



Schaltbare Magnetsysteme zur Blechstapelung

Diese Magnetsysteme, bestehend aus Permanentmagneten und einer Spule, dienen insbesondere zum hängenden Transport von ferromagnetischen Blechen. Besonders wirtschaftlich lassen sich diese Systeme überall dort einsetzen, wo der Zustand „Magnetisch haftend“ mindestens 50% ausmacht. Somit ist sichergestellt, daß die Einschaltdauer der Spule nicht über 50% liegt. Für den Einsatzfall in Stapelanlagen ist diese Bedingung immer gegeben. Die Optimierung dieser Systeme erfolgt im Hinblick auf hohe Haftkräfte, eine mittlere Tiefenwirkung und einen geringen Kompensationsstrom. Diese Komponenten bewirken eine elektrische Zeitkonstante der Systeme von ca. 50ms bis 120ms. Sie ist deutlich geringer als bei reinen Elektromagneten. Bei der heute üblichen Stapelgeschwindigkeit ist es erforderlich, die Magnetsysteme mit einer Ansteuerlektronik zu versehen, die eine Schalthäufigkeit bis zu 200 Schaltungen pro Minute und mehr zuläßt. Eine dermaßen hohe Schalthäufigkeit läßt sich jedoch nur realisieren, wenn das abfallende Blech eine zusätzliche Kraft erfährt, so daß der Abwurfvorgang beschleunigt wird, wie es bei Schindelanlagen der Fall ist.

1. Das Verdrängungssystem (monostabil)

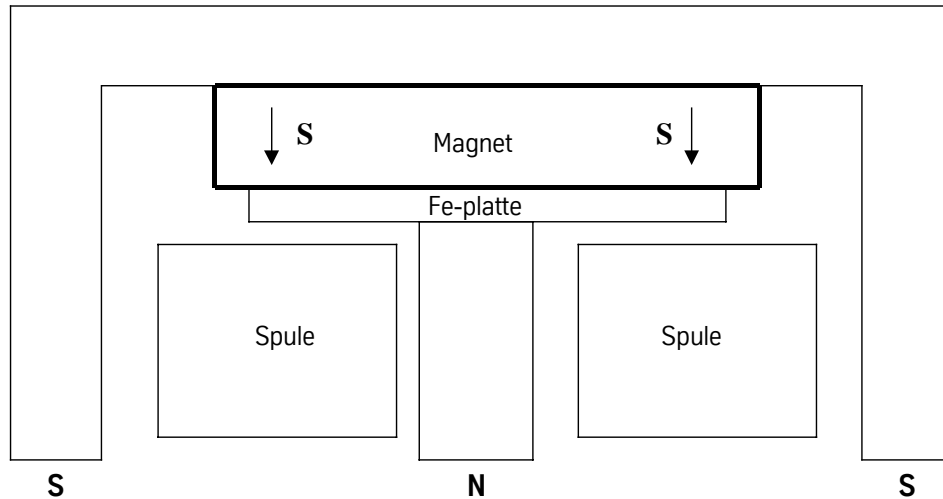
Diese Systemgruppe wird heute hauptsächlich in Stapelanlagen eingesetzt, weil sie bei einem geringen Kompensationsstrom eine große Schalthäufigkeit zuläßt; dies kommt der steigenden Stapelgeschwindigkeit entgegen.

