

## Die Lagerung von Magnetbändern:

# Wenn Bänder in die Jahre kommen

Fast schon eine Wissenschaft für sich ist heute die Archivierung von Audio- und Videobändern. Dem Zahn der Zeit können sie freilich über Jahre hinweg erfolgreich widerstehen. Für AGFA BAND berichtet Dr. Andreas Merkel über technische Hintergründe und praktische Lösungen bei der Langzeitlagerung von Magnetbändern.

Fünfzig Jahre und kein bißchen leise? Audiobänder schaffen auch das – selbst wenn sie bereits ein halbes Jahrhundert hinter sich haben. Und auch Videobänder früherer Generationen, die mehr als drei Jahrzehnte auf der Rolle waren, können ohne Qualitätsverlust immer wieder abgespielt werden.

Voraussetzung dafür ist sachgerechte Lagerung – ein Thema, das mittlerweile Archivare ebenso beschäftigt wie Ingenieure und Techniker.

Audio- und Videobänder von gestern und heute enthalten oft Wichtiges. Nachrichten und Ereignisse gilt es dabei ebenso zuverlässig über Jahrzehnte zu bewahren wie zum Beispiel kulturhistorisch bedeutsame Aufnahmen.

Experten, die sich dieses Themas angenommen haben, stehen vor vielfältigen Problemen. Denn ob Bänder aller Art in den Archiven auch wirklich gut aufgehoben sind, ist von vielen Umständen abhängig. Technische, physikalische und chemische Prozesse spielen eine große Rolle. Systemvielfalt und ein schneller Systemwechsel machen es zudem nicht leichter, die richtigen Wege für eine risikolose Langzeitlagerung zu finden.

An guten und schlechten Vorbildern fehlt es dabei nicht. So überstanden Magnetbänder der frühen Jahre zum Beispiel

### Technischer Fortschritt und neue Fragen im Archiv

Zeiträume zwischen drei und fünf Jahrzehnten ohne Qualitätsverlust – sie waren sachgerecht gelagert worden.

Bei anderen hingegen tauchten schon nach relativ kurzer Archivzeit Probleme bei der Wiedergabe auf. Ihre Lagerbedingungen, so weiß man heute, waren weder optimal noch den ständig neuen Systemanforderungen gewachsen.

### Dick und dünn

Menschliches Haar	60 µm
Magnetschicht	15 µm
Polyester-Trägerfolie	30 µm
Rückseitenmattierung	3 µm
Magnetschicht	4 µm
Polyester-Trägerfolie	15 µm

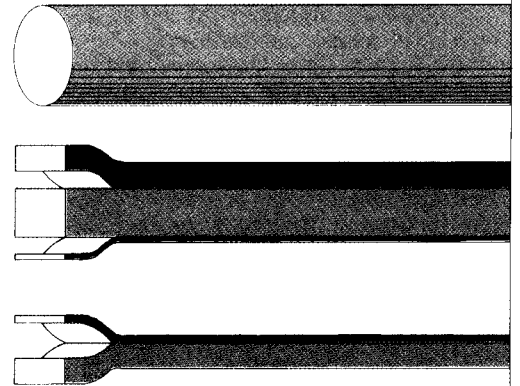
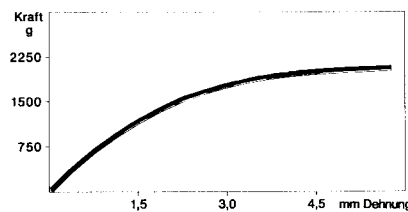


Abb. 1: Der Aufbau von Magnetbändern

### Polyester unter Spannung



Probe: 1/2" x 15 µm; 100 mm lang;  
T: 23°; R. H.: 50%;  
Zuggeschwindigkeit: 1 mm/s

Abb. 2: Die Zugdehnungskurve von Polyester

Eine weitere Schwierigkeit bei der Archivierung liegt allein schon im technischen Fortschritt begründet: So hat sich in den vergangenen 30 Jahren die Aufzeichnungsdichte durch Ausweitung des Frequenzbereichs und Verringerung der Spurbreite um etwa den 200fachen Wert erhöht.

Für Bandhersteller wie AGFA, die ihre Entwicklungsarbeit auch der Lagerfähigkeit widmen, bedeutete das Arbeit mit ständig neuen Formeln. Eine Prüfung der Beständigkeit in Echtzeit war da freilich nicht möglich. Und: Auch künstliche Alterungsverfahren liefern, trotz ausgefeilter Laborbedingungen, nicht immer die letzte Sicherheit, weil sie kaum alle Unwägbarkeiten der Praxis in die Versuche einbeziehen können.

Wie Magnetbänder ohne Probleme auf lange Zeit hinaus aufbewahrt werden kön-

nen, hängt von einer ganzen Reihe von Faktoren ab – beginnend beim Aufbau des Magnetbandes.

### Gut aufgebaut: Die Konstruktion von Magnetbändern

Sein prinzipieller Aufbau ist in Abb. 1 gezeigt: im Vergleich zur Dicke eines menschlichen Haares und mit und ohne Rückseitenbeschichtung.

Eine entscheidende Bedeutung innerhalb des Bandes hat die Trägerfolie. Und sie hat auch besondere Eigenschaften.

Bei modernen Bändern besteht sie durchweg aus Polyester PE (Polyäthylenterephthalat / PETP). Dieses Material hat sich seit über 30 Jahren gegenüber anderen Materialien wie Acetat oder PVC am besten bewährt. Es erhält durch Reckungsprozesse stahlähnliche Festigkeitseigenschaften, und es wird chemisch weder von starken anorganischen Säuren noch durch aggressive organische Lösungsmittel angegriffen. Sein Wasserhaushalt, durch den „Feuchtlängungskoeffizienten“ zu berechnen, ist vernachlässigbar klein.

Trotz dieser für Archivierungszwecke günstigen Eigenschaften besteht im Festigkeitsverhalten dieses organischen, makromolekularen Kunststoffes ein gewichtiger Unterschied zum Stahl: Er liegt im plasti-

schen Verhalten von Polyester unter Dehnung. Die Abbildungen 2 und 3 sollen dieses veranschaulichen:

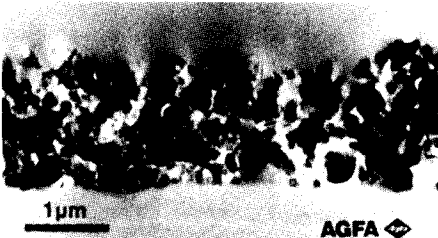
## Bänder unter Spannung: Zeit und Temperatur bestimmen das Dehnungsverhalten

Abb.2 zeigt eine typische Zugdehnungskurve von Polyester: Gegenüber einem elastischen Material wie Stahl, das dem Hook'schen Gesetz folgt und daher eine gerade Zugdehnungskurve zeigt, hat Polyester eine gekrümmte: Neben einem rein elastischen, reversiblen Dehnungsanteil zeigt das Material auch ein „plastisches“ Verhalten – eine irreversible Komponente. Der am Ende erkennbare horizontale Teil der Kurve deutet auf einen Fließvorgang vor dem Bruch.

