

Kopierpapiere

Kohlepapier

Wer erinnert sich nicht an die Kohlepapiere? Man benutzte sie, um beim Schreiben gleich eine oder mehrere Kopien im Durchschreibverfahren zu erhalten. Zwischen Original und Kopie wurden diese dünnen, auf der einen Seite mit feinem Kohlepulver beschichteten Papiere gelegt - unter Umständen wurde hier eine Reinigung der Hände notwendig -, spannte das Paket in die Schreibmaschine um dann mit kräftigen Anschlägen auf der Hermes 3000 einen Durchschlag zu erzeugen. Vertippte man sich, so wurde das ganze Set aus der Hermes gezogen, der Durchschlag vom Kohlepapier befreit und der Fehler mit einem wiederbeschreibbaren Speziallack getilgt. Derweil der Lack trocknete liess sich auf dem Original der Fehler mit einem harten Radiergummi entfernen. Anschliessend wieder alles in der richtigen Reihenfolge packen, einspannen, justieren und weiter ~~txne~~ tippen...

Etwas einfacher wurde das Ganze bei der Verwendung von Bleistift oder Kugelschreiber (Füllfederhalter ging nicht), komplizierter wurde es, wenn z.B. vier Durchschläge in einem Arbeitsgang erzeugt werden sollten.

Die Kohlepapiere konnte man für ca. 30 - 50 Kopiervorgänge wiederverwenden. In Kriminalfilmen der 50er Jahre lieferten sie dem Kommissar oft den entscheidenden Hinweis.

Auch wenn dieses Verfahren bis auf den heutigen Tag angewendet wird (die Kohlepapiere gibt's bei Loeb noch), so gehört es doch zu den romantischen Reliquien gestriger Bürotechnik. Abgelöst wurde es durch die billigen Kopierer und die kohlelosen Kopierpapiere.

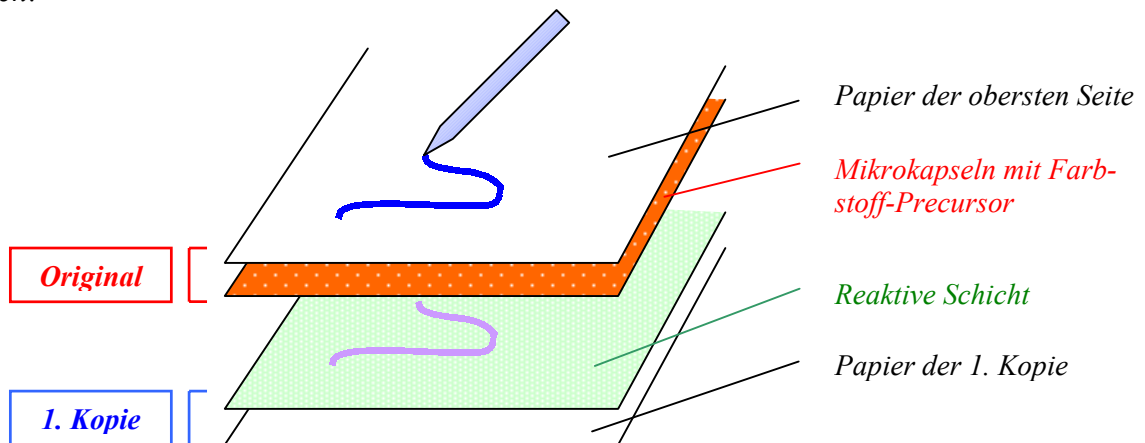
Kohlelose Kopierpapiere

Obwohl heute in jedem Büro ein Kopierer steht, der ab beliebigen Vorlagen innert weniger Sekunden Kopien in hervorragender Qualität anfertigt, besteht erstaunlicherweise nach wie vor ein grosser Bedarf an direkt kopierenden Papieren. Ihr Einsatz liegt v.a. bei handschriftlich anzufertigenden Dokumenten (Quittungen, Anmeldeformularen, Veträgen usw.). Weltweit werden pro Jahr ca. 10^9 kg benötigt. Dies entspricht einer Papierfläche von $1,25 \cdot 10^{10} \text{ m}^2$, rund einem Viertel der Schweiz oder einem Feld von 112 km Seitenlänge!

Das Prinzip

- Die oberste Seite (das Original) ist auf der Unterseite mit kleinen Kapseln von Farbstoffvorstufen beschichtet.
- Das darunterliegende Blatt (1. Kopie) ist auf der Oberseite mit einer Substanz beschichtet. Falls eine 2. Kopie vorgesehen ist, ist seine Unterseite gleich aufgebaut wie die des Originals.
- Der Druck des Kugelschreibers (oder der Schreibmaschinentype) lässt die Mikrokapseln platzen. Die austretende Farbstoffvorstufe reagiert mit der Substanz des darunterliegenden Papiers und bildet dabei einen Farbstoff.

Schematisch:



Dieses Konzept der mechanisch ausgelösten chemischen Reaktion wurde 1957 von der amerikanischen Firma *National Cash Register* (NCR) in den USA zum Patent angemeldet.