Funktionsprinzip

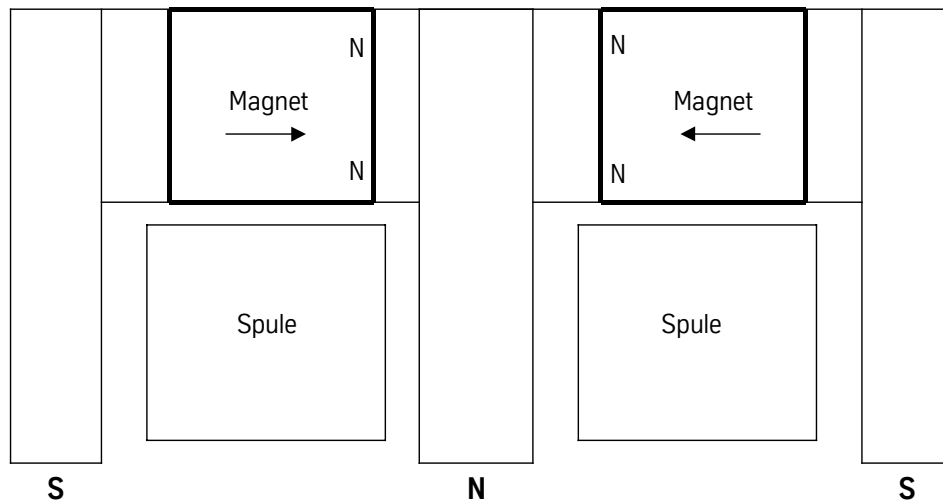
Der prinzipielle Aufbau dieser Magnetsysteme ist in **Bild 1** dargestellt. Man unterscheidet zwei Typen. Das System vom **Typ 1** zeigt den Permanentmagneten, die Spule und die Flußleitstücke. Der Permanentmagnet treibt einen magnetischen Fluß durch die Eisenteile, so daß an deren Ende die Feldlinien aus dem entstehenden Nordpol austreten und in die Südpole eintreten können. In grober Näherung ähnelt der Verlauf der Feldlinien dem eines Halbkreises. In grober Näherung gilt weiter, daß der Radius des Halbkreises ein Maß für die Tiefenwirkung des Systems ist. Unter Tiefenwirkung soll in diesem Zusammenhang der Abstand verstanden werden, bei welchem ein 0.5mm dickes Blech, bei vollständiger Flächenbelegung des Magnetsystems, gerade noch anspringt. Der Permanentmagnet wird auf der einen Seite durch ein U- Profil begrenzt; auf der anderen Seite bildet eine Eisenplatte den Abschluß. Diese Eisenplatte hat eine Doppelfunktion. Sie sammelt zum einen den magnetischen Fluß des Permanentmagneten und führt diesen über den Mittelsteg zum Nordpol des Systems, und zum anderen bildet sie den im Folgenden näher beschriebenen Bypaß zur Flußkompensation für den Fall der stromdurchflossenen Spule. Fließt kein Strom durch die Spule, so wird die Haftkraft des Magnetsystems allein vom Permanentmagneten hervorgehoben. Bei der Spule besteht nun die Möglichkeit, den Strom entweder in der unterstützenden oder in der kompensierenden Richtung fließen zu lassen. Unterstützende Richtung bedeutet, daß der Permanentmagnet durch den Spulenstrom unterstützt wird und dadurch die Haftkraft noch weiter erhöht wird. Fließt der Strom nun in der kompensierenden Richtung (Normalfall), so wird die Haftkraft des Permanentmagneten geschwächt. Diese Schwächung kann soweit getrieben werden, daß nahezu keine Feldlinien mehr aus dem Magnetsystem austreten und somit die Haftkraft verschwindet. Die Eisenplatte auf dem Magneten hat in diesem Fall die Aufgabe, den magnetischen Fluß der Spule so zu führen, daß der magnetische Fluß des Permanentmagneten exakt kompensiert wird. Aus dieser Logik geht hervor, daß das Magnetsystem gerade dann magnetisch neutral ist, wenn ein Strom fließt, oder andersherum gerade dann die max. Haftkraft auftritt, wenn kein Strom fließt. Dieses entspricht der normalen Betriebsart bei der Blechstapelung. Bei Elektromagneten verhält es sich gerade umgekehrt.