Freilich wird ein Magnetband normalerweise nur im alleruntersten Bereich dieser Kurve belastet, ein Viertelzoll-Band zum Beispiel maximal bis 200 Gramm. Vor allem bei Raumtemperatur wird die Kurve dann fast zur Geraden. Das heißt: Das Band wird elastisch verformt.

Bei der Herstellung, aber auch im aufgewickelten Zustand, wirken jedoch weit aus größere Kräfte auf das Band. Bei der Herstellung etwa treten zuweilen Temperaturen von über 100° C auf. Im Wickel selbst wirken sie über lange Zeiten, unter Umständen auch bei erhöhten Temperaturen.

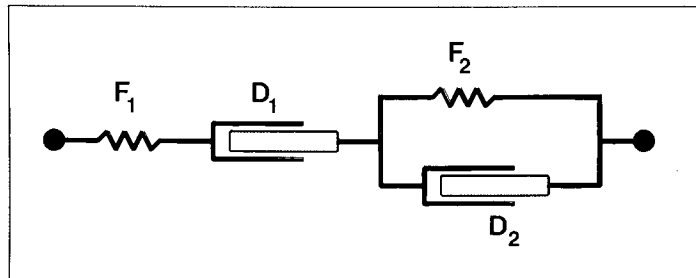
Abb. 3 verdeutlicht das zeit- und temperaturabhängige Dehnungsverhalten. Für die molekularen Kräfte im PE ist hier ein mechanisches Modell gezeigt, das in der Magnetbandentwicklung von AGFA erdacht wurde. Das Modell besteht aus zwei Zugfedern  $F_1$  und  $F_2$  sowie aus zwei Dämpfungsgliedern  $D_1$  und  $D_2$ , deren Dämpfungsverhalten temperaturabhängig ist.



Der Schnitt durch eine Rückschicht (Abb. 4)

$F_1$  steht dabei für das rein elastische,  $D_1$  für das temperaturabhängige plastische Verhalten. Die Kombination von  $F_2$  und  $D_2$  gibt Aufschluß über Relaxationsvorgänge, das sogenannte „Kriechen“: Spannungen ( $F_2$  gelängt) können rasch durch Erwärmen ( $D_2$  gibt nach) abgebaut werden. Der Vorgang wird Tempern genannt. Bei Normaltemperatur verläuft die Entspannung langsamer.

## Elastisch und plastisch



$F_1, F_2$  = Elastische Elemente  
 $D_1, D_2$  = Temperaturabhängige Dämpfungselemente

Abb.3: Das mechanische Ersatzschaltbild für die Verformung einer Polyesterfolie

## Eigenschaften im Feld

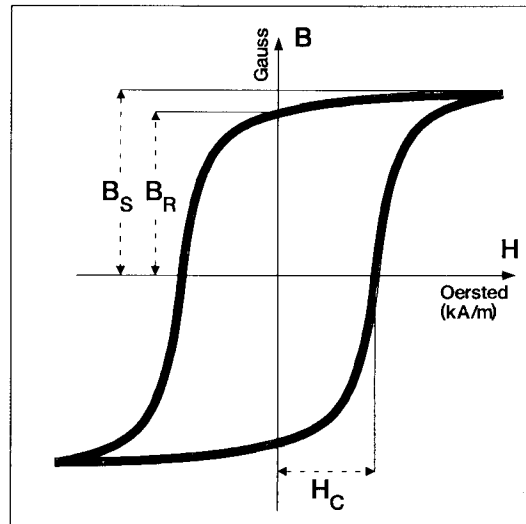


Abb. 5: Die Hysteresisschleife eines ferromagnetischen Materials (qualitativ)

Umgekehrt werden Spannungen zum Beispiel bei der Produktion der Folie und auch beim Trocknen des magnetischen Beuges durch die jeweils hohen Züge und Temperaturen aufgebaut und bei der nachfolgenden Abkühlung eingefroren. Diese Spannungen sind durchweg verschieden in Längs- und Querrichtung der Folie und um so höher, je stärker der Reckungsprozess bei der Herstellung war.

Da die Folien in der Regel sehr glatte Oberflächen besitzen, versieht man sie auf der Rückseite mit einer magnetisch neutralen, aber elektrisch gut leitenden Lackschicht, der **Rückseitenmattierung**. Ihre

Oberflächenstruktur ist der Magnetschicht angepaßt. Dadurch wird bei richtig eingestellten Bandzügen ein gutes Wickelverhalten erreicht: Die einzelnen Windungen sind miteinander gewissermaßen „verzahnt“. Beim Wickeln kann außerdem die Luft zwischen den Lagen besser entweichen.

Die elektrische Leitfähigkeit der Rückseitenmattierung verringert die statische Aufladung und damit die Anziehung von Staub auf das Band. Leitfähigkeit und Struktur werden durch geeignete Pigmentierung des Lackes, etwa durch Ruß, erreicht. Abb. 4 zeigt einen Ultradünnschnitt durch eine Rückschicht. Rußteilchen und Rauhig-

keit der Oberfläche sowie die glatte Grenzfläche zur Trägerfolie sind deutlich erkennbar.

Die **Magnetschicht** besteht aus dem Pigment und dem Bindemittel-System, in das das Pigment eingebettet und durch das es auf der Trägerfolie fixiert wird.

## Kleine Teilchen mit großer Wirkung: Pigmente und Bindemittel

Die **Pigmentteilchen** – Eisenoxid, Chromdioxid und Reineisen – haben heute Längen von etwa einem halben Mikrometer. Ihre Dicke beträgt etwa 1/10 der Länge. Ihre magnetischen Eigenschaften ergeben sich aus der Hysteresekurve (Abb. 5), die die Abhängigkeit der Magnetisierung  $B$  von der Feldstärke  $H$  darstellt;  $B_S$  ist die Sättigung- und  $B_R$  die remanente Magnetisierung.

