkungseigenschaften, wobei der Teilkern 1 einen kleinen Luftspalt, der Teilkern 2 einen grösseren Luftspalt und der Teilkern 3 respektive Teilkern 4 einen noch grösseren Luftspalt aufweist.

Figur 14 zeigt die Magnetisierungskurven, Induktion in Funktion der Durchflutung, einer erfindungsgemässen Delta-Phi-Drossel mit vier Teilkerns 1, 2, 3 und 4 mit unterschiedlichen magnetischen Gesamtwirkungseigenschaften, wobei der Teilkern 1 einen kleinen Luftspalt, der Teilkern 2 einen etwas grösseren Luftspalt, der Teilkern 3 einen noch grösseren und der Teilkern 4 einen grossen Luftspalt aufweist.

Figur 15 zeigt die Induktivitätskurve, Induktivität in Funktion des Stromes, einer erfindungsgemässen Delta-Phi-Drossel mit zwei Teilkerns.

Figur 16 zeigt die Induktivitätskurve, Induktivität in Funktion des Stromes einer erfindungsgemässen Delta-Phi-Drossel mit drei Teilkerns.

Figur 17 zeigt die Induktivitätskurve, Induktivität in Funktion des Stromes, einer erfindungsgemässen Delta-Phi-Drossel mit vier Teilkerns.

Das treppenförmige Induktivitätsverhalten, wie sie die Figuren 15, 16 und 17 darstellen, kommen dadurch zustande, dass die Teilkerns magnetisch so ausgelegt sind, dass zuerst der Teilkern 1 bei einem bestimmten Strom den magnetischen Sättigungspunkt erreicht, und die Induktionen der übrigen Teilkerns 2, 3 und 4 bei diesem bestimmten Strom sich noch im magnetisch ungesättigten Bereich befinden. Bei einem weiteren Anstieg des Stromes erreicht der Teilkern 2 bei einem weiteren bestimmten Strom den magnetischen Sättigungspunkt und die Induktionen der Teilkerns 3 und 4 sich immernoch im magnetisch ungesättigten Bereich befinden. Dieser Zustand, durch einen weiteren Stromanstieg, wird bis zur magnetischen Sättigung aller Teilkerns durchgeführt.

Entsprechend der magnetischen Auslegung der Teilkerns, der Wahl der Windungszahlen und der Wahl der Schaltungen der Wicklungen können alle beliebigen Induktivitätsverhalten, Induktivität in Funktion des Stromes, erreicht werden.

Patentansprüche

45

1. Drosselspule, insbesondere für den Einsatz in Traktionsfahrzeugen, mit einem Kern, der mindestens zwei voneinander distanzierte Teilkerns (1, 2, 3, ..., n) mit je einer unterschiedlichen Magnetisierungskennlinie ($B=f(H)$) aufweist, wobei höchstens einer der Teilkerns luftspaltfrei ist und alle übrigen Teilkerns wenigstens einen Luftspalt (L_1, L_2, L_3, \dots) enthalten, durch den die Magnetisierungskennlinie des entsprechenden Teilkernes im wesentlichen bestimmt ist, sowie mit mindestens einer ersten Wicklung (A), die wenigstens zwei der Teilkerns umschlingt, wobei die Magnetisierungskennlinien der einzelnen Teilkerns derart aufeinander abgestimmt sind, dass die Induktivität der Drosselspule mit zunehmendem Strom im wesentlichen treppenförmig bis zur Sättigung aller Teilkerns abnimmt, und dadurch, dass ein Teilkern nach dem anderen in die magnetische Sättigung gelangt, die Anzahl Stufen der Treppe der Anzahl der Teilkerns entspricht, und wobei mindestens eine weitere Wicklung (B, C, D, ...) vorhanden ist, die wenigstens einen der Teilkerns (1, 2, 3, ..., n) umschlingt, dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklungen elektrisch miteinander in Serie und/oder parallel geschaltet sind.

55

2. Drosselspule nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Teilkerne (1, 2, 3, ..., n) um mindestens die Distanz, welche dem grössten Luftspalt von einander benachbarten Teilkernen entspricht, voneinander beabstandet sind.

5

Claims

1. Choke coil, especially for use in traction vehicles, with a core which has at least two part cores (1, 2, 3, ..., n) spaced apart each with a different magnetic characteristic curve ($B=f(H)$), at most one of the part cores being without air gap and all other part cores having at least one air gap (L1, L2, L3, ...), by which air gap the magnetic characteristic curve of the respective part core is essentially determined, as well as at least a first coil (A), which encloses at least two of the part cores, the magnetic characteristic curves of the individual part cores being harmonized in such a way that the inductivity of the choke coil decreases with increasing current essentially stair-like up to the saturation of all the part cores, and thereby that one part core after the other reaches magnetic saturation, the number of stairs of the stairway corresponding to the number of part cores, and there being at least one further coil (B, C, D, ...), which encloses at least one of the part cores (1, 2, 3, ..., n), characterized in that the coils are electrically connected together in series and/or in parallel.
2. Choke coil according to claim 1, characterized in that the individual part cores (1, 2, 3, ..., n) are spaced apart from one another by at least the distance corresponding to the largest air gap of part cores adjacent to one another.

Revendications

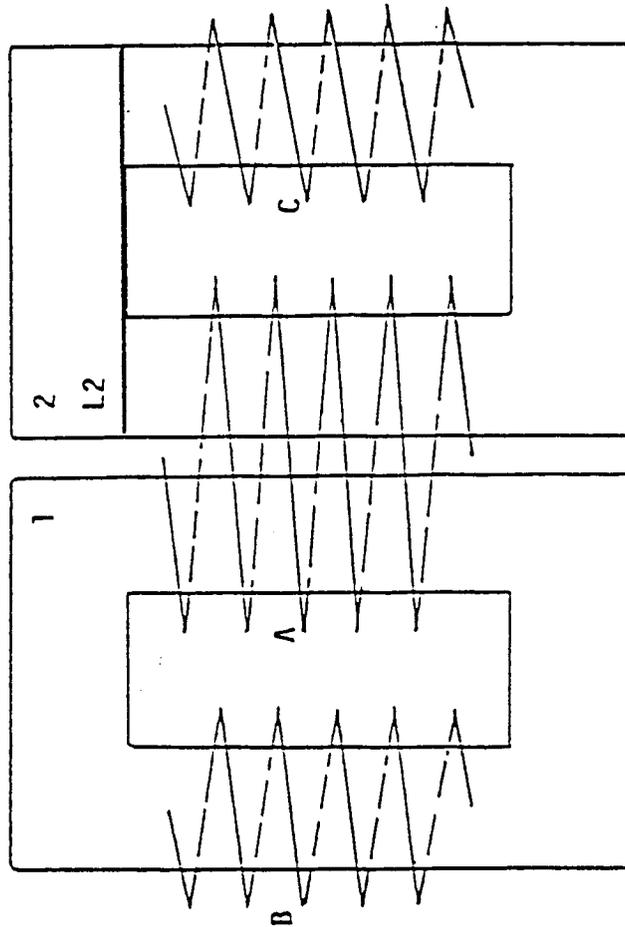
1. Bobine de self en particulier destinée à être utilisée dans les véhicules de traction comportant un noyau qui présente au minimum deux noyaux partiels écartés l'un de l'autre (1, 2, 3, ..., n) avec chacun une caractéristique de magnétisation différente ($B=f(H)$), au maximum un des noyaux partiels étant sans entrefer et tous les autres noyaux partiels contenant au minimum un entrefer (L1, L2, L3, ...), pour l'essentiel déterminée par la caractéristique de magnétisation du noyau partiel correspondant de même qu'au minimum un premier enroulement (A) qui entoure au minimum deux des noyaux partiels, les caractéristiques de magnétisation des deux noyaux partiels séparés étant déterminées l'une par rapport à l'autre de manière que l'inductance de la bobine de self décroisse avec un courant croissant pour l'essentiel en forme d'escalier jusqu'à la saturation de tous les noyaux partiels et par le fait qu'un noyau partiel parvienne l'un après l'autre à la saturation magnétique, le nombre de gradins de l'escalier correspondant au nombre des noyaux partiels et où existe au minimum un autre enroulement (B, C, D, ...) qui entoure au minimum un des noyaux partiels (1, 2, 3, ..., n), caractérisée en ce que les enroulements sont branchés électriquement en série et/ou en parallèle entre eux.
2. Bobine de self selon la revendication 1 caractérisée en ce que les différents noyaux partiels (1, 2, 3, ..., n) sont écartés les uns des autres au minimum de la distance qui correspond au plus grand entrefer des noyaux partiels contigus.