Bild 1: Schematische Darstellung von Verdrängungssystemen

Typ 1: Verdrängungssystem mit einem Dauermagneten



Typ 2A : Verdrängungssystem mit zwei Dauermagneten

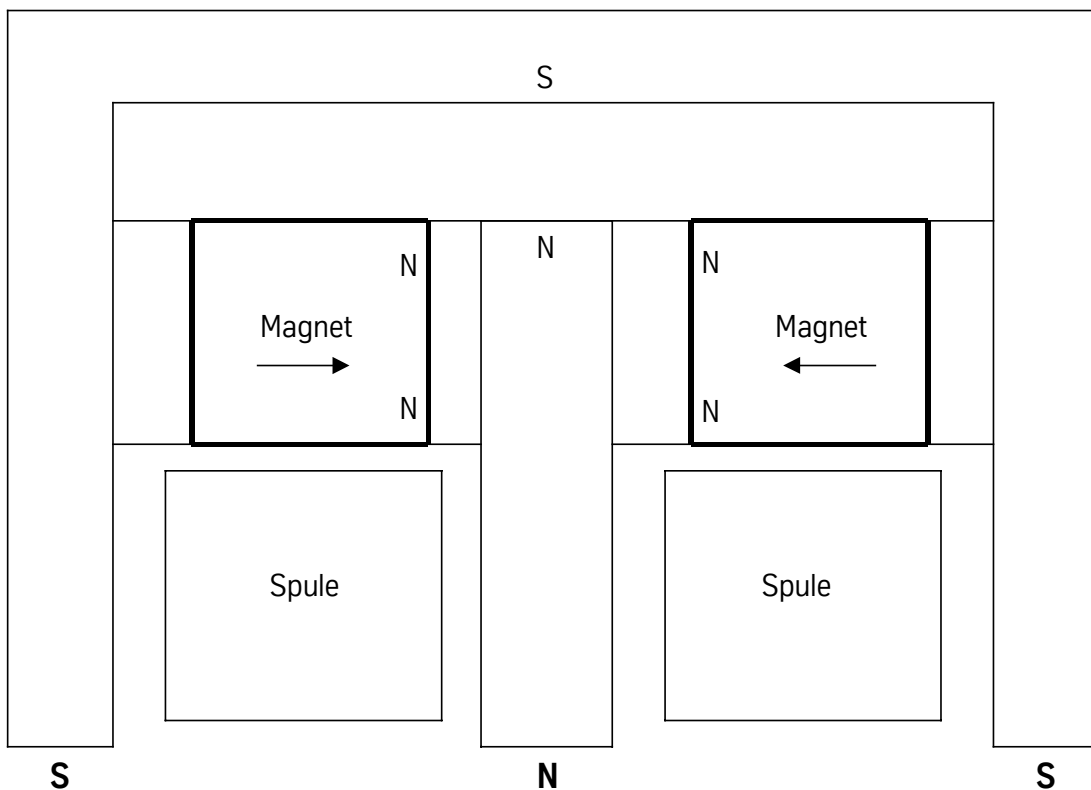


Das System vom **Typ 2A** ist mit 2 Magneten, die gegeneinander gepolt sind, ausgestattet. Diese Dauermagneten führen den magnetischen Fluß durch den Mittelsteg zur Haftfläche, so daß die angegebene Polarität an der Haftfläche entsteht. Die Vorteile dieser Variante sind in der höheren Haftkraft (2 Magnete) zu sehen, wobei jedoch die größere Systemhöhe störend wirken kann. Insbesondere handelt es sich hierbei um ein nach 'oben' offenes System, d.h. die Feldlinien gehen auch im gleichen Maße nach 'oben' aus dem System; deshalb ist darauf zu achten, daß beim hängenden Einbau der Systeme direkt oberhalb kein ferromagnetisches Material angebracht werden darf, da dieses wie ein magnetischer 'Kurzschluß' wirken würde. Dadurch wäre die Haftkraft stark vermindert. Systeme vom **Typ 1** sind in sich geschlossen, besitzen eine geringere Bauhöhe und lassen sich, durch den Bypass bedingt, leichter kompensieren.

Diese Bauform empfiehlt sich, wenn aufgrund hoher Haftkraftforderung RES Magnete eingesetzt werden müssen, denn diese lassen sich bei der Bauform vom **Typ 2A** deutlich schwerer kompensieren, da kein Bypass vorhanden ist. Somit muß der Magnet selbst durch den Spulenstrom geschwächt werden. Durch den höheren Spulenstrom bedingt, ist die Erwärmung höher und dadurch die mögliche Einschaltdauer kürzer. Der bevorzugte Einsatzfall bei Verdrängungssystemen vom **Typ 2A** ist somit bei langsameren Anlagen mit geringerer Schalthäufigkeit zu sehen, wie z.B. bei Platinenladern oder Lasthebesystemen.

Aufgrund dieser Einschränkungen hat sich eine Variante etabliert, die eine geschlossene Bauform aufweist und als Kompromiß zwischen **Typ 1** und **Typ 2A** anzusehen ist. Diese Variante ist in nachstehender Skizze dargestellt als **Typ 2B**

Typ 2B : Geschlossenes Verdrängungssystem mit zwei Dauermagneten



Durch den Eisenmantel im Systemrücken wird die magnetisch geschlossene Anordnung erreicht. Allerdings ist der Abstand zwischen dem im Rücken offenen Nordpol und der großflächigen Eisenfläche (Südpol) sehr entscheidend. Wird dieser zu klein gewählt, geht viel Haftkraft verloren. Auf der anderen Seite hilft dieser 'Bypass' bei der Kompensation. Durch diesen Abstand kann somit der Kompromiß aus hoher Haftkraft und niedrigem Kompensationsstrom optimiert werden.

Die Systeme vom **Typ 1** und **Typ 2** können natürlich nebeneinander geschachtelt werden, so daß sich mehrpolige Varianten ergeben.