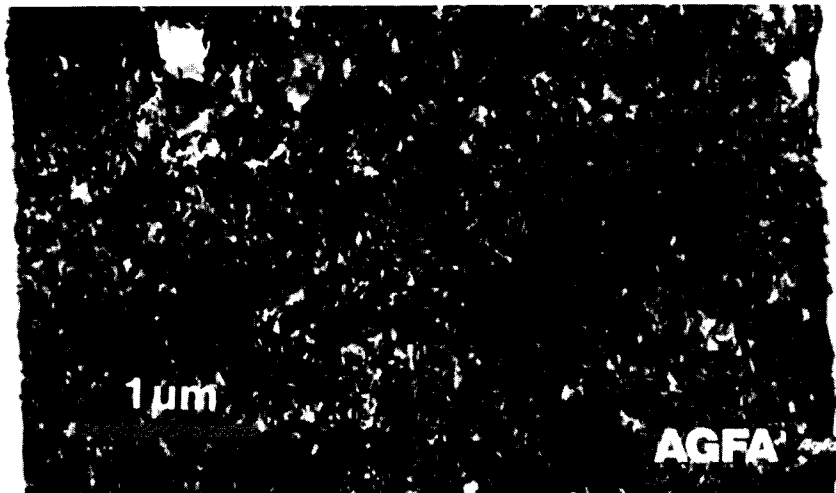
Die Koerzitivkraft  $H_C$  ist dabei die Feldstärke, die erforderlich ist, um ein gesättigtes Material in den magnetisch neutralen Zustand zu bringen, also zu löschen.

Das **Bindemittelsystem** ist wie die Folie ein makromolekularer Kunststoff. Dieser erreicht seine Struktur aber erst während des Trocknungsvorganges des Lackes in der Beschichtungsmaschine. Als „Lack“ wird die Dispersion aus Pigment, Bindemittel und anderen Zusätzen in verschiedenen organischen Lösungsmitteln bezeichnet. Bei den Lacken unterscheidet man die physikalisch trocknenden und die chemisch aushärtenden Zwei-Komponenten- oder Polyurethan-Lacke.

Beim Trocknungsvorgang, und teilweise auch noch Tage danach, findet die sogenannte Vernetzung statt, bei der die langkettigen Moleküle der Bindemittel ein räumliches Netzwerk um die Pigmentpartikel bilden. Der Aufbau dieses Netzwerkes ist entscheidend für die Stabilität der Magnetschicht – sowohl in der Konfrontation mit den bandführenden Teilen der Magnetbandgeräte als auch für Langzeitlagerung.

Bindemittelsystem und Pigment füllen je etwa zu 40 Prozent das Schichtvolumen. Die restlichen 20 Prozent sind Vakuolen, also kleine Lufträume, durch die die Flexibilität der Schicht erst erreicht wird. Andererseits handelt man sich mit diesen Vakuolen einen gewissen Wasserhaushalt ein. Abb.6 zeigt einen Ultradünnschnitt durch eine Magnetschicht: rechts die leicht unebene Oberfläche, links die glatte Grenzfläche zur Trägerfolie.

Ein wichtiger Zusatz ist das Gleitmittel, das als Wachs oder Öl der Lackrezeptur beigegeben wird und das, richtig dosiert, ständig eine monomolekulare Schicht auf der Oberfläche bildet – zur Verringerung der Reibung an feststehenden Bandführungen.



Gute Verbindungen: Das Netzwerk der Schicht auf der Folie (Abb. 6)

## Kleine und Große

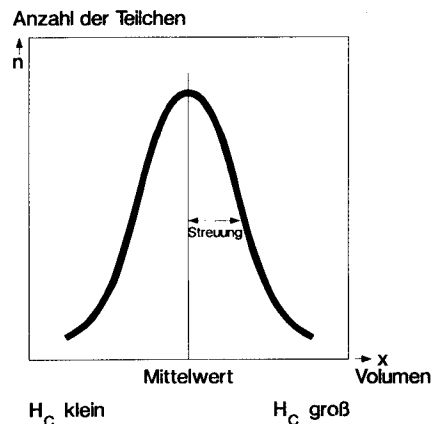


Abb. 7: Die Verteilung der Pigmentteilchen (Gauss-Verteilung)

## Wie Felder fallen

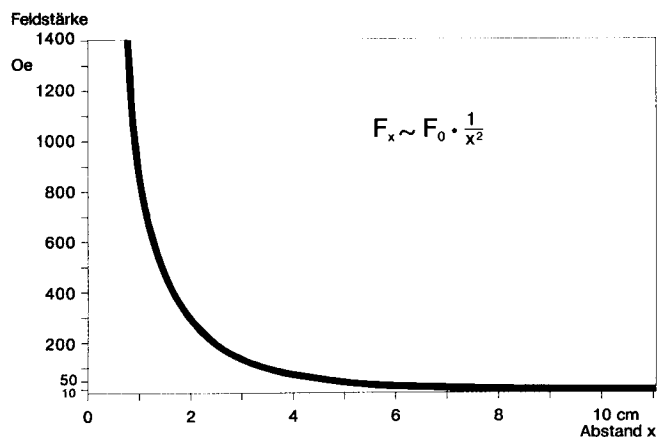


Abb. 8: Die Abnahme der Feldstärke mit dem Abstand vom Magneten

## Magnetisch, mechanisch und chemisch: Bänder zeigen Wirkung

Bei längeren Lagerzeiten sind Magnetbänder einer ganzen Reihe unterschiedlicher Einflüsse ausgesetzt, die die Lebensdauer beeinträchtigen können.

Dazu gehören zum Beispiel magnetische Effekte, aber auch mechanische und chemische Einflüsse.

Eine der Ursachen für Informationsverluste ist die Löschung der magnetischen Informationen. Sieht man von der unbeabsichtigten Löschung im Gerät durch Drücken der Aufnahmetaste ab, so bleiben als mögliche Gefahrenquelle externe magnetische Felder.

Als solche kommen Lautsprecherboxen, Motoren, Transformatoren, Metallsuchgeräte, aber auch „strahlende“ Quellen wie Röntgen-, Radar- oder Mikrowellengeräte in Betracht. Für Lautsprecher und Gerätebauteile läßt sich sicher sagen, daß die darin enthaltenen Magnete aus energetischen Gründen so konzipiert sind, daß sie keine nennenswerten Streufelder aussenden. Die starken Strahlungen wie Röntgenimpulse oder Mikrowellen haben keine magnetische Wirkung.

Um den möglichen Einfluß magnetischer Streufelder auf bespielte Magnetbänder abschätzen zu können, müssen wir uns zuerst eine Vorstellung über die Löschbarkeit der auf ein Magnetband aufgezeichneten Signale machen. Das Maß hierfür ist die Koerzitivkraft der Pigmentteilchen.