45

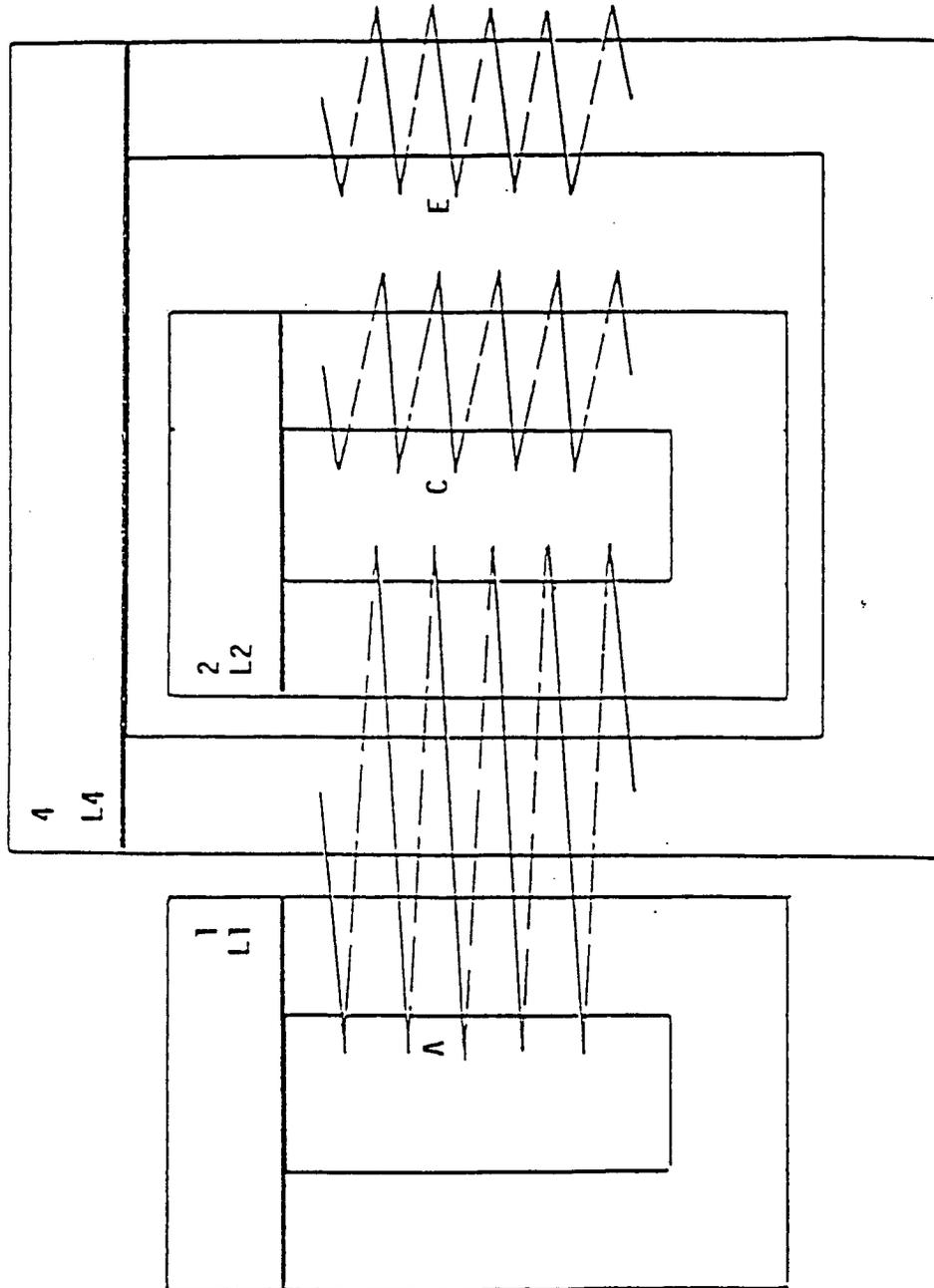
50

55

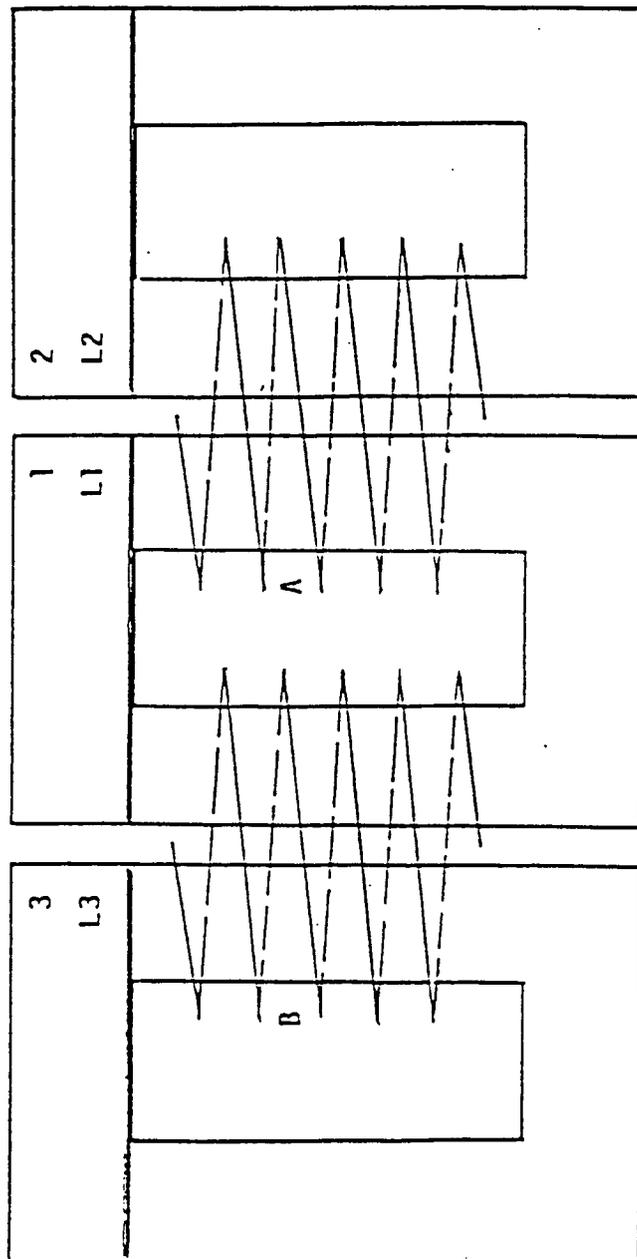
Figur 1



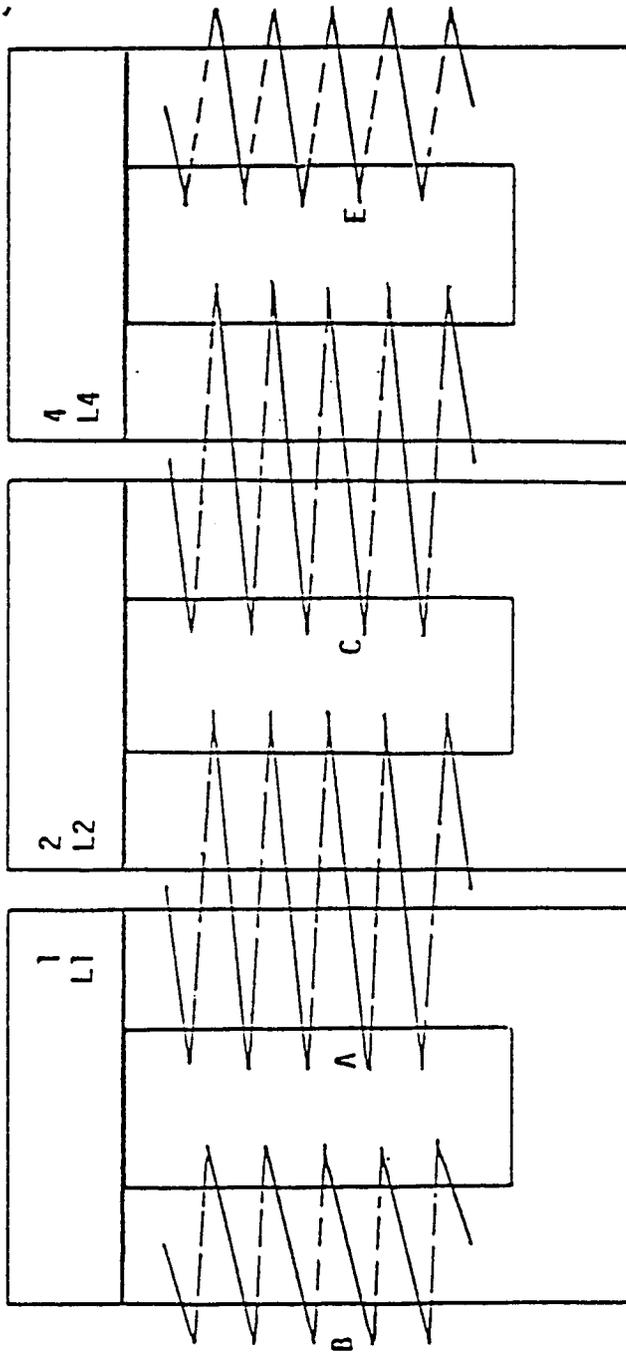
Figur 2



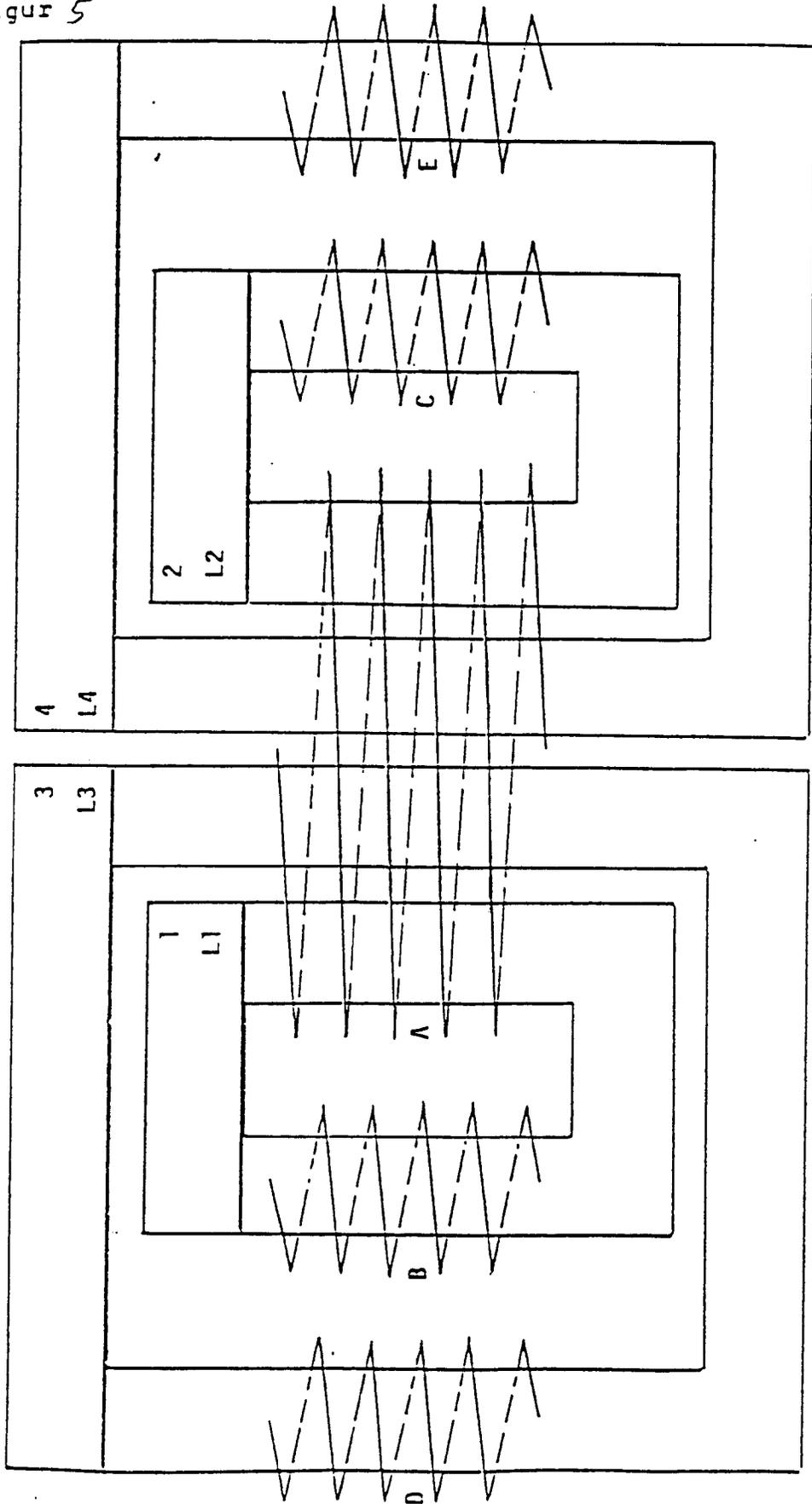