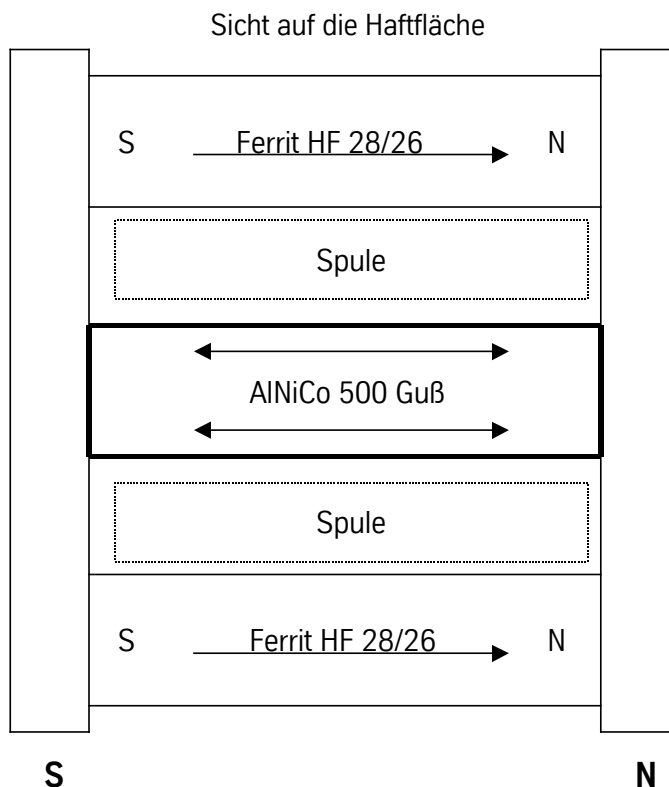
2. Bistabile schaltbare Magnetsysteme

Dieser Systemtyp ist historisch gesehen das erste elektrisch schaltbare Dauermagnetsystem und besitzt heute, aufgrund der hohen Impulsleistung beim Schalten vom Zustand 'magnetisch' in den Zustand 'neutral', kaum noch Bedeutung. Dennoch ist es überall dort sinnvoll einzusetzen, wo eine geringe Schalthäufigkeit gewährleistet ist und auch der Zustand 'magnetisch neutral' über einen längeren Zeitraum anstehen muß. Die Schaltzeit dieses Magnettyps liegt in der Regel deutlich höher als bei den monostabilen Systemen. Auch hier gibt es 2 Typen von Umschaltsystemen, wobei der **Typ 1** eine 'schnellschaltende' Version und **Typ 2** eine speziell für Lasthebeanwendungen geeignete Version darstellt.

2.1 Das Funktionsprinzip

Es ist 2-polig aufgebaut und enthält zwei Sorten von Magneten; dieser Umstand macht das System aus magnetetechnischer Sicht sehr interessant. Es ist, wie in **Bild 2** dargestellt, aufgebaut.

Bild 2: Bistabiles Magnetsystem vom Typ 1 mit zwei Magnetwerkstoffen



Durch das Spulenfeld wird der AINiCo-Magnet in der einen oder anderen Richtung magnetisiert, wodurch die Ferrit-Magnete entweder verstärkt oder kompensiert werden.

Der Vorteil dieses Systems liegt darin, daß beide Schaltzustände ('magnetisch' und 'neutral') stabil sind und elektrische Energie nur zum Umschalten der Zustände benötigt wird. Dafür wird allerdings ein hoher Schaltstrom benötigt, der die Netzversorgung stark belastet; die dadurch bedingte Wärmeentwicklung läßt dann lediglich eine Schalthäufigkeit von ca. 60 Schaltungen/min zu.

Auch dieses System ist nach oben offen, so daß sich direkt über dem Magnetsystem kein ferromagnetisches Material befinden darf (ähnlich wie beim Verdrängungssystem vom **Typ 2A**).

Ein weiteres Problem besteht darin, die Resthaftkräfte zu minimieren, denn der AINiCo-Magnet muß genau das magnetische Feld der beiden Ferrit-Magnete kompensieren, also den