Die in Abb. 5 gezeigte Hysteresisschleife des magnetischen Materials liefert aber gewissermaßen nur einen Mittelwert der Koerzitivkraft für die Gesamtheit der Teilchen.

In Wirklichkeit zeigt die Menge der Pigmentteilchen eine Größenverteilung entsprechend Abb. 7. Das heißt: Das Teilchengemisch enthält zwar zum überwiegenden Teil Partikel der gewünschten Größe, aber auch viele kleinere und größere. Diese haben eine kleinere bzw. größere Koerzitivkraft als der Mittelwert. Die einen sind also leichter, die anderen hingegen schwerer löschar.

Die Koerzitivkräfte von Audio-Studio-Bändern liegen heute bei 380 Oe (30 kA/m), die von Videobändern je nach System zwischen 300 und 1 500 Oe. Zur gewollten Löschung rechnet man Feldstärken, die zwei bis dreimal so groß sind wie die Koerzitivkraft des betroffenen Bandes. Der Magnet- oder Löschkopf muß dazu das Band unmittelbar berühren.

Die Einwirkung eines externen Magneten hängt also von seiner Entfernung zum Band ab – in etwa nach einer quadratischen Funktion.

## Schichten in der Nachbarschaft

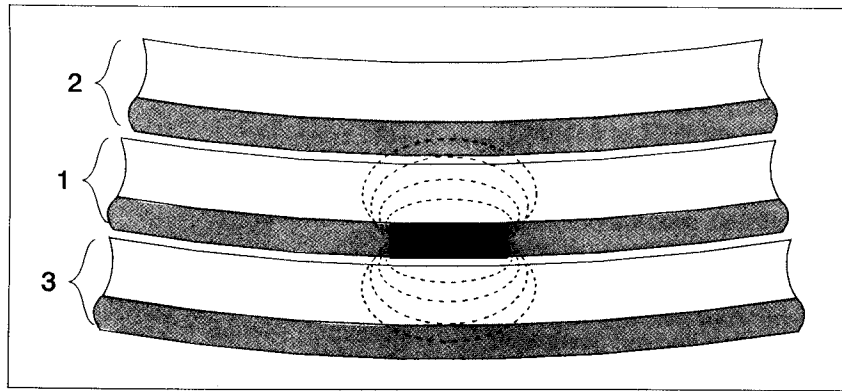


Abb. 9: Die Wirkungen des Kopiereffekts

Abb. 8 zeigt den starken Abfall der Feldstärke eines Magneten von 1 000 Oe, die bereits in 4 cm Entfernung nur noch etwa 60 Oe beträgt. Die an Flughäfen eingesetzten Metalldetektoren haben ungefähr diese Feldstärke. Diese ist selbst für die Partikel niedrigster Koerzitivkraft auf Audiotändern ungefährlich.

Eine bei allen ferromagnetischen Materialien zu beobachtende Eigenschaft ist die **Magnetostriktion**: eine Beeinflussung der Magnetisierung durch Volumenänderung, auch Dehnungsentmagnetisierung genannt. Sie tritt beim Magnetband infolge der Druck- und Zugkräfte auf, die an den bandberührenden Teilen in den Geräten auf die in der Schicht eingebetteten Partikel wirken. Die Pegelverluste sind in der Praxis jedoch vernachlässigbar.

## Nachbarschaft in Schichten: Der Kopiereffekt ist nicht zu vermeiden

Das magnetostriktive Verhalten jedoch macht man sich beim sogenannten **Kopiereffekt** zunutze.

Der Kopiereffekt ist grundsätzlich nicht zu vermeiden. Er entsteht im Bandwickel bei der Magnetisierung der Nachbarschichten durch das Streufeld der Magnetisierung in einer Schicht. Betroffen sind hiervon Aufzeichnungen mit Signalen hohen Pegels und, grob gesagt, mit Wellenlängen, die größer als die Banddicke sind. Das sind vor allem die tiefen Frequenzen von Audio-Ana-

logaufzeichnungen bei höheren Bandgeschwindigkeiten.

Abb. 9 zeigt das Zustandekommen des Effekts an Teilen dreier einander benachbarter Schichten eines Bandwickels: Schicht 1 enthält das Originalsignal, in den Schichten 2 und 3 sind die „Kopien“ entstanden. Die Kopie in Schicht 2 ist lauter. Der Grund: Der Abstand des Originals zur Oberfläche dieser Schicht ist kleiner als jener zu Schicht 3.

War das Band während der Lagerung mit der Schicht nach außen gewickelt – EO-Lage, wie im Bild gezeigt – so wird die leisere Kopie von Schicht 3 als Vorecho erscheinen. Da die Echos ohne Vormagnetisierung – also nicht stabilisiert – entstanden sind, können sie durch mechanische Beanspruchungen wie Druck oder Zug – die Magnetostriktion – reduziert werden: Dies geschieht schon beim einmaligen Umspulen. Wirksamer ist der sogenannte „Echoraiser“.

Dieser kann aus einem Stück Magnetband bestehen, das um eine Bandführung gelegt wurde. Das Magnetband, vorher mit einem hochausgesteuerten, niederfrequenten Signal bespielt, wirkt wie ein kleiner Magneteteppich und löscht die Echos um bis zu 6 dB ohne die Signale nennenswert zu reduzieren.

Neben der Wellenlänge entscheiden auch Temperaturen über den Kopiereffekt; mit steigender Temperatur nimmt er zu. Daher sollen bespielte Bänder auch nicht bei zu hohen Temperaturen gelagert werden. Die zeitliche Ausbildung der Echos geschieht zum wesentlichen Teil unmittelbar

beim Kontakt. Bei längerem Lagern findet nur noch eine geringfügige Erhöhung statt, zum Teil in irreversiblen Prozessen.

**Temperatureinflüsse** auf das Pigment können hier unberücksichtigt bleiben, da der Ferro-Magnetismus erst – und dann schlagartig – beim Curiepunkt verschwindet: beim Eisenoxid bei 540° C und beim Chromdioxid bei 130° C. Schon bei 110° C allerdings beginnt die Folie sich erheblich zu verformen.

Entscheidenden Anteil an der Lebensdauer eines Bandes haben die **Trägerfolie** und die **Schicht**. Dies gilt aber nicht nur für die Lagerfähigkeit, sondern – vielleicht mehr noch – für die Handhabung während des Betriebes.