Figur 3



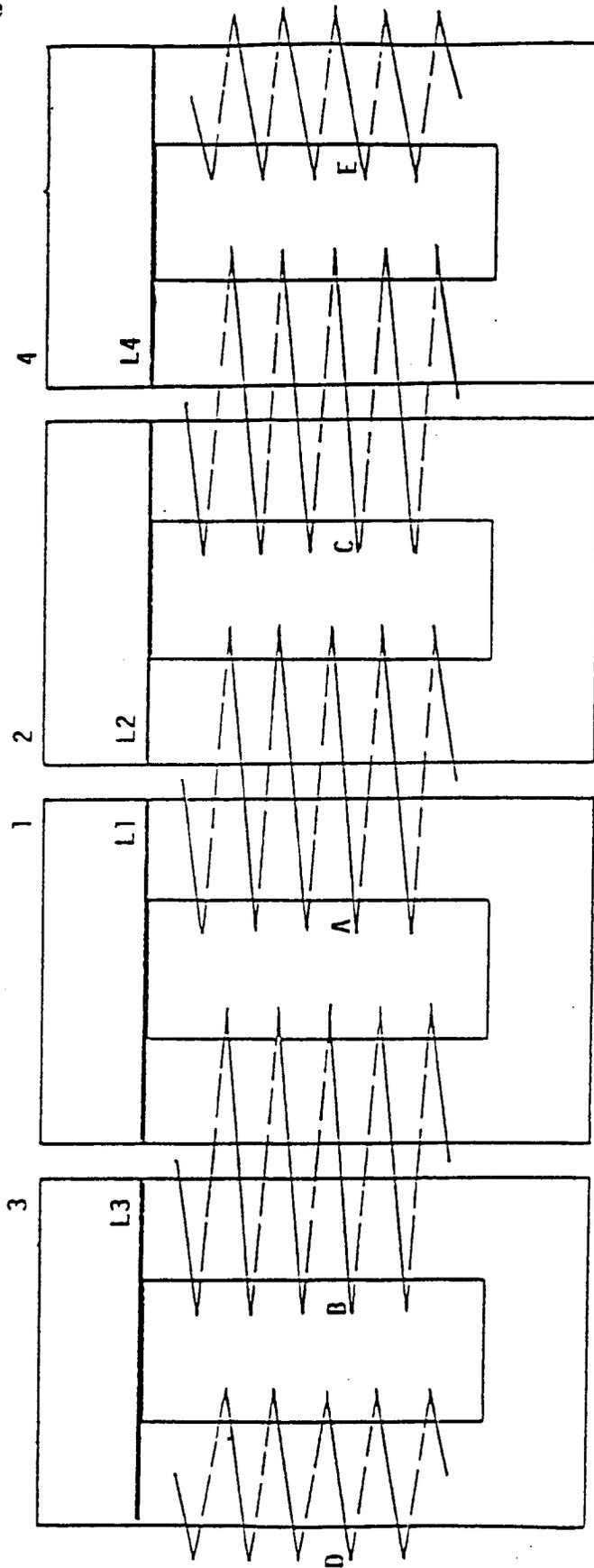
Figur 4



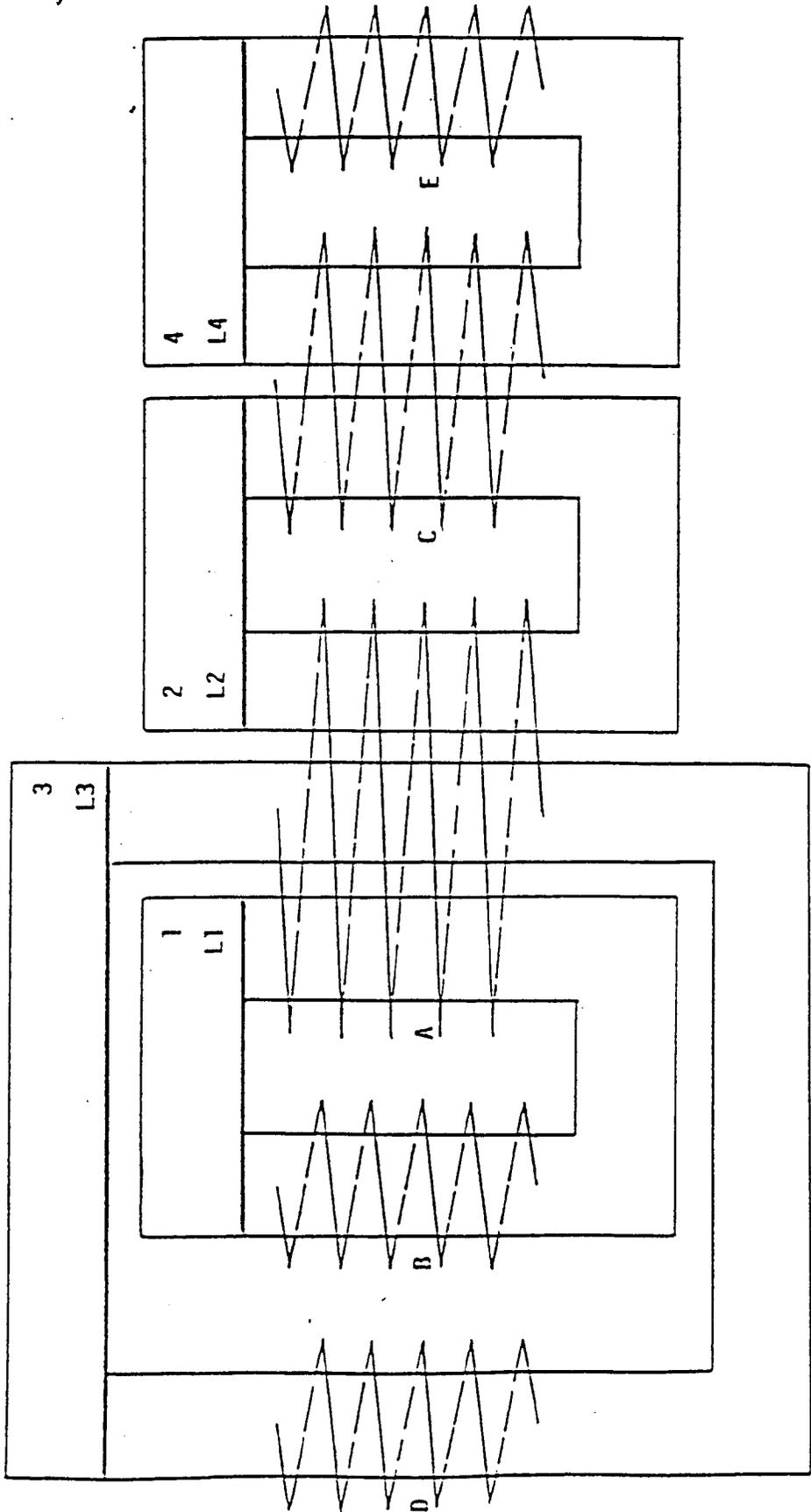
Figur 5



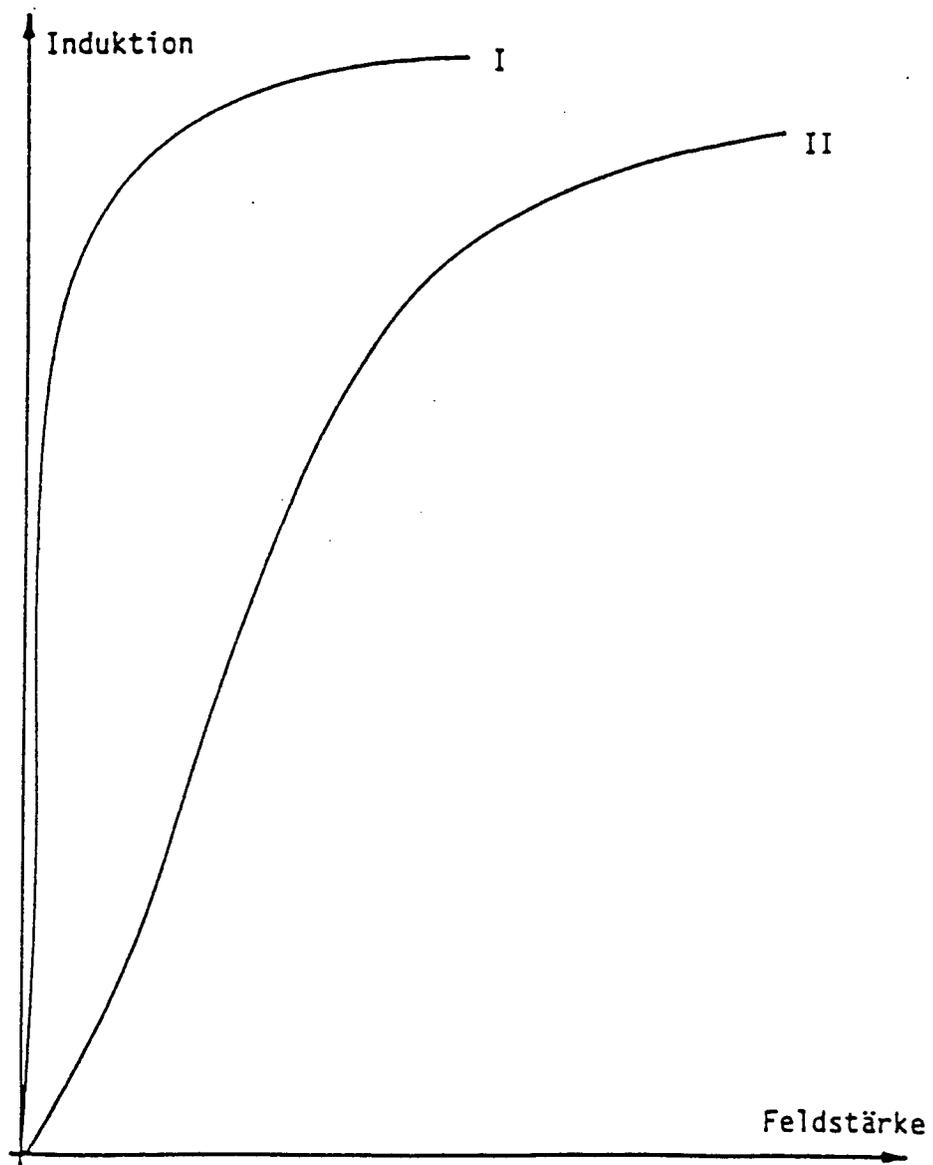
Figur 6