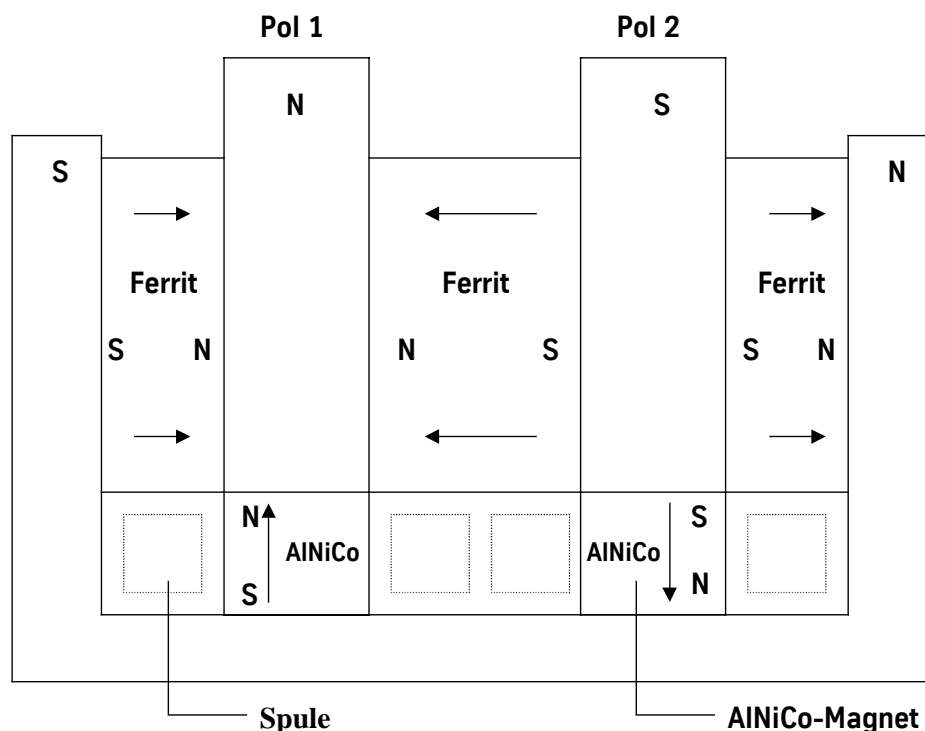
gleichen magnetischen Fluß aufweisen. Da die magnetischen Werte jedoch einer Streuung unterliegen, bleiben immer gewisse Resthaftkräfte übrig. Interessant ist dieses System, weil die sehr unterschiedlichen Entmagnetisierungskurven dieser beiden Magnettypen in idealer Weise kombiniert wurden. Die hohe Remanenz des AlNiCo 500 Guß ist notwendig, um in dem hoch geschlossenen System den notwendigen Fluß auf möglichst kleinem Raum zur Verfügung zu stellen; dadurch kann der Spulendurchmesser klein gehalten werden, da ja durch das Spulenfeld die volle Hysteresekurve des Magneten durchlaufen wird. Außerdem ist es ebenso wichtig, daß der AlNiCo- Magnet eine geringe Koerzitivfeldstärke besitzt, um das Ummagnetisieren durch die Spule zu erleichtern.

Auf der anderen Seite wird die hohe Koerzitivfeldstärke des Ferrit-Magneten genutzt, denn dieser darf durch das Spulenfeld ja nicht beeinflußt werden. Überall dort, wo es unvermeidlich ist, beide magnetischen Zustände über einen langen Zeitraum zu erhalten, gibt es keine Alternative zu diesen Systemen, es sei denn, man verwendet Elektrosysteme, die jedoch im Zustand 'magnetisch' -durch Stromausfall- ein Sicherheitsrisiko beinhalten.

Heute wird der Ferrit-Magnet oftmals durch den Selten-Erd-Werkstoff NdFeB ersetzt, wodurch das Eigengewicht (Baugröße) reduziert werden kann.

Das Umschaltsystem vom **Typ 2** stellt eine geschlossene Variante mit besonders hoher spezifischer Kraftdichte dar. Dieses System ist vom magnetischen Kreis her gesehen eine Kombination des Verdrängungssystems vom **Typ 2B** in einer geschickten Kombination mit AlNiCo- Magneten, die dann ein Neutralisieren des magnetischen Flusses ermöglichen. Es handelt sich im Prinzip um eine 4-polige Anordnung, von welcher jedoch nur 2 Hauptpole herausgeführt werden, wie im folgenden **Bild 3** dargestellt. Die AlNiCo- Magnete dienen zum einen als Gegenmagnete, d.h. zur Reduzierung des Streuflusses, und zum anderen, wenn sie umgepolt werden, zum Kompensieren des magnetischen Flusses der Ferrite.

Bild 3: Geschlossenes bistabiles Magnetsystem vom Typ 2 mit 2 Magnetwerkstoffen



Diese 2-polige Variante kann leicht durch Verlängerung der äußeren Pole zu einem 4-poligen System erweitert werden. Mit einer solchen Anordnung wurden bei einem Eigengewicht von 7,5t Haftkräfte bei direkter Auflage von ca. 60t erzielt. Diese Systeme dienen zum automatischen Coiltransport bei Coilgewichten bis zu 25t.