## Sauber, glatt und gut gewickelt: Ursachen und Wirkungen

Die Schäden, die an Folie und Schichten – also an Magnet- und Rückschicht – entstehen können, sind Deformationen aller Art, Kantenbeschädigungen und Kratzer.

Zusammen mit Schmutz, der dadurch vom Band selbst – aber auch von außen – kommen kann, beeinträchtigen sie den Band-Kopf-Kontakt bei der Wiedergabe.

Im folgenden sollen diese Fehler, ihre Entstehung und Auswirkung beschrieben werden.

**Banddeformationen** bewirken, daß das Band nicht mehr eben liegt: Der Band-Kopf-Kontakt ist dann nicht mehr über die volle Breite gewährleistet.

Banddeformationen beruhen auf der plastischen Verformung der Folie, die als Lagereffekt auftritt. Meist sind sie die Folge schlechter Wickel, ausgelöst zum Beispiel durch nicht präzise eingestellte Geräte.

Zu den Deformationen sind auch die im Mikrometerbereich liegenden Längenänderungen zu rechnen, die bei Video-Schrägschraufnahmen zum sogenannten Skew führen. Dabei sind die ersten Zeilen eines Bildes um einige Mikrosekunden verzögert – ein Versatz, der mehr oder weniger von der Geräteelektronik ausgeglichen wird. Der Skew entsteht durch das sehr langsame Freiwerden von Spannungen, die in der Folie beim Herstellungsprozeß oder beim Trocknen der Lackschicht entstanden sind.

Die Qualität des **Bandwickels** ist von zentraler Bedeutung für die Lebensdauer eines Bandes. Das gilt nicht nur für die Langzeitarchivierung, sondern selbst schon für kurze Bearbeitungspausen von wenigen Stunden.

Die Qualität des Bandwickels wird in erster Linie durch den Bandzug und die Bandführung im Magnetbandgerät bestimmt. Für den Bandzug – falls vom Gerätehersteller nicht begründet anders angegeben – gilt die

## Gut gewickelt

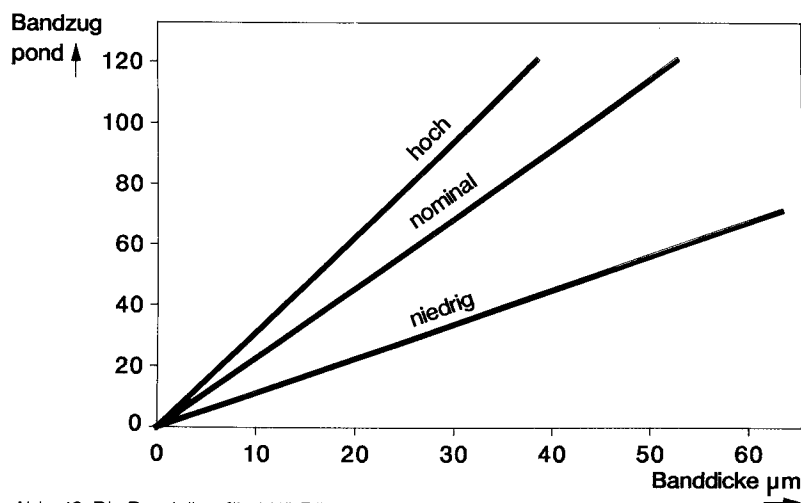


Abb. 10: Die Bandzüge für 1/4"-Bänder

Faustregel: Der Bandzug ist proportional zum Querschnitt des Bandes – also Breite mal Dicke. Die Proportionalitätskonstante und zulässige Abweichungen sind aus dem Diagramm (Abb. 10) für ein Viertelzollband ersichtlich.

Die Ergebnisse bei Abweichungen vom Optimum sind vielfältig: Zu hoher Bandzug führt zu hartem Wickel, dieser zu erheblichen Bandverdehnungen. Außerdem wird durch die starke Zusammenpressung der Lagen der Kopiereffekt erhöht. Eingewickelter Staub kann sich durchdrücken, und sogar die Rauigkeit der Rückseitenmattierung wird dann in die Magnetschicht eingepreßt.

Zu niedriger Bandzug dagegen führt zu lockerem Wickeln, die auseinanderfallen können. Solche Wickel neigen zum sogenannten Cinching, dem Wickelrutschen (Abb. 11). Auch hierbei entstehen bleibende Verformungen und zuweilen auch Schlaufen. Sie können zum Beispiel – auf Videogeräten mit Bandführlhebeln, die sich beim Abspielen schlagartig entspannen – zu Kopfbeschädigungen führen.

## Leichte Prüfung: Der Cinch-Test für die Praxis

Cinching kann auch beim Transport locker gewickelter Bänder auftreten, wenn auf die Behälter ein stoßartiges Drehmoment wirkt. Deshalb sollten Bänder, zumindest solche mit größerer Masse, in ihrem Behälter um die Kernaufnahme drehbar angeordnet sein.

Ob ein Band zu locker gewickelt ist, läßt sich leicht durch den Cinch-Test prüfen: Die Spule oder der Kern wird festgehalten

und das Bandende gezogen. Dabei darf das Band nicht nachrutschen.

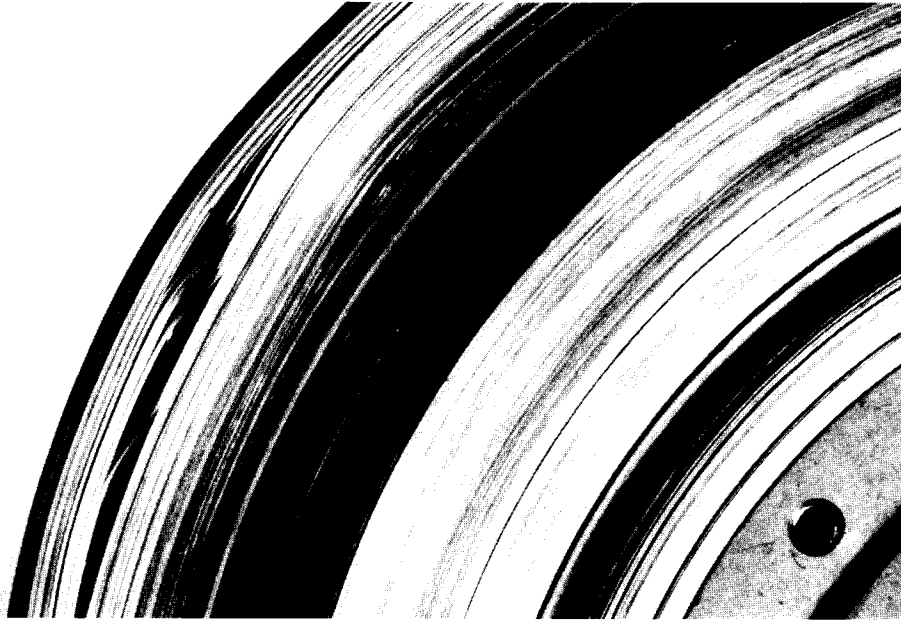
Zum guten Wickeln gehört auch die Abstimmung der Wickelbremsen aufeinander. Werden hier Fehler gemacht, können sich zum Beispiel Schlaufen bilden.