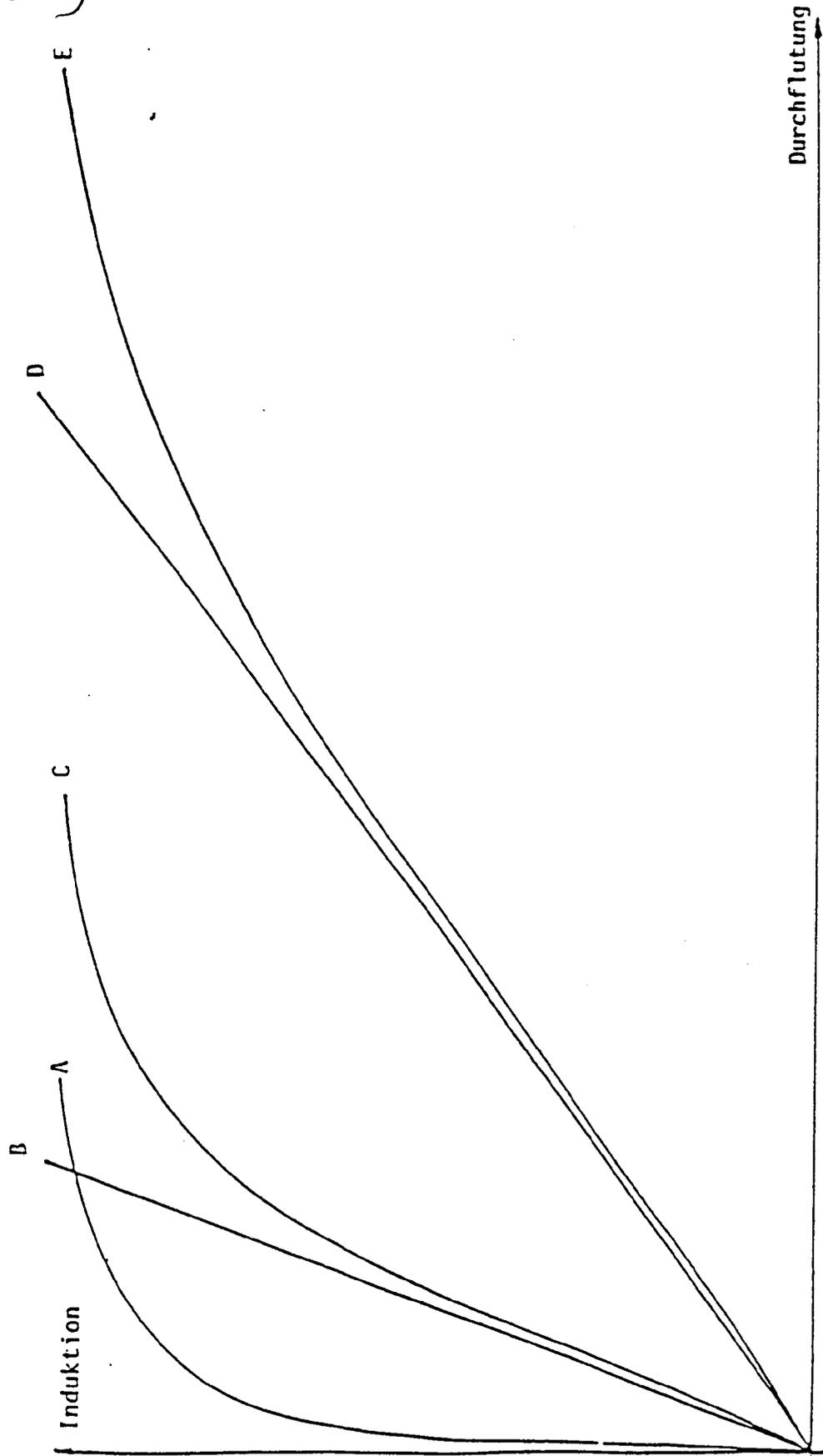
Figur 7



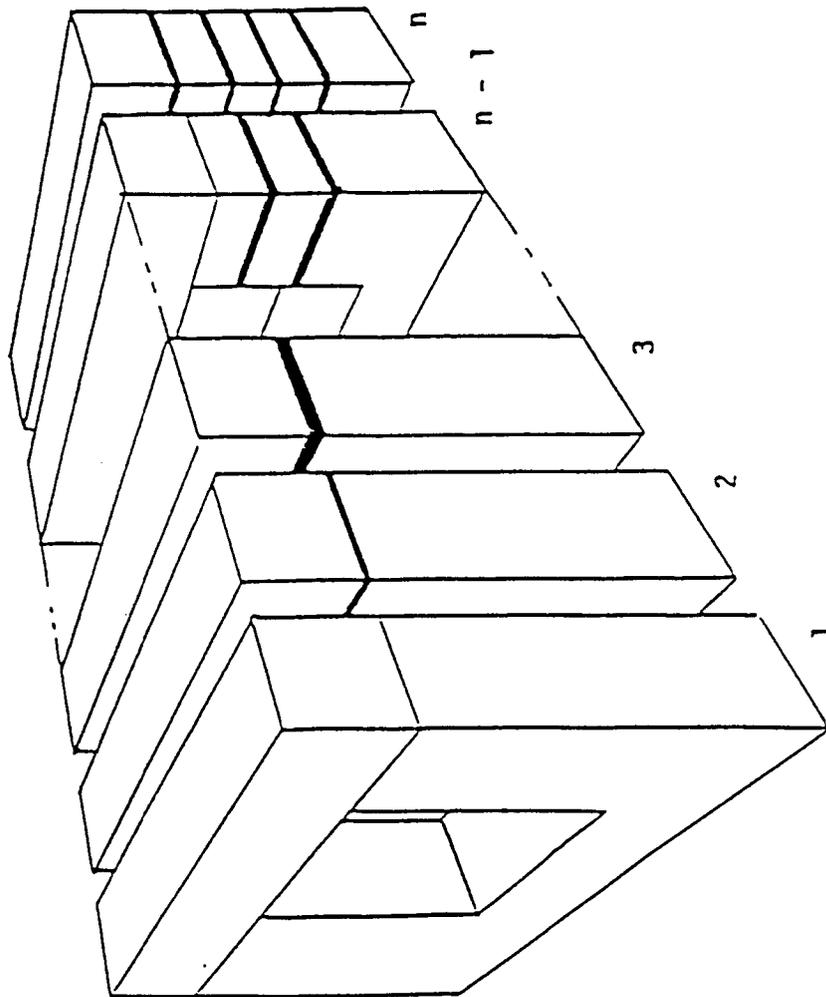
Figur 8



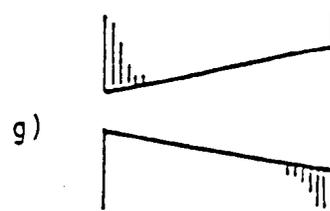
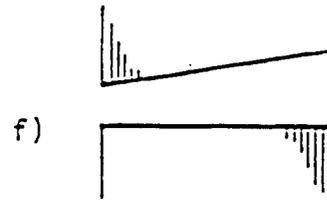
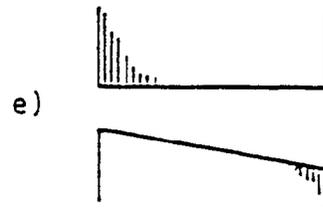
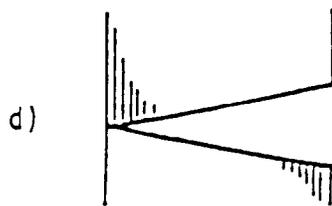
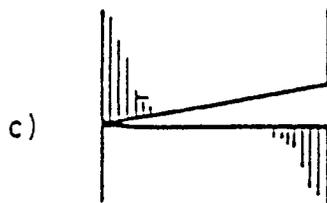
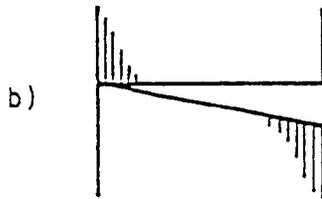
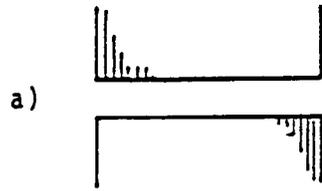
Figur 9



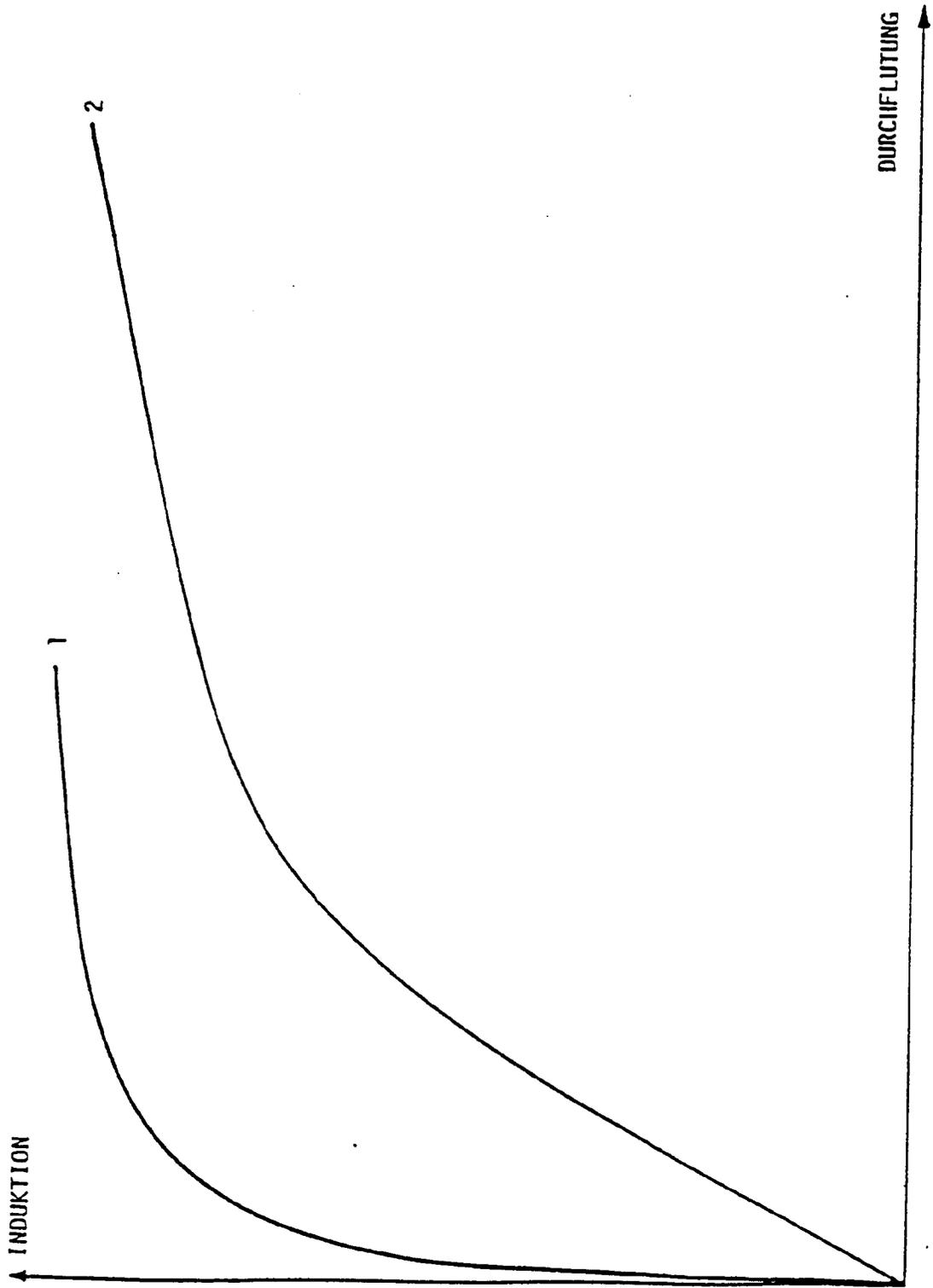
Figur 10



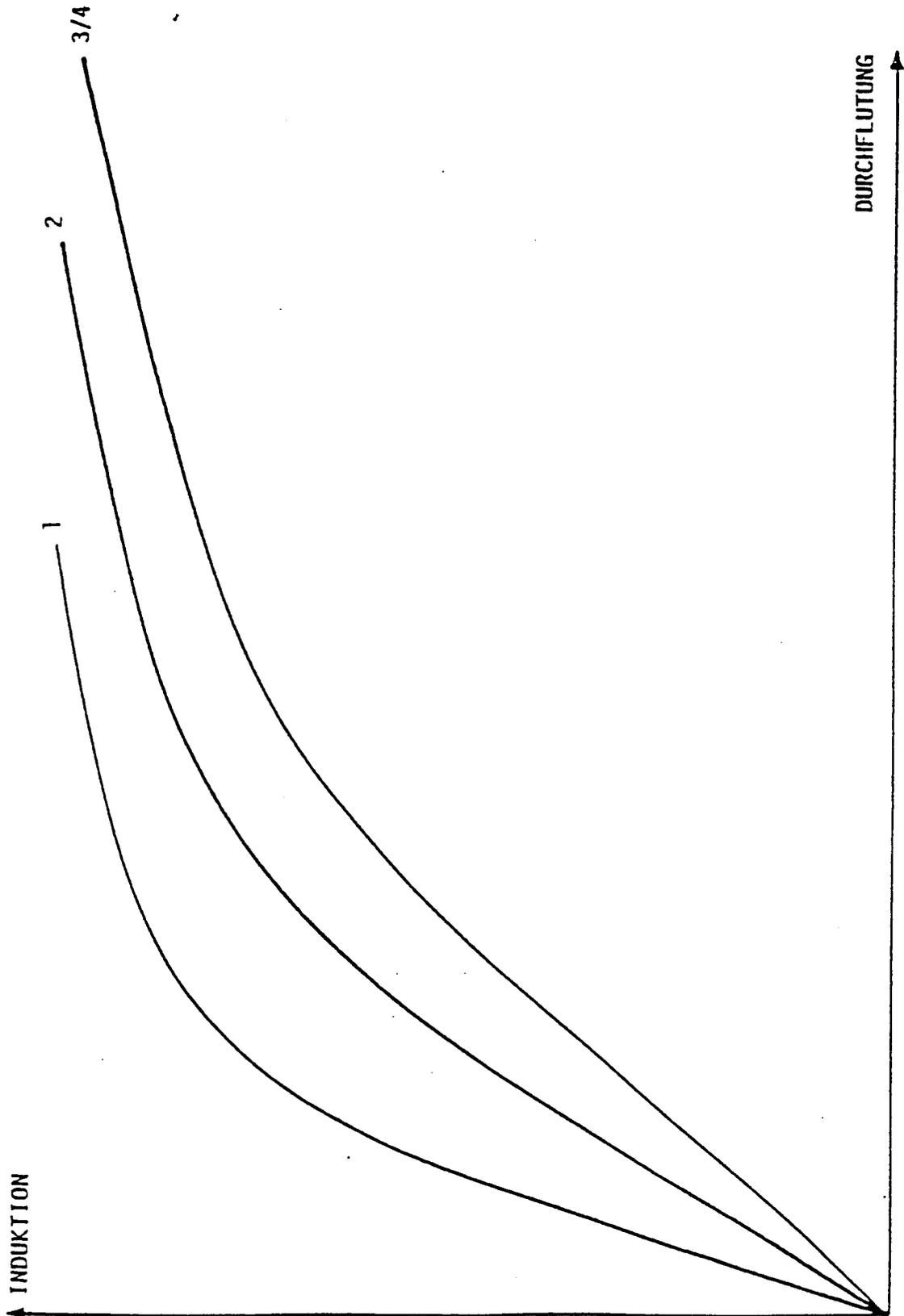
Figur 1.