3.3 Haftkraftkurven

Für jedes Magnetsystem kennzeichnend sind die zugehörigen Haftkraftkurven. Eine prinzipielle Haftkraftkurve ist in **Bild 4** angegeben. Auffallend ist, daß die Haftkraft in Abhängigkeit vom Abstand nicht linear verläuft, sondern mit wachsendem Abstand, insbesondere bei kleinen Luftspalten, überproportional stark abnimmt. Gerade dieses Verhalten macht die Auslegung der Magnetsysteme so kompliziert. Darüber hinaus ist die Haftkraft noch abhängig von der Blechdicke. Mit zunehmender Blechdicke nimmt auch die Haftkraft zu; dies ist ein durchaus positiver Effekt, der bei der Auslegung sehr entgegenkommt, denn mit wachsender Blechdicke, also auch zunehmendem Blechgewicht, wächst somit die Haftkraft. Der Sicherheitsfaktor beim Transport der Platine bleibt damit in einem großen Bereich der Blechdicke weitgehend konstant. Die Haftkraftkurven sind allgemein als Mittelwertskurven zu verstehen, so daß fertigungsbedingt auch Abweichungen vorkommen können.

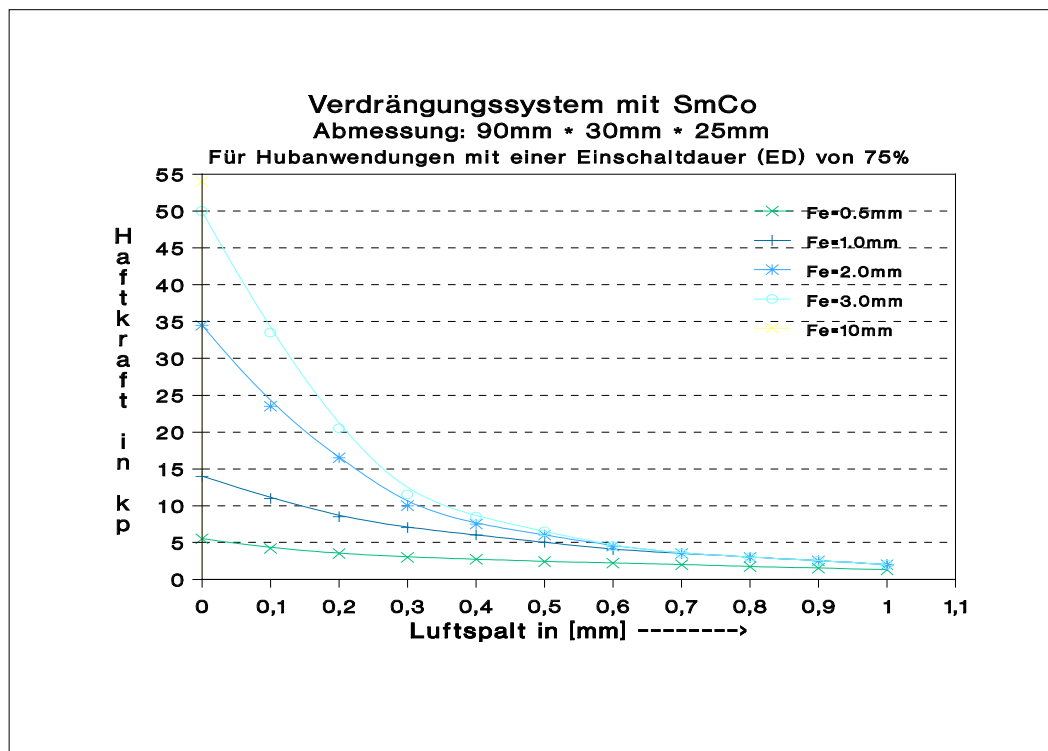


Bild 4: Haftkraftkurven eines Magnetsystemes bei unterschiedlichen Blechdicken

3.4 Tiefenwirkung

Der Begriff der Tiefenwirkung wurde bereits zuvor erwähnt und soll an dieser Stelle etwas eingehender erläutert werden. Bezeichnet man den Abstand zwischen Nord- und Südpol als Polteilung oder Polabstand, so läßt sich sagen, daß mit wachsendem Polabstand auch die Tiefenwirkung wächst. Anders ausgedrückt bedeutet dieses, je breiter das Magnetsystem ist, umso größer ist die Tiefenwirkung. Auf der anderen Seite wächst mit der Systembreite auch die Haftkraft. Normalerweise wünscht man bei Stapelprozessen eine hohe Haftkraft

zum sicheren Transport der Blechtafeln, jedoch nur eine im Vergleich dazu geringe Tiefenwirkung, denn das gerade abgeworfene Blech soll ja nicht sofort wieder angezogen werden. Ideal wäre eine hohe Haftkraft bis zu einem Abstand von 10mm (Verschleißblech und Transportgurt überstreichen einen Bereich von: 4 mm ...6 mm) und danach eine plötzlich stark abfallende Haftkraft, damit das fallende Blech nicht wieder angezogen wird. Diese widersprüchliche Forderung kann nur näherungsweise erfüllt werden und muß jeweils den speziellen Erfordernissen angepaßt werden.