## Abgestimmte Bremsen – keine Schlaufen

Schließlich tragen auch Spule und Wickelkern zur Wickelqualität bei. Die Wickelfläche sollte eben sein. Auch das eingefädelt Band darf hier keine Schlaufen oder Falten aufweisen, da sich alle Unebenheiten in diesem Bereich nach dem „Prinzessin auf der Erbse“-Effekt unter Umständen durch den ganzen Wickel nach außen fortsetzen und damit das ganze Band periodisch deformieren. Schlagende – also nicht plane – Flansche können die Bandkanten beschädigen.

Neben dem Wickelzug müssen auch alle Bandführungen einschließlich der Wickelteller einwandfrei justiert sein. Hierbei kommt es neben der Senkrechtheit aller Elemente zur Bezugsebene auf die Höhenführung an. Schlecht eingestellte Höhenführungen bewirken, besonders bei Geschwindigkeits- oder Richtungsänderungen des Bandlaufes, einen stufigen Wickel (Abb. 12). Die herausstehenden Bandkanten werden dabei durch die radial gerichteten Kräfte verformt. Die Folge ist Randwelligkeit, die ihrerseits Audio- oder Taktspuren bei Videobändern außer Funktion setzt. Den gleichen Effekt rufen auch einzeln herausstehende Windungen hervor.

**Schichtbeschädigungen** aller Art wirken sich auf die Wiedergabe durch verschiedene Arten von Signalausfällen teilweise



Geringer Zug: Lockere Wickel können auseinanderfallen (Abb. 11)



Schlechte Höhenführung: Die Wickel werden stufig (Abb. 12)

schwerwiegend aus. Besonders unangenehm sind Längskratzer auf Videoband, da sie ein System feststehender Linien im Bild verursachen. Sie entstehen meist an Rauigkeiten und Graten im Bandlauf an feststehenden oder schwer drehenden Bandführungen. Hier hilft nur ständige Kontrolle auf Sauberkeit der Maschine.

**Verunreinigungen** gehören wie Deformationen zum ärgsten Feind sachgerechter Lagerung und einwandfreier Wiedergabequalität.

Um den Einfluß von Schmutz auf der Bandoberfläche zu demonstrieren, rufen wir

uns das Gesetz der Abstandsdämpfung  $D_a$  in Erinnerung. Dieses besagt, daß die Abhebung des Bandes vom Kopf um eine Distanz  $a$ , die der aufgezeichneten Bandwellenlänge  $\lambda$  entspricht, das Signal um ca. 54 dB vermindern kann. Die Formel dafür:

$$D_a = -54 \times \frac{a}{\lambda} \text{ [dB]}$$

Die Größenverhältnisse verschiedener Verunreinigungen, wie in Abb. 13 dargestellt, verdeutlichen den schädlichen Einfluß von Ablagerungen auf der Bandoberfläche.

Verunreinigungen von außen sind unter anderem Staub, Zigarettenasche oder

Fingerabdrücke. Lose Partikel können zwar von den sich schnell bewegenden Videoköpfen beiseite geschoben werden, Reste vom Klebeband zum Beispiel aber nicht. Diese können, ähnlich wie Fingerabdrücke, durch die in ihnen enthaltenen Säuren oder Fette die Schicht sogar chemisch beeinflussen.

## Unbekannte Größen: Chemische Reaktionen unter besonderen Bedingungen

Auch **chemische Veränderungen** der Schicht haben einen Einfluß auf das Langzeitverhalten von Magnetbändern. In der jüngeren Vergangenheit sind einige Effekte in der Literatur bereits erwähnt worden.

So hat zum Beispiel Brian Jenkinson, Leiter der Abteilung Technik und Entwicklung der BBC London, im „BKSTS Journal 1982“ von einem weißen Pulver auf Videobändern gesprochen, das zu Kopfzusetzen führt und durch Reinigen entfernt werden kann. Hierbei handelt es sich um das Gleitmittel, das unter noch nicht bekannten, nur sporadisch auftretenden Bedingungen – vielleicht müssen auch mehrere zusammentreffen – an die Bandoberfläche tritt und kristallisiert. Durch Wahl eines anderen, nicht kristallisierenden Gleitmittels konnte das Problem beseitigt werden.

Unter Tropenbedingungen sind auch Fälle von Schimmelbefall bekannt geworden, die ebenfalls durch Reinigen behoben werden konnten. Der Bandhersteller kann der Rezeptur zur Vorbeugung Fungizide zugeben.

Eine weitere Ablagerung auf der Bandoberfläche stammt aus dem Bindemittel der Schicht. Die Reaktion wird dabei als „binder breakdown“ bezeichnet (Scott Kent in „Recording Engineer“, Juli 88).

Dabei handelt es sich um den chemischen Vorgang der Hydrolyse, von dem ausschließlich solche Schichten betroffen sind, die mit Polyurethan-Lacken, also Zweikomponenten-Systemen, aufgebaut sind.

Hydrolyse ist die Wasserlöslichkeit einer chemischen Substanz – zwischen ihr und ihren Reaktionsprodukten herrscht immer ein Gleichgewicht, das zum Beispiel von der Wasserkonzentration (Luftfeuchtigkeit) und von der Temperatur abhängig ist. Durch Änderung dieser beiden Zustandsgrößen kann man das Gleichgewicht verschieben. Der Vorgang der Hydrolyse ist also reversibel.