Mikorkapseln

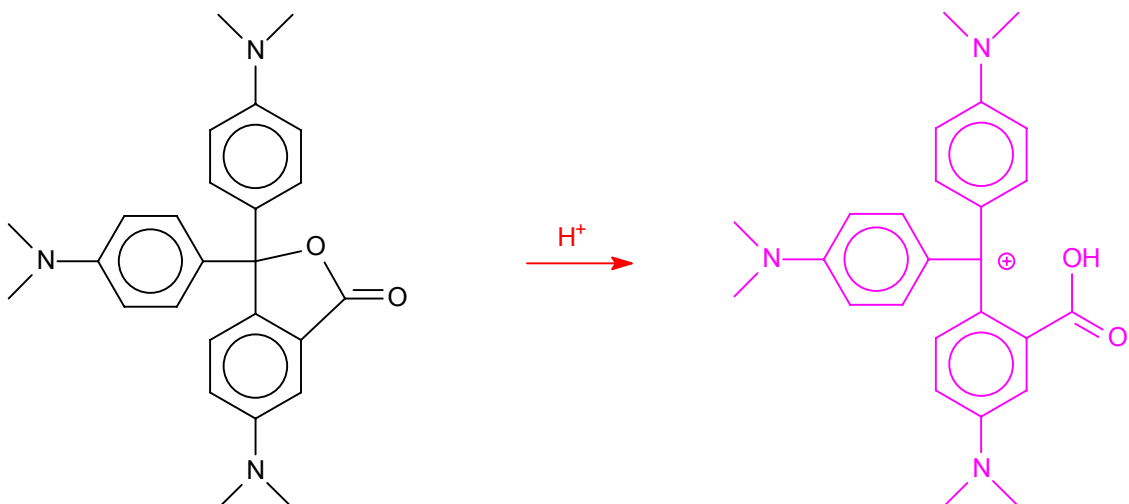
Heute werden fast nur noch synthetische Polymere zu ihrer Herstellung verwendet.

Beispiel: Harnstoff und Formaldehyd werden als Monomere in einer wässrigen Phase gelöst. Der Farbstoff (eigentlich erst seine Vorstufe, engl. *precursor*) wird in einem organischen Lösungsmittel emulgiert. Die beiden Phasen werden in Kontakt gebracht. An der Grenzfläche polymerisieren die Monomeren, schliessen dabei kleine Farbstoffpakete ein und bilden Feststoff-Kapseln mit einem typischen Durchmesser von 3 μm - 8 μm .

Farbstoff-Precursors

Im Normalfall handelt es sich dabei um eine farblose, organische Verbindung (einen sog. Leuko-Farbstoff; *leuko*, gr. - weiss), die in Kontakt mit H^+ -Ionen farbig wird.

Beispiel: Kristallviolett-Lacton, ein farbloser Leuko-Farbstoff, wird unter Säureeinfluss zum rot-schwarzen Kristallviolett.

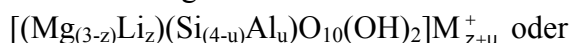


Änderung in der Hybridisierung und die Möglichkeit der Ladungsdelokalisation über das ganze planare aromatische System senkt die Anregungszustände vom UV (hohe Energie) für das Precursor-Molekül in den sichtbaren Bereich des Spektrums für das protonierte Produkt. Für unser Auge erscheint der Farbstoff nun in der Komplementärfarbe zur absorbierten Farbe.

Durch geeignete Wahl der Precursor-Moleküle und der reaktiven Schicht auf der Kopie können verschiedene Farben erzeugt werden: Schwarz, rot, orange, blau, grün, violett.

Die Reaktive Schicht

Typische Beschichtungen für die Kopie werden aus Bentonit, einer Lehmart, gewonnen und besitzen die Zusammensetzung:



Auch organische Beschichtungen (Phenol-Formaldehyd-Harze) und Zn-Si-Verbindungen werden verwendet. Allen Substanzen gemeinsam ist, dass sie Protonen abgeben können, entweder aufgrund ihrer Struktur oder nach vorgängiger Säure-Behandlung.

Konfektionierung

Obwohl das chemische Prinzip der Farbreaktion relativ einfach und leicht verständlich ist, sind noch zahlreiche weitere Massnahmen notwendig, um ein marktfähiges Produkt zu erhalten.

Zwei Beispiele:

- (i) In der reaktiven Schicht werden Zusatzstoffe eingebaut, die den durch Licht geförderten Ausbleichprozess der ursprünglichen Farbstoffe verlangsamen.
- (ii) Für die Mikrokapsel-Herstellung mussten neue Lösungsmittel gefunden werden. Während früher die äusserts toxischen PCB's verwendet wurden, arbeitet man heute mit unbedenklichen organischen Lösungsmittel-Gemischen, die die gewünschten Eigenschaften aufweisen: Farblos, gute Löslichkeit für die Precursors, inert, tiefer Dampfdruck, niedrige Viskosität, geringe Oberflächenspannung.
Als geeignet haben sich Diisopropyl-naphthalen und Phenylethyltetralin erwiesen.

Entwicklungsarbeiten zur Verbesserung dieses aus dem Alltag nicht mehr wegzudenkenden Artikels gehen deshalb - über 40 Jahre nach seiner Erfindung - weiter.