4. Saugsysteme

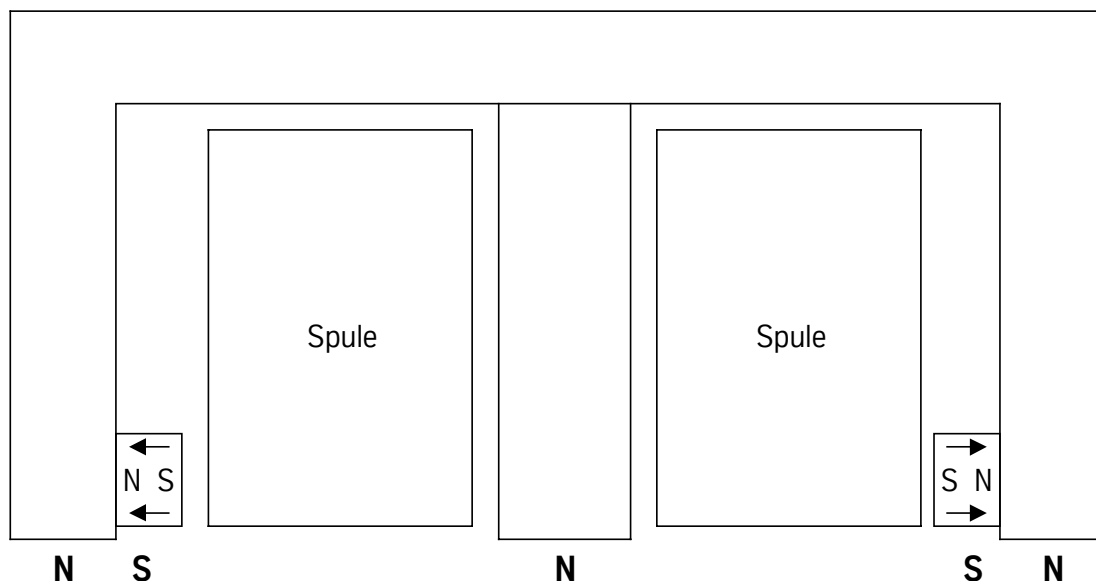
Ein anderer Typ von elektrisch schaltendem Magnetsystem mit Dauermagneten basiert auf einer großen Tiefenwirkung. Diese Systeme dienen zur automatischen Entstapelung von Platinen, wie zuvor bereits erwähnt. Um Bleche aus einem relativ großen Abstand anspringen zu lassen, ist eine große Polteilung notwendig.

4.1 Das Funktionsprinzip

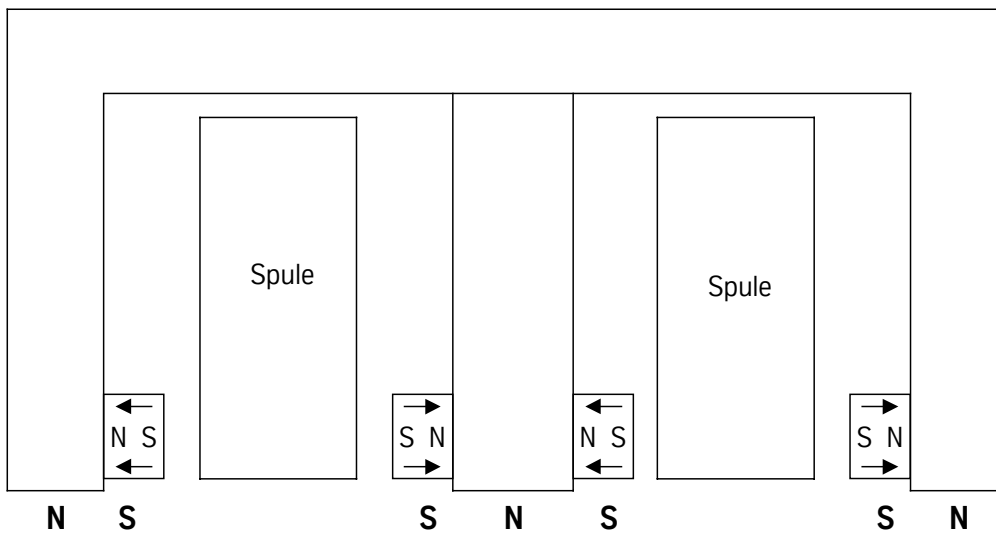
Diese Systeme sind, wie in **Bild 5** dargestellt, mit einer Spule ausgerüstet, welche in erster Linie die Aufgabe hat, die Platine anspringen zu lassen. Um die Einschaltdauer möglichst klein zu halten, sollte nach dem Anspringen des Bleches die Haftkraft von Dauermagneten erbracht werden, so daß dann bereits die Spule wieder abgeschaltet werden kann. Das Blech wird dann mittels eines Gurtes unter dem System weitertransportiert. Damit bleibt für die Spule nur eine ED (Einschaltdauer) von ca. 10%, so daß eine große Stromüberhöhung erreicht werden kann.