## Schmutz mit Spuren

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. Kopfspalt                           | ca. 0,8 $\mu\text{m}$ |
| 2. Magnetschicht                       | 5 $\mu\text{m}$       |
| 3. Tabakrauch                          | 8 $\mu\text{m}$       |
| 4. Fingerabdrücke                      | 15 $\mu\text{m}$      |
| 5. Staubteilchen                       | 35 $\mu\text{m}$      |
| 6. Rückstände von<br>Reinigungsmitteln | 30 $\mu\text{m}$      |
| 7. Menschliche Haare                   | 60 $\mu\text{m}$      |

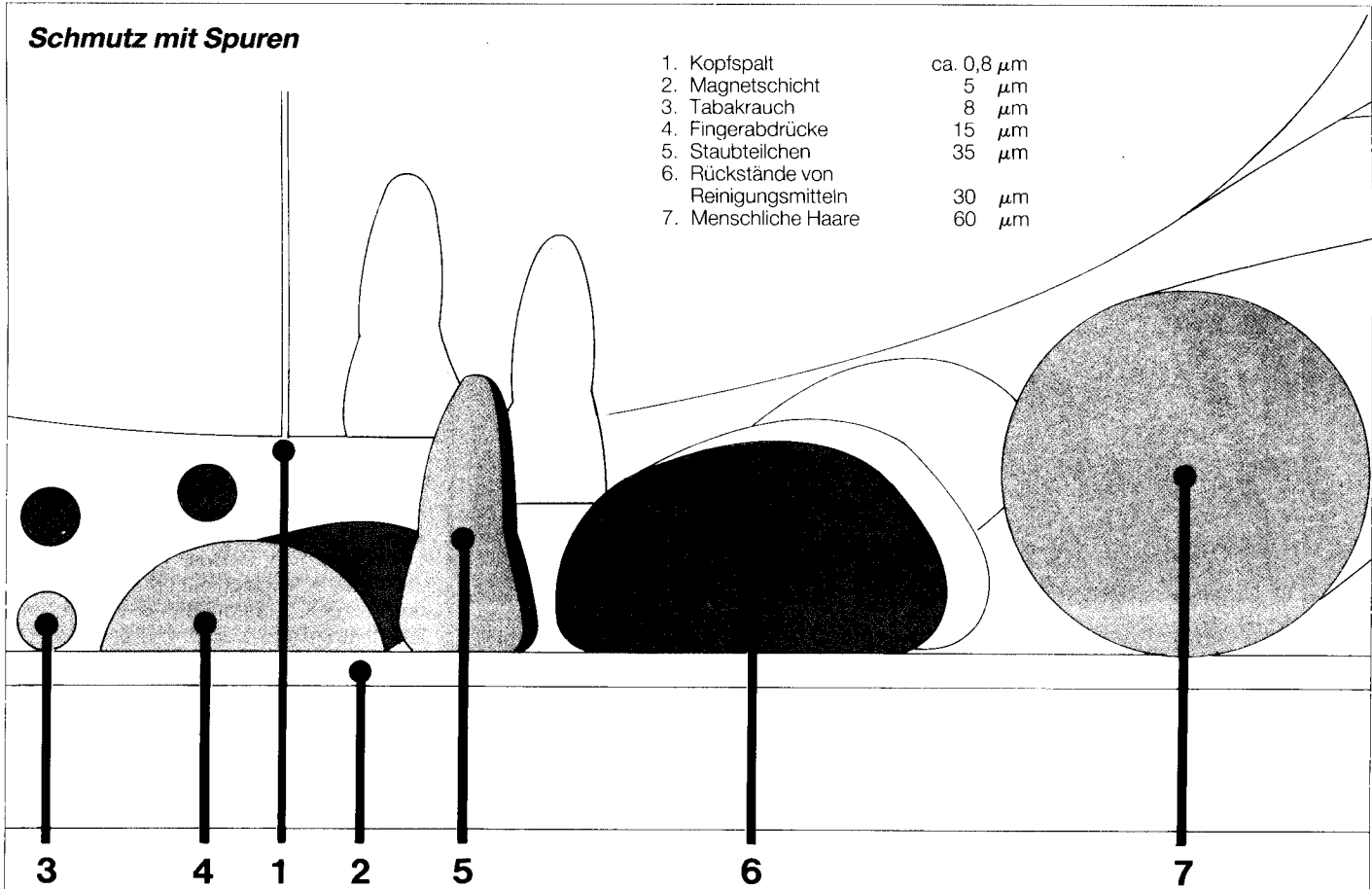


Abb. 13: Die Verunreinigungen auf der Bandoberfläche

Abb. 14 zeigt Gleichgewichtskurven einer Esterhydrolyse (aus einer amerikanischen Arbeit aus dem Jahre 1980).

### Optimale Lagerung: Trocken und nicht zu warm

Bei den Feuchtigkeits-Temperatur-Kombinationen, die durch die ausgezogene Kurve definiert sind, herrscht Gleichgewicht. Auf ihr sind die idealen Lagerbedingungen angedeutet: Temperatur 17 - 22° C, relative Feuchte: 30 - 40 Prozent. Diese entsprechen den bisherigen Erfahrungen. Links unterhalb der Kurve liegt der Bereich der Esterbildung – ein Bereich, der zur „Heilung“ einer hydrolysierten Schicht gebraucht werden kann. Rechts oberhalb tritt Hydrolyse ein. Die dort vorliegenden Temperatur-Feuchte-Kombinationen sind also gefährlich. Bei den durch die gestrichelte Kurve gekennzeichneten Klimawerten sind bereits 14 Prozent des Esters hydrolysiert. Der zeitliche Ablauf dieses Hydrolysevorganges liegt in der Größenordnung von einem Jahr und mehr.

Bei diesem Prozeß ist aber zu berücksichtigen, daß es sich um nicht-polymerisierten Ester handelt. Außerdem – und das wird in neueren Arbeiten angeführt – sind in der Magnetschicht noch andere Reaktionspartner vorhanden, die die Hydrolyse beeinflussen können. Es wird vermutet, daß das anorganische Eisenoxid hydrolysehemmende Wirkung hat. Schließlich finden die realen Prozesse in mikrometerdünnen Schichten und nicht im Reagenzglas statt.

In der Praxis wurden in den letzten Jahren tatsächlich nur sehr selten und ohne erkennbaren Zusammenhang Fälle von Bindemittelhydrolyse beobachtet. Nach unseren Erkenntnissen müssen bei Transport, Betrieb oder Lagerung des Bandes nichtübliche Bedingungen aufgetreten sein.

### Gutes Wetter im Archiv: Richtiges Raumklima

Nicht immer ist es möglich, die Bänder unter optimalen **Klimabedingungen** (17 - 22 °C, 30 - 40 Prozent rel. Feuchte) zu la-

gern, zu transportieren und zu betreiben. Die Erfahrung läßt tatsächlich weitere Grenzen zu. Das EBU-Papier 3202 gibt 15 - 27 °C für die Temperatur und 40 - 60 Prozent für die relative Feuchte an.