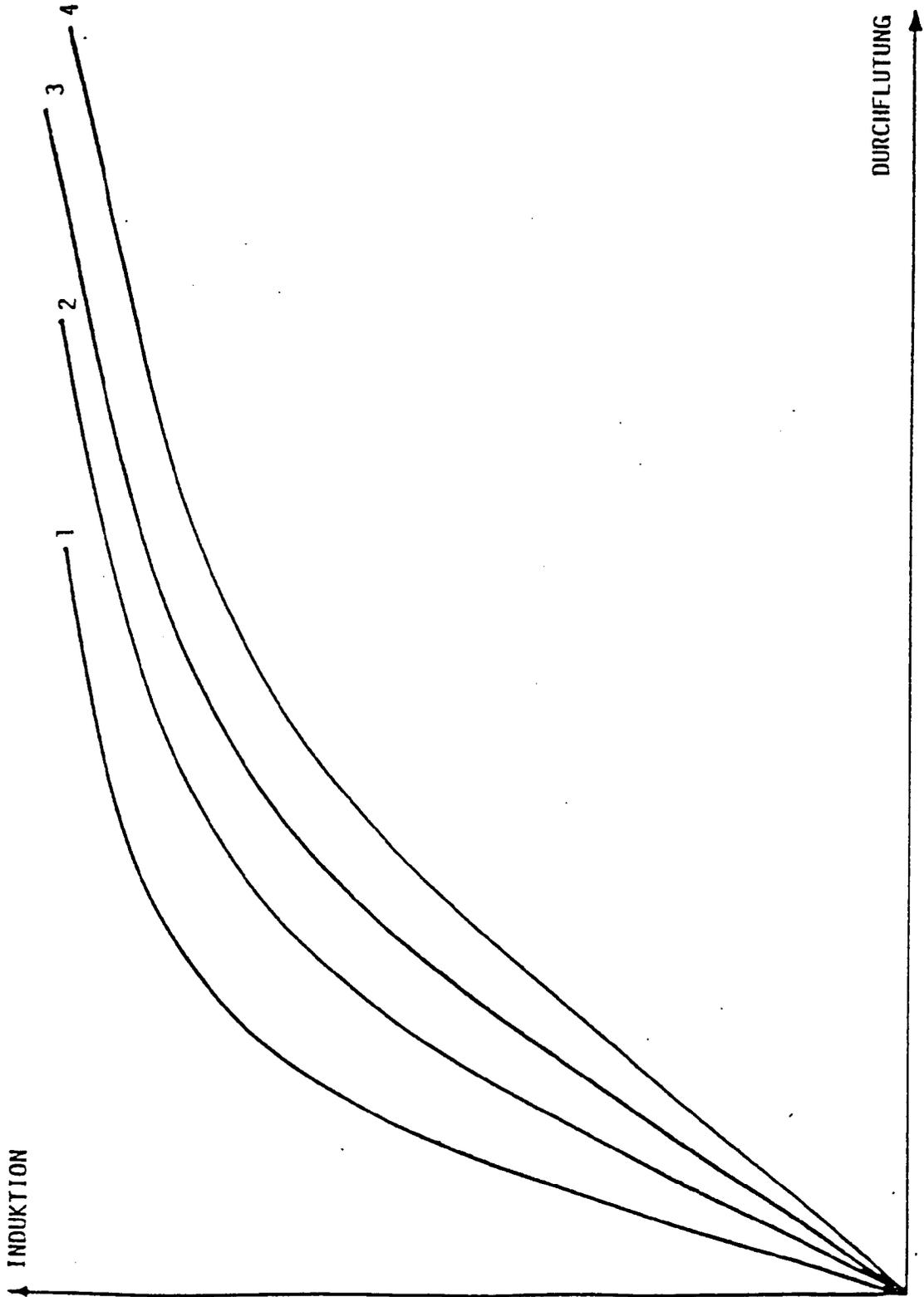
Figur 12



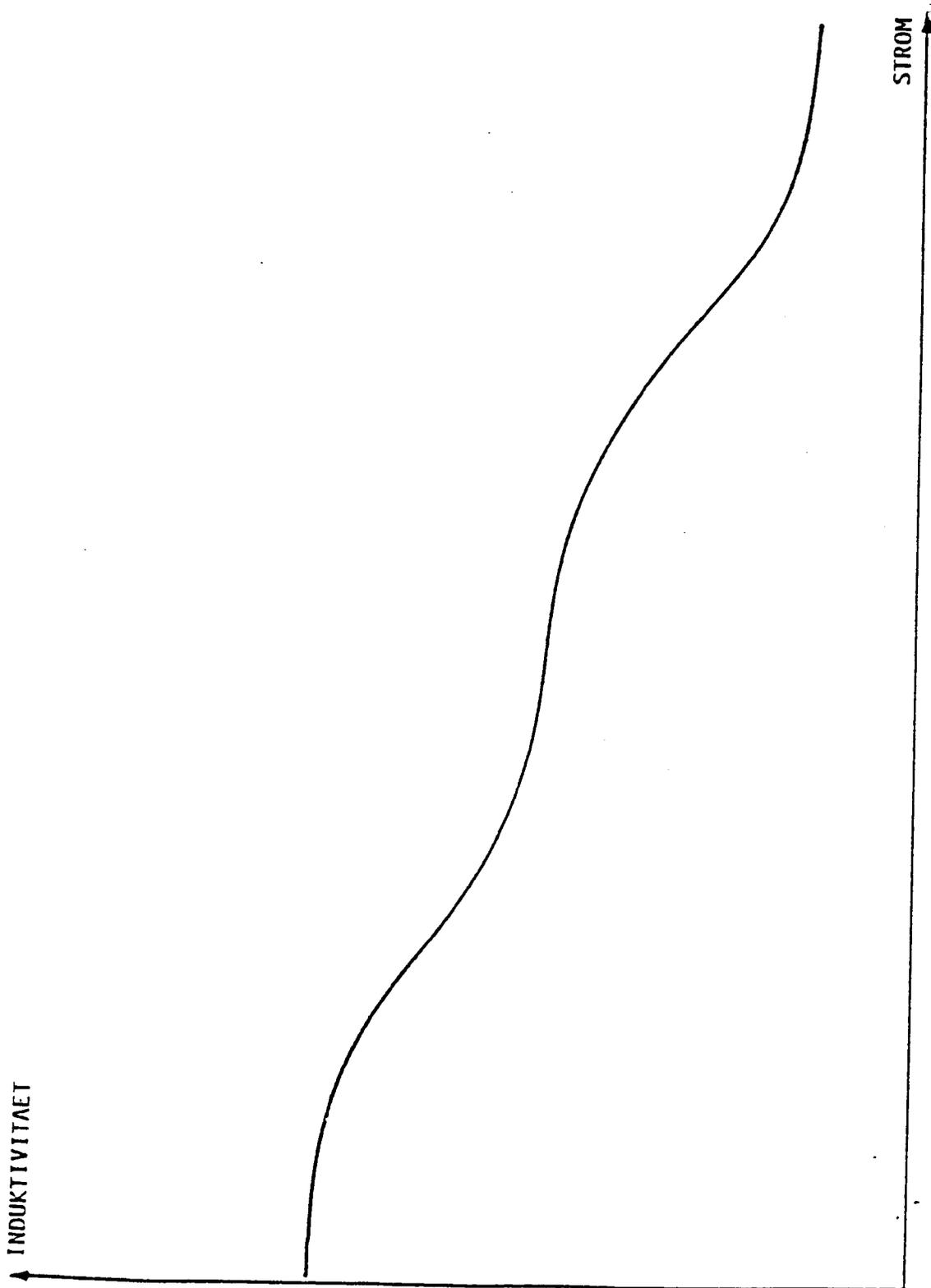
Figur 13



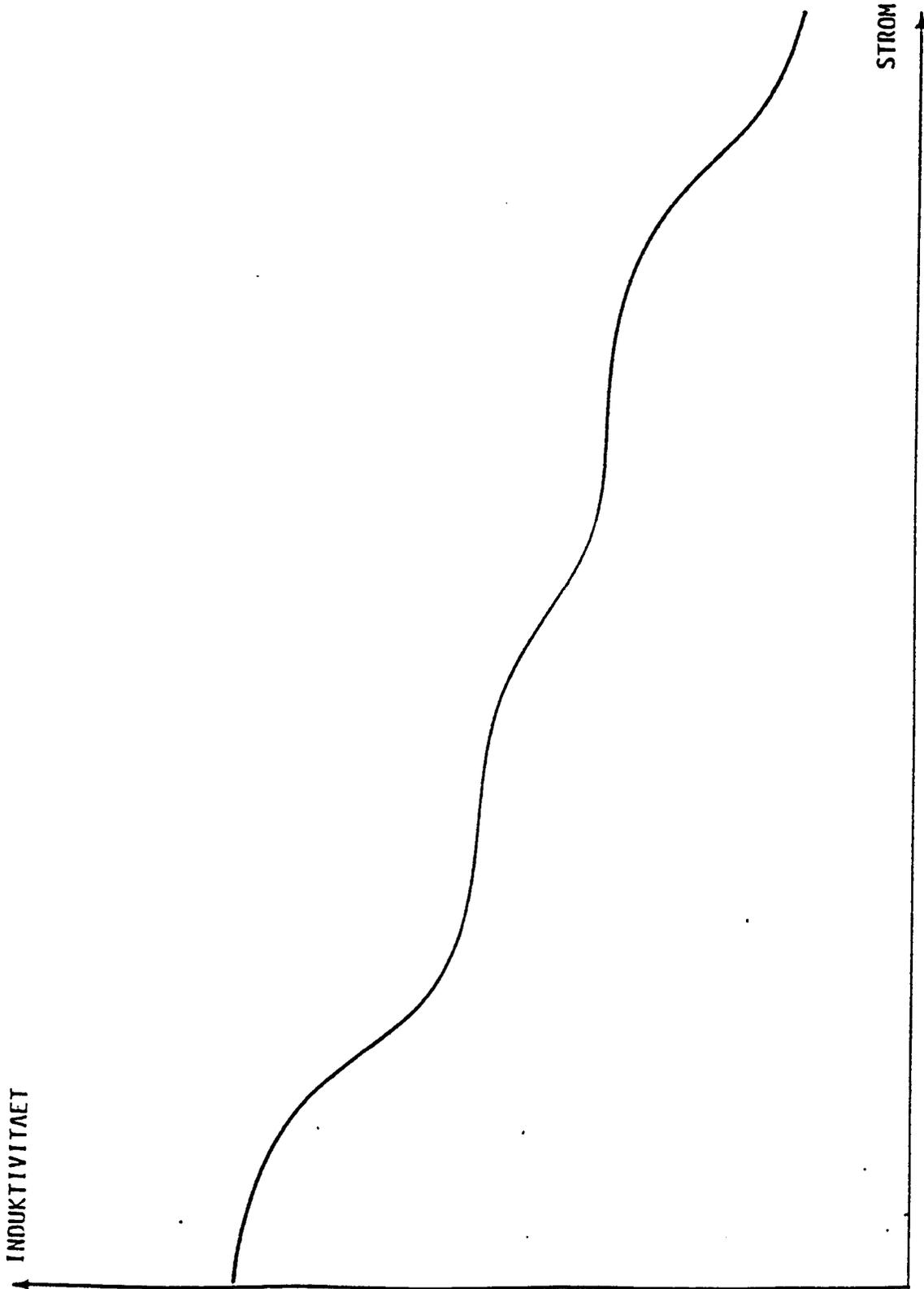
Figur 14



Figur 15



Figur 16



Figur 17