Bild 5: Schematische Darstellung von Saugersystemen

TYP 1: Saugersystem mit zwei SmCo- Magneten



TYP 2: Saugersystem mit vier SmCo- Magneten



Verdrängungssysteme, wie zuvor beschrieben, sind hierfür nicht geeignet, da die Reichweite (Polteilung) des dauermagnetischen Teils ebenso groß ist wie die des elektromagnetischen Teils. **Typ 2** zeigt den besten Kompromiß zwischen dauermagnetischer und elektromagnetischer Polteilung, wie in **Bild 6** noch einmal gezeigt wird:

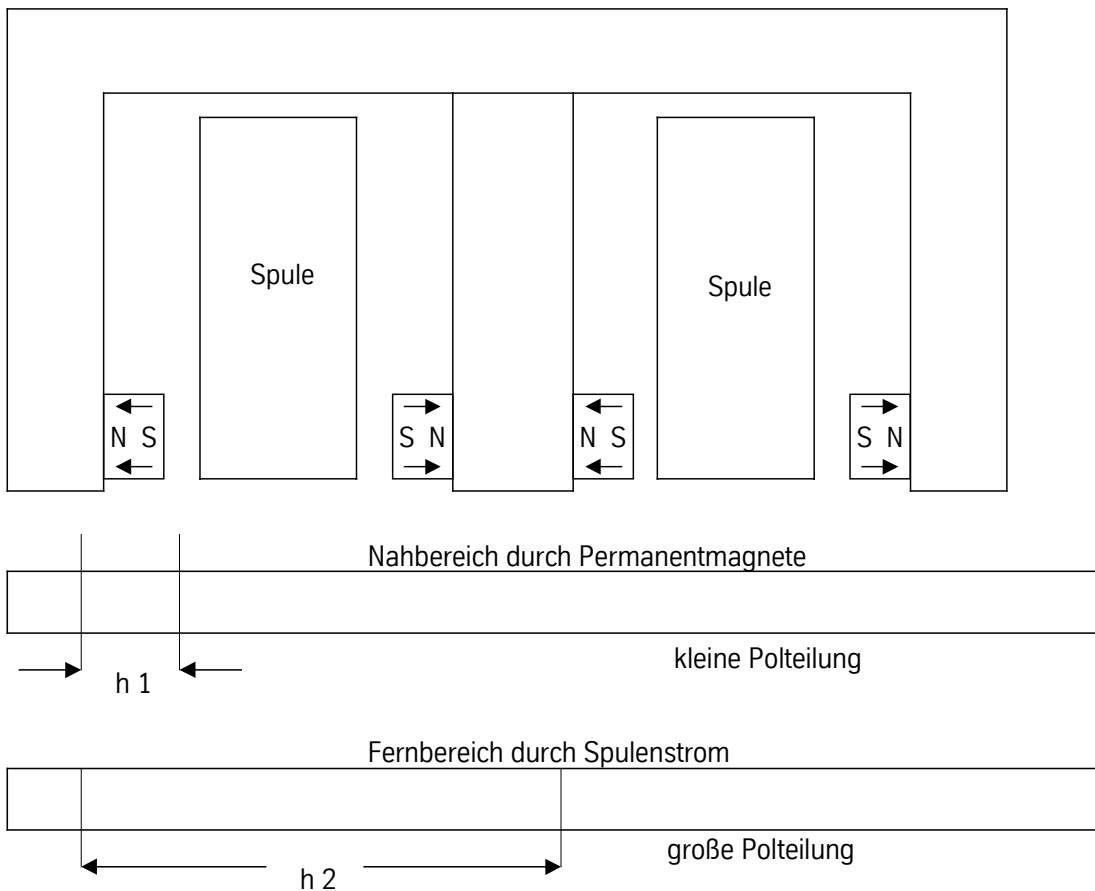


Bild 6: Darstellung der zwei Polteilungen in einem System