Anzustreben ist möglichst gleiches Klima in Lagern und Betriebsräumen. Ist das nicht machbar, so sind die Bänder ausreichend lang – etwa 24 Stunden genügen für 1“-Band – dem Betriebsraumklima anzupassen. Bei Bändern, die kälter als der Betriebsraum sind, besteht die Gefahr der Kondenswasserbildung. Das Wasser dringt in die Vakuolen der Schicht ein und bildet eine Haut auf der Oberfläche; die Folge ist Blocken des Bandes an den Kopfspiegeln oder anderen glatten Bandführungen bis hin zur Zerstörung der Schicht.

Ungünstigen Einfluß haben Temperaturzyklen während des Lagerns. Dabei treten Expansionen und Kontraktionen von Wickel und Kern mit unterschiedlichen Koeffizienten auf, die zur Lockerung des Wickels und weiteren Folgeschäden führen. Das im

Abstand von mehreren Jahren empfohlene Umspulen wird in der Praxis selten durchgeführt. Ein Nachteil dabei wäre, daß immer wieder neue Spannungen entstehen.

Aus den heutigen Erkenntnissen über das Langzeitverhalten von Magnetbändern ergeben sich auch die Empfehlungen für eine sachgerechte Lagerung und den Zustand von Geräten, auf denen gelagerte Bänder abgespielt werden.

## Geräte, Bänder und Behälter: Im Archiv ist alles wichtig

Das **Bandgerät** soll

- signaltechnisch in normgerechtem Zustand sein,
- saubergehalten werden und keine Reste von Bandabrieb enthalten,
- Wickelzüge aufweisen, die den Empfehlungen entsprechen und
- exakt justierte Bandhöhenführungen haben.

Das **Band**

- soll nicht zu dünn und entsprechend dem Anwendungsgebiet und der Spezifikation rückseitenmattiert sein – der Stabilität von Band und Wickel wegen und auch aus Gründen des Kopiereffekts; daneben sollte es hochkoerzitiv sein;

- ist auf Präzisionsspulen sauber, über die ganze Länge gleichmäßig und stufenfrei zu wickeln; das Ende der Aufzeichnung sollte außen liegen;

- sollte mit einem Verschlusskleber für das freie Bandende versehen sein: Benötigt wird dafür ein Material mit guter Klebekraft. Beim Abziehen sollte es jedoch keine Schichtteile von Magnet- oder Rückschicht abheben und keine Kleberreste hinterlassen;

- sollte auf der Magnetschicht nicht mit Fingern berührt und

- nach Lagerung oder Transport gegebenenfalls akklimatisiert werden.

Der **Bandbehälter** soll

- das Band gegen mechanische Einwirkungen schützen und Beschädigungen wie Stoß oder Cinching verhindern,

- als Spritzwasser- und Staubschutz dienen und nach Möglichkeit luftdicht schließen,

- flammhemmend sein,

- stehend gelagert werden und

- keine Papiere oder Pappen enthalten – Abrieb oder Gase könnten die Folge sein.

Empfehlungen für das **Archiv**:

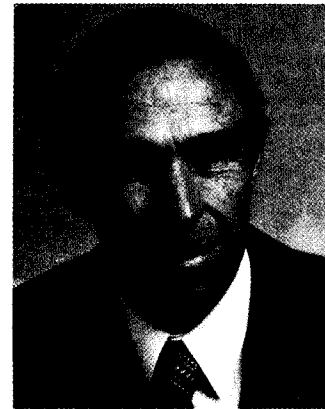
- Konstantklima 15 - 22 °C;  
40 - 60% RF

- Kein Holz und keine Pappe in den Archivräumen lagern

- Für gefilterte Luft sorgen

- Leicht zu reinigende Fußböden verlegen

Bänder im Archiv – sie sind ein Thema, das für viele Profis heute zunehmend an Bedeutung gewinnt. 50 Jahre Geschichte hat das Magnetband bereits erfolgreich hinter sich, und einiges an Zukunft liegt noch vor ihm. Mit etlichen Jahrzehnten Erfahrung, mit Forschung und Entwicklung für heute und morgen, mit modernsten Produktions- und Prüfverfahren und durch den praxisnahen Kontakt zu Kunden in aller Welt hat AGFA vieles an Wissen gesammelt, damit auch die Fragen der Langzeitlagerung beherrschbar bleiben. ◆



**Der Autor: Dr. Andreas Merkel**

Seit September 1987 ist der promovierte Physiker im Ruhestand. Dennoch ist Dr. Merkel AGFA und dem Magnetband weiterhin eng verbunden. In Deutschland und längst auch international hat er sich einen Ruf als Experte auf fast allen Gebieten erworben, die mit Audio- und Videoband zu tun haben.

Insgesamt 28 AGFA-Jahre hat er „aktiv“ verbracht, rund 15 davon entfielen auf den Technischen Service der Abteilung Anwendungstechnik.

Als ehemaliger Leiter des Technischen Service International kennt Dr. Merkel wie kaum ein anderer die Probleme der Praxis.

Für AGFA-GEVAERT und AGFA BAND bleibt er ständiger Berater und kompetenter Fachmann.

## Lagerung im Gleichgewicht

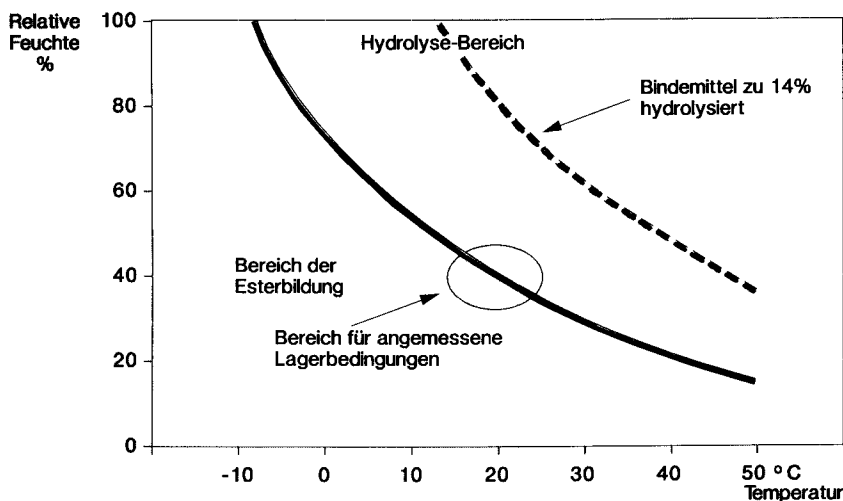


Abb. 14: Die Gleichgewichtskurven der Esterhydrolyse in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte