

# Leiterplattenherstellung für den Hobbyelektroniker

Best.-Nr.: 52 94 94



## Impressum

Diese Bedienungsanleitung ist eine Publikation der Conrad Electronic GmbH, Klaus-Conrad-Straße 1, D-92240 Hirschau.

Alle Rechte einschließlich Übersetzung vorbehalten. Reproduktionen jeder Art, z. B. Fotokopie, Mikroverfilmung, oder die Erfassung in EDV-Anlagen, bedürfen der schriftlichen Genehmigung des Herausgebers.

Nachdruck, auch auszugsweise, verboten.

Diese Bedienungsanleitung entspricht dem technischen Stand bei Drucklegung. Änderung in Technik und Ausstattung vorbehalten.

© Copyright 1996 by Conrad Electronic GmbH. Printed in Germany. \*359-11-96/05-C

100%  
Recycling-  
papier.

Chlorfrei  
gebleicht.



4 016138 529494

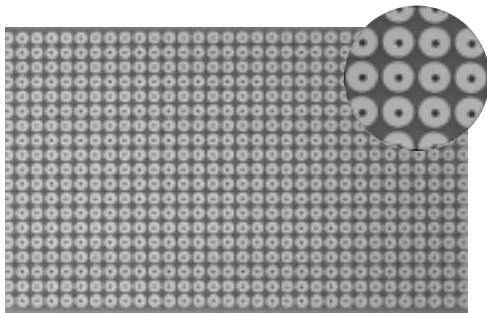


# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Möglichkeiten der Leiterplattenherstellung .....	2
Ätzmittel .....	8
Basismaterial .....	14
Vorbehandlung .....	17
Zeichnen und Kleben .....	18
Belichten .....	31
Entwickeln .....	35

## Möglichkeiten der Leiterplattenherstellung

### Loch- und Streifenraster



„Typische Lochrasterplatte“

Bevor Sie Ihre Schaltung (z.B. Mikrofonverstärker oder Timer) in die Tat umsetzen, erhebt sich die Frage nach einer geeigneten Unterbringung der Bauelemente. Der Aufwand für den Entwurf und die Anfertigung einer eigenen Platine steht hierbei in keinem Verhältnis zu der geringen Zahl von Bauteilen. Hobbyelektronikern stehen in solchen Fällen vorgefertigte, universelle Platinen zur Verfügung.

Eine umfangreiche Palette, von der einfachen Lötleiste bis zur komplexen Europlatine für zwölf integrierte Schaltungen, wird vom einschlägigen Markt angeboten. Letztere eignet sich mehr für spezielle Aufgaben und ist aus diesem Grund für den Bastler nur bedingt anwendbar. Richten wir unser Augenmerk lieber auf die Universellen.

Geeignet für fast jede kleine Schaltung sind Lötleisten, Loch- und Streifenrasterplatinen aus Hartpapier (Pertinax). Das umfangreiche Angebot der 1,5-mm-starken Lötleisten erstreckt sich über ein- und zweireihige Typen mit leicht entfernbaren Ösen und mit den verschiedensten Ösenformen. Auch Befestigungslöcher, um den späteren Einbau in ein Gehäuse zu erleichtern, sind vorhanden. Der Ösenabstand erstreckt sich von 6 mm, über 8 mm bis zu 10 mm und die Leistenbreite von 9 bis 14 mm bei einfachen und 38 mm bei zweifachen Leisten.

Tauchen integrierte Bausteine (ICs) in den Schaltungen auf, so bedeutet dies meist das Aus für die Lötleiste. Lötunkt- und Lötstreifenrasterplatinen sind gefragt. Den Vorzug sollten Ausführungen mit einem Lochabstand von 2,5 mm (2,54 mm) und mit 1-Millimeter-Bohrungen erhalten.

Der Grund hierfür ist denkbar einfach - der Beinchenabstand integrierter Schaltungen beträgt genau 2,54 mm und größere Bauteile weisen exakt ein Vielfaches davon auf. Diese 1,5-mm-starken Pertinaxplatten (Kupferauflage 35 µm) lassen sich leicht mit einer Laubsäge (Sägeblatt für Metall, Zahnung 2 oder 3) auf die erforderliche Größe zuschneiden. Um mit möglichst wenig Unterbrechungen auf der Streifenrasterplatine auszukommen, empfiehlt es sich, eine Zeichnung davon anzufertigen und die Bauteile und deren Verbindungen darauf einzutragen. Etwas Überlegung vorher erspart Trennstellen sowie unnötiges Ein- und Auslöten der Teile. Unterbrechungen lassen sich nur in den seltensten Fällen ganz vermeiden. Wo erforderlich, können Trennungen mit einem scharfen Messer oder Skalpell (Abb. 1) an geeigneter Stelle erfolgen. Unterbrechen Sie dazu die Leiterbahn durch zwei dicht nebeneinander liegende Schnitte und entfernen Sie mit dem Messer das dazwischen verbliebene Kupfer.



Abb. 1: Skalpell

Dieser Skalpellgriff aus Stahl, vernickelt und verchromt, ist durch seine Handlichkeit ideal für sauberes, präzises Arbeiten geeignet. Abm.: Grifflänge 100 mm, Gesamtlänge 124 mm. Lieferung ohne Klinge. Best.-Nr. 53 01 31.

Querverbindungen können mit Schaltdraht oder abgeschnittenen Resten, beispielsweise von Widerstandsanschlüssen, vorgenommen werden. Nicht ganz so ästhetisch sieht es auf einer Lötspurtrasterplatine aus. Dafür ermöglicht sie ein einfaches Bestücken und Verdrahten, meist genau nach dem vorliegenden Schaltplan. Die einzelnen Bauteile verbindet man durch umgebogene oder abgeschnittene Anschlußdrähte, welche mit den freien Punkten verlötet werden. Um einer Kurzschlußgefahr aus dem Wege zu gehen, vermeiden Sie schrägangelegte Verbindungen. Wenn es schon um die Ecke geht, dann bitte im rechten Winkel.

Obwohl der Aufbau mit Lochtrasterplatten sehr einfach ist, beachten Sie vor dem Anlöten der Bauteile deren Position. Nach häufigem Ein- oder Auslöten sowie mechanischem Druck auf die befestigten Bauteile lösen sich die Lötunkte allzuleicht von der Platine ab.

## Viele Wege führen zur eigenen Platine

Tatsächlich gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten, um sich seine eigene Platine herzustellen, angefangen vom ätzfesten Abdecklack, Spezialstifte mit ätzfester Tinte, Abreibesymbole bis hin zum Fotopositivverfahren. Eine gewisse Grundausstattung darf nicht fehlen. Unumgänglich ist die Anschaffung einer Minibohrmaschine (Abb. 2), aber auch hier kann gespart werden. Besitzen Sie bereits ein Netzgerät, welches 12 Volt und einen Strom von 2 Ampere abgeben kann, so bedarf es keines Spezialnetzteils. Sparen sollte man allerdings nicht an der Leistung des Minibohrers. Eine Ausgabe von ein paar Mark mehr macht sich bei Epoxydharzplatten schnell bemerkbar.



Abb. 2: Bohr- und Fräsgerät MINIMOT 40E

*Präzisions-Kleinbohrmaschine mit elektronischer Drehzahlregelung. Hochwertige Kugellager gegen radiales und axiales Spiel. Dreifach geschlitzte, gehärtete Stahlspannzangen für extreme Rundlaufgenauigkeit. Lieferung erfolgt inkl. 3 Spannzangen. Best.-Nr. 80 08 64.*

Steht der Sinn nach nicht nur einmaliger Platinenanfertigung, so ist auch dies ein Grund für spezielle Bohrer (Abb. 3). Benötigt werden davon eigentlich nur drei Größen (0,8 mm Ø, 1,0 mm Ø und 1,3 mm Ø). An dem harten Basismaterial Epoxyd verschleiben normale HSS-Bohrer sehr schnell. Das Anschleifen solcher Größen ist jedoch meist mit Schwierigkeiten verbunden. Ein Gedanke, der die Anschaffung von Hartmetallbohrern rechtfertigt. Ihnen scheint unbegrenzte Lebensdauer (Standzeit) beschieden, sofern Sie bei der Handhabung nicht abrutschen oder verkanten. Dabei nämlich brechen die Bohrer sofort ab und an ein Anschleifen (außer mit Diamantschleifscheibe) ist nicht zu denken. Bemerkenswert an ihnen ist der beschleunigte Bohrvorgang und die sehr sauberen Bohrstellen (wie gefräst).



Abb. 3: Spezialbohrer aus Vollhartmetall

*Zum Bohren von Leiterplatten, speziell für Epo-Platten u.ä. Sehr hohe Standzeit, saubere Bohrungen (wie gefräst). Mit verstärktem Schaft. Best.-Nr. 80 19 84 (0,8 mm Ø), Best.-Nr. 80 19 76 (1,0 mm Ø), Best.-Nr. 80 19 68 (1,3 mm Ø).*

Zu den Minibohrmaschinen liefert der Hersteller Bohrfutter (Spannzangen) der verschiedensten Innendurchmesser (bis 3 mm Ø). Bedenken Sie jedoch die Dimensionen eines normalen 3 mm HSS-Bohrers. Das Lager des Bohrkopf hält solchen Belastungen oft nicht lange stand und leiert aus. Präzise Bohrungen sind mit einer so geschädigten Maschine nicht mehr möglich. Sie verursacht statt der 0,8 mm Bohrung ein Loch von unbekanntem Durchmesser.



Abb. 4: Arbeitsschale

*Ausführung auch für größere Platinen. Die Schalen sind ineinander und nach Drehung auch mit Inhalt stapelbar. Abmessungen am Grund (L x B) 250 x 220 mm, Innenhöhe 50 mm. Material: Polystyrol; max. Temp. 70°C. Farbe: weiß. Best.-Nr. 53 01 23.*

Da Platinen nicht gekörnt werden können (Bruchgefahr), ist dadurch ein exaktes Ansetzen ebenfalls unmöglich geworden. Für das „Ätzsüppchen“ bedarf es eines speziellen Gefäßes (Abb. 4). Flach muß es sein, am Grund mindestens eine Fläche von 200 x 150 mm aufweisen und die Höhe sollte nicht mehr als 50 mm betragen. Der aggressiven Säure muß es standhalten (kein Metall) und verschließbar sollte es auch sein, um ein Aufbewahren der noch nicht verbrauchten Ätzflüssigkeit zu ermöglichen. Beim Ätzen ist eine Temperatur von ca. 70°C erforderlich. Beachten Sie deshalb, daß nur Behälter mit entsprechender Temperaturfestigkeit verwendet werden.

Wer die Kosten nicht scheut, sollte sich die Anschaffung einer Spezial-

ätzenanlage mit Umwälz- und Belüftungspumpe sowie integrierter Heizung überlegen. Dazu gleich noch eine große Bitte von uns und der Umwelt. Wie Ihnen bekannt sein dürfte „versaut“ ein Tropfen Öl einen Kubikmeter Wasser. Bei Ihrer verbrauchten, selbst angesetzten Ätzflüssigkeit und dem darin enthaltenen Kupfer läßt sich der Schadstoffgehalt von dieser Stelle aus nur schwer ermesen. Aber schätzungsweise benötigen Sie zur Neutralisierung, d.h. um die Flüssigkeit auf einen zulässigen pH-Wert zu bringen, 200 Kubikmeter Wasser. Der „Schädling“ Kupfer bleibt dabei aber noch unberücksichtigt.

**Also:** Verbrauchte Ätzflüssigkeit gehört weder in den Abfluß noch in die Toilette! Laut Gesetzgeber ist das Einleiten von Ätzflüssigkeiten ohne vorherige Neutralisierung und Entgiftung verboten! Neutralisierer wandeln saure Flüssigkeiten in chemisch neutrale (pH = 7) um. Um es einfach auszudrücken: Eine Säure verliert durch Hinzufügen einer bestimmten Menge Lauge weitgehend ihre schädliche Wirkung für die Umwelt. Ein Beutel Neutralisierer (Soda-Natriumcarbonat; im Fachhandel erhältlich) mit 20 g Inhalt reicht aus um 200 g Eisen-III-Chlorid zu entschärfen. Dies entspricht einer Ätzflüssigkeitsmenge von ca. einem Liter. Beim Kauf der Neutralisierer ist erstens darauf zu achten, für welche Ätzmittel sie hergestellt wurden und zweitens, für welche Menge (Gewichtsangabe) Ätzmittel der Beutelinhalt ausreicht. Zuviel des Guten verursacht ein neues „Gift“!

Es empfiehlt sich bei einer unbekanntem Menge Ätzsubstanz, diese vor dem Ansetzen zu wiegen. Die Anwendung des Neutralisierers gestaltet sich sehr einfach. Kippen Sie das Pulver in die ggf. noch warme, verbrauchte Ätzflüssigkeit und verteilen Sie (umrühren) es gleichmäßig. Nach dessen Auflösung erhalten Sie einen leicht transportablen „Wackelpudding“. Wer nun glaubt, diese geleeartige Masse kann in den Mülleimer - der irrt. Die Wirkung der Säure ist zwar aufgehoben, aber das giftige Kupfer existiert noch in gelöster Form. Also: Ab damit zur Sondermüllabgabestelle!

## Noch ein paar Utensilien für's Chemielabor

Bei Säuren und Laugen gilt, so auch für unsere Ätz- und Entwicklerlösungen: „Haut- und Augenkontakt vermeiden“!

Die Hände schützen beim Umgang mit diesen Flüssigkeiten dünne

Gummihandschuhe; aber säureresistent müssen sie sein. Sollte doch einmal ein Spritzer an Textilien gelangen, diesen sofort mit lauwarmen Wasser und Seife auswaschen, da sonst das Gewebe ausbleicht. Bei Haut- oder Augenkontakt sofort mit viel lauwarmen Wasser und milder Seife spülen. Der Ätzvorgang muß nicht nur aus diesen Gründen in unmittelbarer Nähe einer Spüle (Warmwasseranschluß) erfolgen. Zum Umrühren der Lösungen empfiehlt sich die Anschaffung eines Glasstabes. Unedles Metall oder Holz wird von ihnen angegriffen und ist daher nicht geeignet.

Bei den verschiedenen Lösungen tauchen die unterschiedlichsten Temperaturangaben auf. Für gute Ergebnisse ist daher eine Kontrolle unerlässlich. Die Anschaffung für ein Thermometer (säurefest, Glas,  $-10^{\circ}\text{C}$  bis  $+100^{\circ}\text{C}$ ) macht sich durch die geringere Zahl von Versuchen und den damit verbundenen Kosten bezahlt. Auch eine säure- und temperaturbeständige Pinzette gehört zum Repertoire.

## Ätzmittel

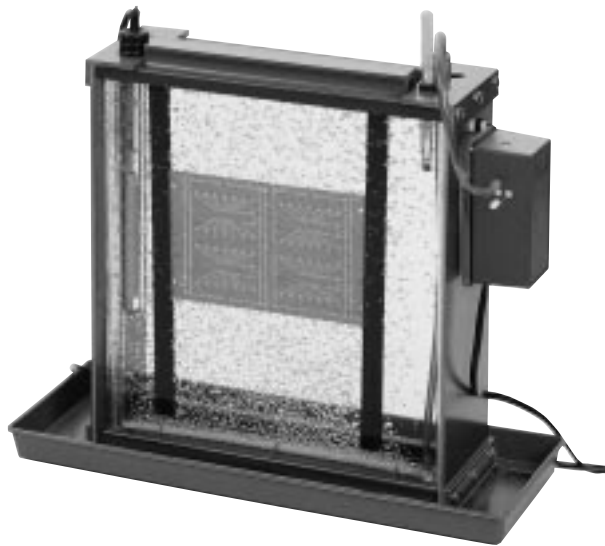


Abb. 5: Spezial-Ätzmaschine mit Heizung Typ 2030

*In die Glasküvette führt ein Luftverteilerschlauch mit feinen Luftaustrittsöffnungen sowie ein Schlauch zum Umwälzen der Flüssigkeit. Am Rahmen befindet sich eine Membranpumpe sowie das Umwälzsystem mit regelbarer Heizung 100 W/230 V.*

*Verstellbare Platinenhalter für Platinen bis max. 200 x 250 mm, Thermometer sowie einer Entwicklerschale, (L x B x H) 400 x 150 x 20 mm. Füllmenge  $1\frac{1}{4}$  Liter. Best.-Nr. 53 03 28.*

## Grundsätzliches

Die verschiedenen Ätzmittel zeigen bei bestimmten Temperaturen höchste Aggressivität. Falls die unterschiedlichen Anbringungsmöglichkeiten des Leiterbahnbildes solche Temperaturen zulassen, sollten diese, um den Ätzvorgang zu beschleunigen, eingehalten werden. Auch empfiehlt es sich, die Platine dabei ständig zu bewegen. Die Bewegung überträgt sich auf die Ätzflüssigkeit und beschleunigt ebenfalls den Ätzprozess. Verwenden Sie dazu die säurefeste Kunststoffpinzette oder bohren ein für spätere Zwecke vorgesehenes Montageloch in die Platine, befestigen daran einen Nylonfaden (Drachenschnur) und ziehen an diesem die Platine durch die Flüssigkeit.

Benötigen Sie für den Ätzvorgang erheblich mehr Zeit als angegeben oder hat die Lösung eine dunkelgrüne Farbe angenommen, so sind dies Anzeichen einer verbrauchten Lösung. Durch den Mehrbedarf an Zeit werden die Ränder der geätzten Leiterbahnen „angefressen“. Kontrollieren Sie also immer wieder den Stand der Prozedur. In mehrfach angewandter Lösung bildet sich auf der Platine ein für den Ätzvorgang hemmender Belag.

Bei der idealen Ätztemperatur kündigt sich das Ende der Ätzflüssigkeit schlagartig an. Es bilden sich innerhalb sehr kurzer Zeit große, grüne Kristalle. Dies sieht zwar schön aus - ist aber hochgiftig! Ätzmittel oder Ätzlösungen sollten in einem trockenen, kühlen Raum fern von Lebensmitteln und unbedingt außerhalb der Reichweite von Kindern aufbewahrt werden.

Im Bereich der Kleinserienfertigung von nichtdurchkontaktierten Platinen dominieren Ätzmittel auf saurer Basis, deren bekannteste Vertreter Eisen-III-Chlorid, Ammonium- bzw. Natriumpersulfat sowie Mittel auf der Basis von Salzsäure/Wasserstoffperoxid sind.

## Eisen-III-Chlorid ( $\text{FeCl}_3$ )



Abb. 6: Eisen-III-Chlorid

Ca. 250 g, ausreichend für 1 Liter Ätzmittel. Best.-Nr. 52 87 22.

Trotz der nachteiligen Handhabung (Schlamm- und Verschmutzungsbildung) erlebt dieses rost- bis gelbbraune Ätzmittel mittlerweile eine regelrechte Renaissance, die es seiner relativ einfachen Entsorgung verdankt.  $\text{FeCl}_3$  wird wahlweise als gebrauchsfertige Lösung, als Granulat (Abb. 6) oder auch als hochreines und hochreaktives Sublimat angeboten (mit einem Reinheitsgehalt von ca. 98%). Letzteres ist ausgesprochen hygroskopisch und erwärmt sich beim Lösen sehr stark (es ist exotherm). Die optimale Konzentration liegt bei 30...35%, d.h. man benötigt 300...350 g Sublimat auf einen Liter Wasser.

Das Granulat besteht aus rund 60%  $\text{FeCl}_3$  und 40% Kristallwasser; aufgrund des geringeren Anteils an aktiver Substanz benötigt man zwar einen größeren Mengeneinsatz als beim Sublimat, aber das Granulat ist nicht exotherm und läßt sich daher einfacher handhaben. 800 g eines 56%igen Granulats ergeben mit 1 l Wasser eine gebrauchsfertige Menge von 1,4 l Lösung (32%ig).

In der wässrigen  $\text{FeCl}_3$ -Lösung oxidiert Kupfer zu  $\text{CuCl}_2$ , wobei das Ätzmittel in das geringerwertige Eisen-II-Chlorid ( $\text{FeCl}_2$ ) übergeht. Bei der Arbeit ist für ausreichende Belüftung zu sorgen, da die entstehenden

Dämpfe schleimhautreizend sein können und auf Metallgegenstände korrosiv wirken (rostbildend). Eine Lösung mit 35% Gewichtsanteilen  $\text{FeCl}_3$  kann rechnerisch pro Liter etwa 50 g Kupfer aufnehmen. Bei einer Temperatur von 45°C, unverbrauchter Lösung und professionellen Ätzmaschinen können pro Sekunde ca. 0,5 µm abgetragen werden, d.h. die 35 µm dicke Schicht läßt sich in gut einer Minute wegätzen.

Nähert sich die Lösung der Sättigungsgrenze, bildet sich verstärkt Eisen- und Kupferchloridschlamm; das verbrauchte Ätzmittel ist wegen des Kupferanteils ausschließlich als Sondermüll zu entsorgen. Bezüglich der 'Gefährlichkeit' sei darauf verwiesen, daß  $\text{FeCl}_3$  in Kläranlagen als Flockungs-Hilfsmittel verwendet wird (wohlgemerkt die Chemikalie, nicht die verbrauchte Lösung).

## Feinätzkristall



Abb. 7: Feinätzkristall

Das absolut saubere und problemlose Ätzmittel - die ideale Alternative zu Eisen-III-Chlorid. Unübertroffene Konturenschärfe, geringste Unterätzung. Einsetzbar im Temperaturbereich von 40 - 50°C (max.). Völlig frei von Ammonium. Kristallisiert nicht aus - daher ist die Ätzlösung mehrfach verwendbar. Feinätzkristall für 1 l (ca. 230 g). Best.-Nr. 52 94 27.

Ammoniumpersulfatlösungen können wegen der rasch nachlassenden Ätzkraft jedoch nur einmal verwendet werden. Für nicht-nur-Hobby-elektroniker liefert die Fa. Seno ihr Feinätzkristall (Abb. 7). Der 230 g-Beutel des ebenfalls weißen Pulvers ergibt einen Liter Ätzflüssigkeit. Das Feinätzkristall liefert konturenscharfe Ergebnisse, zeigt nur geringe Unterätzung und ist mehrfach verwendbar. Im kalten Zustand ist eine Feinätzkristalllösung nur wenig aggressiv und Spritzer lassen sich, ohne daß Flecken zurückbleiben, mit Wasser wegwaschen. Seine volle Ätzkraft entfaltet sie bei 40°C bis maximal 50°C. Abgekühlt kristallisiert sie nicht aus, sondern bleibt bis unter 0°C in Lösung. Der leicht lösliche Inhalt des Beutels wird in einem Liter Wasser von 70 bis 80°C aufgelöst. Durch den Auflösungsvorgang kühlt sich die Lösung auf ca. 50°C ab und ist somit gebrauchsfertig. Der Ätzvorgang beansprucht bei dieser Temperatur ca. 10 bis 20 Minuten und kann durch die relativ klare Lösung beobachtet werden.

## Achtung!

In luftdicht verschlossenen Behältern dürfen Sie Feinätzkristalllösungen wegen ihrer Gasentwicklung nicht lagern!

## Natriumpersulfat (NaPS)



Abb. 8: Ätzmittel - Natriumpersulfat

Ca. 100 g im Beutel, ausreichend für 0,5 Liter. Best.-Nr. 52 92 57.

NaPS hat längst das Mitte der Siebziger Jahre propagierte Ammoniumpersulfat ersetzt; lange Zeit galten beide als 'saubere' Alternative zum Eisen-III-Chlorid, weil hier keine Schlamm Bildung auftritt und auch die

verbrauchte Lösung wasserklar bleibt (blaßblau bis grünlich gefärbt). Das weiß-kristalline Pulver löst sich recht langsam und endotherm (d.h. unter Wärmezufuhr) in Wasser; man setzt ca. 250 g pro Liter an und nimmt dazu ca. 40°C warmes Wasser.

Die Reaktion läuft dergestalt ab, daß Natriumpersulfat in Natriumsulfat umgewandelt wird und Kupfer in Kupfersulfat übergeht. Die optimale Betriebstemperatur liegt bei ca. 45°C; wird das Bad wärmer als 60°C, beginnt die Zersetzung des NaPS, wobei es Sauerstoff abspaltet und seine Ätzfähigkeit verliert. Rein rechnerisch ist die Aufnahmefähigkeit für Kupfer etwa gleich groß wie bei FeCl<sub>3</sub>, allerdings ist die Ätzgeschwindigkeit rund zehnmal langsamer; damit steigt die Gefahr des Unterätzens an den Leiterbahnrandern.

In der Industrie hilft (bzw. half) man dem Ätzmittel durch Beigabe eines (quecksilberhaltigen) Katalysators geschwindigkeitsmäßig auf die Sprünge, was aufgrund der dadurch zusätzlich entstehenden Umweltbelastung aber kaum noch tragbar ist. Die Chemikalie selbst ist unzweifelhaft sauberer und leichter handhabbar als FeCl<sub>3</sub>, aber die verbrauchte Lösung mit dem gelösten Kupfer (noch dazu mit eventuellen Quecksilber-Anteilen) ist fast nicht auf den zulässigen Grenzwert neutralisierbar (das wäre mehr als zehnmal aufwendiger als bei FeCl<sub>3</sub>, zumal APS zur Bildung von Komplexsalzen neigt).

Beachten Sie grundsätzlich die auf den Verpackungen der verschiedenen Ätzmittel aufgedruckte Gebrauchsanweisung!

## Kupferchlorid (CuCl)

Der Vollständigkeit halber sei dieses auf der Basis von Salzsäure (HCl) und Wasserstoffperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) arbeitende Ätzmittel hier erwähnt, weil es zu den regenerierbaren Chemikaliensystemen gehört. Es stellt derzeit vom Umweltschutz her ein Optimum dar, eignet sich aufgrund der aufwendigen Verarbeitungsanlagen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten aber nur für die Großserienfertigung.

Unter dem Umwelt-Aspekt ist es allerdings denkbar, daß Kupferchlorid in naher Zukunft auch im Laborbereich an Bedeutung gewinnt. Die verbrauchte Lösung enthält außer dem Reaktionsprodukt Kupferchlorid keine anderen Metallsalze und kann recycelt oder direkt für andere

Zwecke weiterverwendet werden. Das trifft auch auf ähnlich wirkende Systeme zu, die auf der Basis von Schwefel- oder Phosphorsäure und Wasserstoffperoxid arbeiten.

## Umweltaspekte

Die (regional recht unterschiedlichen) Einleitungsbestimmungen orientieren sich bei der Schwermetallkonzentration im Abwasser an einem gesetzlichen Grenzwert von 0,5 mg/l. Wollte man also einen Liter verbrauchte Ätzlösung (die 50 g Kupfer enthalten kann) durch Zugabe von Wasser auf diesen Grenzwert verdünnen, würde man dazu 100 000 Liter (!) benötigen!

**Einen Kubikzentimeter verbrauchter Ätzlösung müßte man theoretisch mit mindestens 100 l Wasser verdünnen, ehe man die Grenze zur Abwassergefährdung unterschreitet.**

Daher gilt für unseren Bereich die eindringliche Aufforderung zur sachgerechten Entsorgung als Sondermüll (Abgabe im Schadstoffmobil oder an entsprechenden Sammelstellen; **Abfallschlüssel angeben: 52 721**).

## Basismaterial



*Basismaterial, 1,5 mm-stark, in verschiedenen Größen erhältlich.*

Gerade im Hobby-Bereich wird als Basismaterial teilweise regelrechter Ausschuß in Umlauf gebracht; das ist auch der Grund für zahlreiche Un-

gerheimtheiten, die von angeblich schlechten Materialeigenschaften zu berichten wissen.

Klare Verhältnisse schaffen auch hier die einschlägigen Normen, die leider immer wieder vorenthalten bzw. verschleiert werden. Maßgeblich hierfür ist die DIN 40 802, allerdings sind auch bei uns eher die englischen FR-Kurzbezeichnungen der NEMA geläufig (National Electronics Manufacturers Association; Nationaler Verband der Elektronik-Hersteller).

Es sei ausdrücklich erwähnt, daß die Preisspanne zwischen abfallverdächtigem Ausschuß und hochwertigem Epoxyd-Glashartgewebe kaum 2,- DM ausmacht (bei einer einseitig fotobeschichteten Platine im Europaformat)! Wer hier das Sparen anfängt, erweist sich wahrlich keinen Bären dienst!

Das Material ist in unterschiedlichen Dicken von 0,5...2,5 mm lieferbar, ein- oder zweiseitig kupfer- und fotobeschichtet. Es kommt vorrangig die Materialstärke von 1,5 mm zum Einsatz, weil sich dieses Material noch gut bearbeiten läßt (auch mit der Laubsäge oder Kleinbohrmaschine) und doch eine ausgezeichnete Festigkeit besitzt. Ein äußerliches Qualitätsmerkmal sind einwandfrei glatte Schnittkanten, die keine Ausbrüche der Fotoschicht aufweisen (Flitterbildung).

## Materialart FR-2

Es handelt sich um hellbraunes Phenolharz-Hartpapier (Klasse PF-CP 02 nach DIN), das nur in 1,5 mm Dicke lieferbar ist. Dieses preiswerteste Basismaterial weist aber hinsichtlich der mechanischen, thermischen und elektrischen Eigenschaften deutliche Nachteile auf, und wegen des Phenolgehaltes ist es stark rückläufig.

## Materialart FR-3

Dieses Epoxydharz-Hartpapier mit creme-opaker Färbung (EP-CP 01 nach DIN) hat deutlich bessere Eigenschaften als FR-2 und läuft diesem sozusagen den Rang ab (es ist ohnehin umweltfreundlicher).

## Materialart FR-4

Dies ist, auch im industriellen Bereich, die Spitzenqualität eines Epoxyd-Glashartgewebes, das (nach Entfernen der Schutzschichten) an seinem



transparenten, naturfarbenen Aussehen erkennbar ist (EP-GC 02 nach DIN). Es ist in jeder Hinsicht maximal belastbar, besitzt ausgezeichnete elektrische Eigenschaften (Kriechstromfestigkeit, geringe HF-Verluste), läßt sich aber auch noch ohne weiteres mit Hobby-Mitteln bearbeiten.

## Materialart CEM-1

Epoxydharz-Hartpapier mit beidseitigem Glasgewebebogen (Composite Material; zusammengesetztes Material); ein guter Kompromiß zwischen dem preiswerten FR-3 und dem hochwertigeren FR-4. Im Aussehen ähnelt es FR-3 und läßt hohe Bohrer-Standzeiten zu.

## Kupferschicht

Die gängige Schichtdicke beträgt 35 µm. Das sind 3,5 Hundertstel bzw. 35 Tausendstel Millimeter; (normales Schreibmaschinenpapier ist ungefähr 100 µm dick). Das hört sich nach nichts an, aber der Schein trügt gewaltig:

**Eine Europakarte bringt es immerhin auf 0,56 cm<sup>3</sup> Kupfer, was so viel ist wie ein Würfel mit 8 mm Kantenlänge oder eine Kugel von 10 mm Durchmesser! Und dieses Kupfer soll - größtenteils jedenfalls - von der Platine entfernt werden; bei unsachgemäßer Entsorgung führt das zu einer nicht tragbaren Umweltbelastung durch das Schwermetall!**

Daß 35 µm gar nicht so wenig sind, verdeutlicht auch noch folgende Überlegung: Eine 1 mm breite Leiterbahn hat ungefähr denselben Querschnitt wie ein 0,2 mm dicker Kupferdraht! Beide bringen es auf einen ohmschen Widerstand von ca. 0,5 Ω/m oder 5 mΩ/cm.

Die Kupferfolie besitzt ein Haftvermögen von ca. 2 N/mm<sup>2</sup>; auf ein 4-mm-Lötauge (mit 1,3-mm-Bohrung) umgerechnet bedeutet das eine Abreißkraft um 200 N (Newton; variiert je nach Qualität von 130...340 N). Zur Verdeutlichung: Eine Masse von 20 kg erzeugt auf der Erde eine (Gewichts-)Kraft von 200 N. Diese Schicht hält im 260°C heißen Lötbad 20...120 s aus, ohne sich abzulösen (19 s für FR-2, 25 s für FR-3 und 120 s für FR-4).

## Vorbehandlung

Die zu bearbeitende Platine muß absolut fettfrei sein. Zur Reinigung eignet sich Scheuermittel (Ata oder Vim), welches Sie auf die kupferkaschierte Seite der Platine streuen und mit einem feuchten Tuch verreiben. Diese Scheuermittel machen die Kupferschicht blank und nahezu oxydfrei. Danach die Platine reichlich mit Wasser abspülen und zwischen saugfähigem Papier (Haushaltstücher) trocknen. Auf diese Weise gereinigtes Kupfer läuft allerdings relativ schnell wieder an (auch verursacht durch Chlor). Die Weiterverarbeitung darf also nicht Tage später erfolgen. Andere Reinigungsmittel wie Scheuerschwämme (AKO-Pads) oder gar Lösungsmittel sollten nicht benutzt werden. Das Anbringen von Anreibesymbolen, Fotopositivlack usw. gestaltet sich auf einer so bearbeiteten Platine problemlos.



Abb. 9: Polibloc

*Polibloc ist das ideale und unentbehrliche Hilfsmittel zur trockenen, absolut blanken und fettfreien Reinigung von Basismaterial. Idealer Haftgrund für Ätztifte, Photolacke, Transfersymbole etc. Auch zum Reinigen von sonstigen Metalloberflächen und Kontakten. Best.-Nr. 52 94 19.*

Einen idealen Haftgrund für ätzfeste Tusche, Fotolack, Transfersymbole, chem. Verzinnung usw. schafft der Seno „Polibloc“ (Abb. 9). Zur trockenen Reinigung wird der kleine Klotz auf der zu reinigenden Oberfläche mit leichtem Druck immer in eine Richtung geführt, bis das Kupfer vollständig metallisch blank glänzt. Durch den mechanischen Druck kann die

Reinigungstiefe beeinflusst werden. Nach der Prozedur den Abrieb vorsichtig mit einem Papiertaschentuch entfernen. Mit diesem Hilfsmittel trockenbehandeltes Kupfer bleibt über einen längeren Zeitraum blank.

Die Vorbehandlung entfernt vor allem das Fett. Fingerabdrücke sind deshalb auf der gereinigten Platine absolut zu vermeiden.

## Zeichnen und Kleben

### Malen und Rubbeln



Abb. 10: Leitsilber

*Zum Herstellen und Ausbessern von gedruckten Schaltungen, Leitungen, z. B. heizbare Heckscheibe • Aufgedruckte Autoantenne • Gedruckte Schaltung. Es können Leitungen auf Keramik, Glas, PVC und Plexiglas hergestellt werden. Nach dem Trocknen (3 - 4 Stunden) sind Leitungen voll belastbar. Flascheninhalt 3 g, reicht für ca. 130 - 160 cm<sup>2</sup>. Best.-Nr. 53 00 42.*

Früher hat man mit Hilfe von Abdecklack und Pinsel das Leiterbahnbild auf die Platine übertragen. Diese Zeiten sind durch die kleinen Dimensionen moderner Bauelemente vorbei. Gänzlich verdrängen läßt sich aber diese Methode nicht. Sie eignet sich immer noch ideal zum Abdecken größerer Verbindungsstellen oder Masseflächen. So ein Fläschchen Abdecklack (Abb. 10) dient gleichzeitig als Flußmittel und braucht nach dem Ätzen nicht entfernt werden. Eingedickter Abdecklack kann mit Spiritus oder entsprechenden Mitteln verdünnt werden, jedoch leidet bei zu starker Verdünnung die Ätzbeständigkeit.

Nach dem Auftragen muß der Lack erstmal trocknen. Die Trockenzeit ist abhängig von der Auftragsdicke sowie von der Trockentemperatur, sie sollte aber ca. 30 Minuten nicht überschreiten. Machen Sie die Probe: Der Lack ist trocken, wenn er bei leichter Berührung mit dem Finger nicht mehr klebt.

## Stifte



Abb. 11: Spezial-Ätzstift „edding 780“

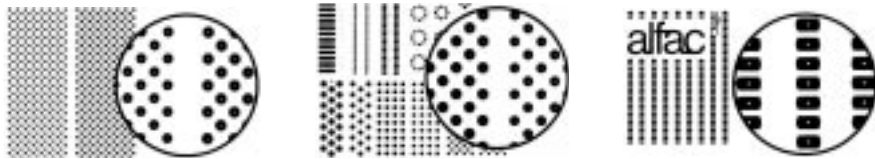
*Dieser Präzisionsstift dient zum schnellen Herstellen ätzfester Leiterplatten. Die Auftragung erfolgt direkt auf kupferkaschierte Platten, sehr gute Haftung, kein Ablösen beim Ätzvorgang, randscharfe Leiterbahnen. Extrafeine Schreibspitze, die sich auch bei längerem Gebrauch nicht breit schreibt. Permanente, wisch- und wasserfeste, deckende Tusche. Ventilgesteuerter Tuschefluß. Metallgefaßte Kunststoffspitze, Strichbreite ca. 0,8 mm. Best.-Nr. 52 89 94 (schwarz); Best.-Nr. 52 89 78 (weiß).*

Ein beinahe problemloses Hilfsmittel zum Zeichnen von gedruckten Schaltungen stellen die Spezialstifte mit ätzfester Tusche dar. Das umfangreiche Angebot erschwert dem Hobbyelektroniker die Wahl, denn die Kaufentscheidung ist abhängig von dem „wann, wie oft und was“ gezeichnet werden soll.

Die Stifte der Firma Dalo enthalten vollständig freifließende (kein Füllstoff), ätzfeste Tinte und sind auf Grund der Schutzgasfüllung nahezu unbegrenzt lagerfähig. Vor dem ersten Gebrauch bzw. nach längeren Arbeitspausen muß ihre Spitze kurz gegen eine saugfähige Unterlage (Löschpapier) gedrückt werden. Dadurch öffnet sich das Miniaturventil und trinkt die Spitze. Die Tinte hat die beste Viskosität (Fließfähigkeit) bei 20 bis 25°C. Zeichnen Sie die gewünschte Schaltung mit ruhiger Führung und achten Sie darauf, daß der Tintenfluß gleichmäßig und gut deckend ist. Besonders bewährt von der Firma „Edding“ hat sich der Spezial-Ätzstift „edding 780“ (Abb. 11).

Nach der Trockenzeit kann die Schaltung mit jeder sauren Ätzlösung sowohl in Wannen als auch in Ätzmaschinen geätzt werden. Die Temperatur der Ätzlösung darf dabei aber 45°C nicht überschreiten.

## Klebesymbole



*Abreibesymbole, in verschiedenen Ausführungen erhältlich.*

Die elegante Art, eine Platine herzustellen ist die Verwendung von Abreibesymbolen, welche direkt auf das kupferkaschierte Basismaterial übertragen werden. Der Vorteil: Ein exaktes Arbeiten wird durch das genau im Rastermaß erfolgte Herstellungsverfahren gewährleistet. Somit können mehrere Symbole ohne Korrektur übertragen werden. Ihre Vielfalt z.B. für ICs, Transistoren, Leiterbahnen verschiedener Breite, Kurven und Lötäugen ermöglicht sehr saubere Vorlagen. Beim Kauf der Symbole achten Sie darauf, daß es sich um ätzfeste Ausführungen handelt. Für gelegentliche Platinenherstellung bietet der Handel Bögen mit verschiedenen Symbolen an.

Die Symbole lassen sich am einfachsten mit dem stumpfen Ende eines kleinen Pinsels übertragen. Bleistifte und Kugelschreiber sind hierfür ungeeignet, da sie abfärben (man erkennt beim Abreiben die Position

des Symbols nicht mehr), ggf. auch die Haftfolie einreißen und somit das Symbol zerstören. Heben Sie zur Anbringung das Deckblatt ab, fixieren Sie das Symbol auf der Platine und halten Sie diese, sowie die gestraffte Haftfolie, fest. Rubbeln Sie nun mit leichtem Druck, ohne die Folie zu bewegen, das Symbol an. Es klebt, wenn sich die Haftfolie über dem Symbol hellgrau verfärbt.

Entfernen Sie nun langsam die Folie und drücken (nicht reiben) Sie das Symbol mit einem Papiertaschentuch nochmals an. Schmutz und Staub auf der klebrigen Symbolseite verursachen nicht sichtbare Haarrisse und die Ätzlösung greift so das vermeintlich geschützte Kupfer an. Um dies zu vermeiden gehört das Deckblatt nach jeder „Rubbelei“ an seine vorgesehene Stelle und nicht in den Papierkorb. Ein falsch positioniertes Symbol entfernen Sie am einfachsten, indem Sie es mit Selbstklebeband überkleben und dieses ruckartig „wegreißen“.



*Abb. 12: Montageplatte*

*Wird benötigt zur Erstellung von Layout-Folien, Zeichnungen, Druckunterlagen, Bohrplänen, Leitungsbildern usw. Die harte Montageplatte verhindert ein Durchdringen des Messers auf die Unterlage. Risse und Beschmutzung des Arbeitstisches durch Schneiden und Trennen ist dadurch ausgeschlossen. Die Montageplatte zeichnet sich besonders aus*

durch: • Rutschfeste, sichere Arbeitsfläche • Nichtreflektierende Arbeitsoberfläche • Hinterläßt keine sichtbaren Schneidespuren • Erneutes Schneiden bleibt von vorangegangenen Schneidespuren unbeeinflusst • Beidseitig verwendbar zum Schneiden und Schreiben.

Lieferung erfolgt mit Spezial-Messer mit auswechselbarer Skalpell-Klinge. Ersatzklingen werden mitgeliefert. Abm. (L x B) 300 x 220 mm • Oberfläche mit Rasterteilung 10 mm. Best.-Nr. 52 67 62.



Abb. 13: Leucht- und Montagepult

Dieses Leuchtpult besteht aus schwarzem Kunststoff, Milchüberfangglasscheibe, schwarzem Metallhaltegriff, Leuchtstofflampe und Aufstellbügel. Durch eine Film-Klemmschiene ist auch eine Wandmontage möglich. Die eingesetzte Milchüberfangglasscheibe bewirkt einen sehr guten Streulichteffekt und somit eine gleichmäßige und augenschonende Ausleuchtung der gesamten Montagefläche. Das Leuchtpult wird für die verschiedensten Durchleuchtungen, z.B. für die Vorlagenerstellung (Layout), für gedruckte Schaltungen usw. eingesetzt.

Abm. (B x H x T) 310 x 52 x 223 mm • Montagefläche 150 x 245 mm • Spannungsversorgung durch separates Netzgerät (9 V/500 mA) oder mit Batterien (6 x 1,5 V - keine NC-Akkus verwenden) • Netzgerät und Batterien sind nicht im Lieferumfang enthalten. Best.-Nr. 53 91 39.

Passendes Steckernetzteil NG-500, max. Ausgangsstrom 500 mA.  
Best.-Nr. 10 90 61.

Passende Baby-Batterien 1,5 V (benötigt werden 6 Stück). Best.-Nr. 10 90 70.

## Kombination

Es ist gar nicht so einfach, das Layout genau im Maßstab 1:1 auf eine Platine zu übertragen. Eine Möglichkeit ist, die Vorlage auszuschneiden und eine gleich große Platine, falls erhältlich, zu kaufen bzw. auf entsprechende Größe zuzusägen. Fixieren Sie die Vorlage auf der kupferkassierten Seite der Platine und befestigen Sie diese an den Rändern mit Klebstreifen. Bohren Sie nun mit einem 0,8 mm-Ø Bohrer markante Punkte der Schaltung durch das Papier und die Platine. Entfernen Sie anschließend die Vorlage und beseitigen vorsichtig, falls vorhanden, den Kupfergrad der Bohrstellen.

Ist die Platine glatt, wird sie wie beschrieben gereinigt und ab diesem Zeitpunkt nicht mehr mit den blanken Fingern berührt. Als Unterlage bzw. Auflage für die weitere Verarbeitung eignet sich das Haushaltstuch aus Papier. Damit die Abstände stimmen, müssen alle Kontaktstellen aus den entsprechenden Abreibesymbolen angefertigt werden.

Das Fixieren erleichtern dabei die bereits ausgeführten Bohrungen. Die Leiterbahnen zeichnen Sie gut deckend mit einem der Spezialstifte. Bei den „Dalos“ muß ein kräftiger, dunkelblauer Strich und bei den „Eddings“ ein schwarzer Strich zurückbleiben. Das darunter befindliche Kupfer darf auf keinen Fall durchschimmern! Leiterbahnen zwischen IC-Anschlüssen fertigen Sie am einfachsten aus 0,5 mm-breiten Abreibelinien. Für die erforderliche Länge ritzen Sie mit einem scharfen Messer auf einer Unterlage (glatter Karton) durch die Haftfolie. Achten Sie darauf, daß dabei die Schutzfolie auf der Symbolunterseite aufliegt. Die Ränder von Kontaktflächen (Massstellen) werden mit dem Spezialstift vorgezeichnet und mit einem kleinen Pinsel sowie Abdecklack ausgefüllt.

Nach der Ätzprozedur muß die mühevoll Klebe- und Zeichenarbeit entfernt werden. Verwenden Sie dazu Papiertücher und Aceton oder andere Ketone (Vorsicht: giftig!). Nachdem alle Bohrungen ausgeführt sind, ist die Platine nochmals zu reinigen und zu versiegeln. Letzteres geschieht entweder durch Bepinseln mit lötfähigem Abdecklack oder durch Besprühen mit Lötack, z.B. lötfähiger Schutz- und Überzugslack SK 10. Legen Sie die Platine ohne die Leiterbahnen zu berühren im Freien auf ein Stück Zeitungspapier und besprühen sie gleichmäßig, satt deckend, aus ca. 40 cm Abstand. Der Lack ist bei guter Belüftung nach ca. 30 Minuten trocken.

## Fotopositiv

Hierbei handelt es sich um die eleganteste und wohl auch professionellste Art, eine Platine herzustellen. Um auch diese Methode anwenden zu können, bedarf es einer zusätzlichen, speziellen Ausrüstung.

## Vorlagen

Die Kopie ist stets das genaue Abbild der Positiv-Vorlage. Das Leiterbild muß weitgehend lichtundurchlässig sein. Wer hochwertige gedruckte Schaltungen herstellen will, verwendet Vorlagen auf hochtransparentem Trägermaterial. Ein Blatt (DIN A4) speziell UV-durchlässige Montagefolie (Abb. 14) ist verzugsfrei und in glasklar oder matt erhältlich. Mit schwarzen Abreibesymbolen und selbstklebenden Bändern lassen sich auf der Folie erstklassige Schaltvorlagen gestalten. Fingerabdrücke sind allerdings auch bei dieser Tätigkeit zu vermeiden.



Abb. 14: Layout-Folie

Die Layout-Folie ist bestens geeignet für die Herstellung von maßgenauen Original-Layouts, da sie temperatur- und formstabil ist sowie blendfrei und gut haftend für Klebesymbole und Klebebänder. Hervorragende Haftung auch bei der Verwendung von handelsüblichen Tuschezeichengeräten. Durch Auflegen auf das Präzisions-Entwurfspapier lassen sich die gezeichneten Layouts einfach mit Hilfe von Klebesymbolen und Klebebändern paßgenau auf die Folie übertragen. Das so entstandene UV-transparente Original-Layout kann dann direkt zur

Belichtung von fotobeschichtetem Basismaterial benutzt werden.  
Best.-Nr. 52 75 30 (Block à 5 Stück, matt, DIN A4);  
Best.-Nr. 52 91 17 (Einzel-Blatt, glasklar, DIN A4).

Bringen Sie zuerst alle Lötäugen aus Abreibesymbolen auf der Folie an. Danach stellen Sie die Leiterbahnen mit Hilfe der Klebebänder her. Fixieren Sie dazu das Band mit einer Pinzette am Lötäugenrand und drücken es bis zur erforderlichen Länge mit der Pinzetenkante an. Reiben Sie nicht zu häufig an den Rändern der geklebten Leiterbahn, da sie dadurch ausfranst und vom Aussehen her untergeätzte Leiterbahnzüge verursacht. Extrem schmale Leiterbahnen werden seitenverkehrt geklebt, damit Sie diese zu einem späteren Zeitpunkt Schicht auf Schicht kopieren können. So vermeiden Sie ein Unterstrahlen und die damit verbundene Verlustbreite von ca. der doppelten Trägermaterialdicke.

Abschließend zu diesem Thema noch ein paar Tips: Es empfiehlt sich, die Ränder bzw. Kanten der Schaltung mit Klebeband oder Abreibelinien zu kennzeichnen. Diese Maßnahme erleichtert später das Fixieren der Folie auf der Platine. Ebenso darf ein Schriftzug (z. B. Schaltungsbezeichnung) auf dem Layout nicht fehlen. Er wird auf der Leiterbahnseite angebracht, um ein seitenverkehrtes Auflegen des Films zu vermeiden.

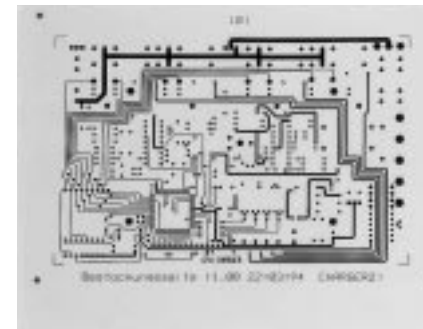


Abb. 15: Laser-Spezial-Folie (matt)

Für Layouterstellung über Laserdrucker, direkt vom PC-Layoutprogramm. Temperatur-, form- und feuchtestabil sowie verzugsfrei. Durch die hohe statische Ladefähigkeit werden optimale Schichtdicken erreicht, so daß sich eine einwandfreie Belichtungsvorlage ergibt. Das so entstandene UV-transparente Original-Layout kann dann direkt zur Belichtung von

fotobeschichtetem Basismaterial benutzt werden.  
Bogengröße DIN A4. Best.-Nr. 51 95 45 (5er Packung); Best.-Nr. 51 95 70 (10er Packung).

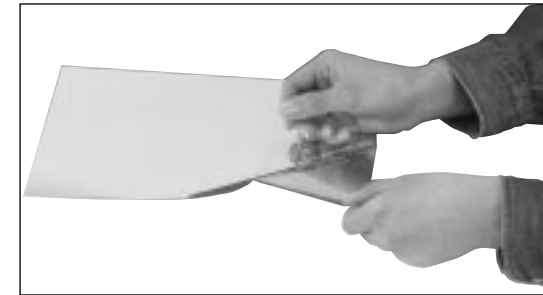
## Pausen



Ein Transparent-Spray für den Hobby-Elektroniker, für Labor und Schulen. Erspart umständliche Repruarbeiten, da veröffentlichte Platinvorschläge (1:1, einseitig bedruckt) mit Hilfe von Pausklar 21 durchscheinend und durchlässig für UV-Licht gemacht werden und damit direkte Übertragung auf die beschichtete Platine ermöglichen.  
Doseninhalt: 200 ml, Best.-Nr. 81 36 30.

Die moderne Chemie ermöglicht es, Layouts aus Zeitschriften direkt zu kopieren. Das Transparentspray Pausklar 21 (Kontakt Chemie) erspart umständliche Repruarbeiten, macht durch Besprühen die Vorlage durchscheinend und für UV-Licht durchlässig. Schneiden Sie den Platinvorschlag aus und besprühen Sie mit Pausklar das Papier sowie die mit Positivlack beschichtete Platinenseite. Legen Sie die Vorlage auf die Platine und warten anschließend ca. eine Minute. Nach dem Belichten kann das Papier vorsichtig entfernt werden. Solange das Pauspray wirkt, darf die Vorlage nur an den Rändern angefaßt und nicht darauf gerieben werden. Da es die Druckerschwärze auflöst, läßt sich das Bild in einigen Fällen ver- bzw. abwischen. Nach einer Stunde ist die Wirkung von Pausklar jedoch verflogen und Sie haben wieder Ihren normalen Zeitungsausschnitt vor sich.

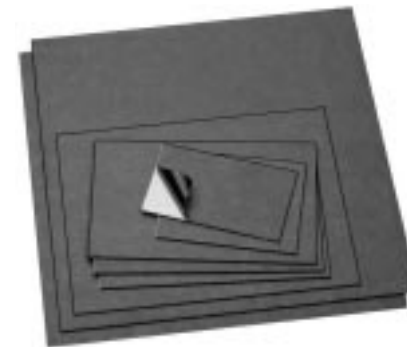
## Layoutvorlage durch Belichten erstellen



### Chemikalienfreier Kontaktfilm

Dieses Material eignet sich hervorragend zur Herstellung von Layout-Filmen. Eine extrem feine Körnung ermöglicht die Erstellung von Vorlagen auch in Feinstleitetchnik. Es sind keinerlei Chemikalien notwendig. Der Film besteht im Prinzip aus zwei Folien, welche miteinander verklebt sind. Nach dem Belichten können beide Folien auseinandergezogen werden. Eine Folie stellt dann den Positiv- und die andere den Negativfilm dar. Die Belichtung kann mit Tageslicht oder den üblichen Belichtungsquellen erfolgen. Beim Verarbeiten mit leuchtstofflampenbestückten Belichtungsgeräten sollte eine Reduzierfolie dazwischengelegt werden, da, bedingt durch die sehr kurze Belichtungszeit, das Anfangsflackern der Röhren zu Fehlbelichtungen führen kann. Größe DIN A4. Best.-Nr. 52 88 62 (einzeln); Best.-Nr. 52 88 54 (5er Pack).

## Zurück zur Basis



Labor-Fotobasismaterial, in verschiedenen Größen erhältlich.

Wer den Aufwand scheut, kann auf ein reichhaltiges Angebot bereits beschichteter Platinen zurückgreifen. Mit Positivlack überzogen und einer lichtundurchlässigen Schutzfolie versehen, gibt es sie in den verschiedensten Dimensionen und Materialien.

Für die gleichgroße Epoxydausführung müssen Sie allerdings schon das Doppelte investieren. Die Lichtschutzfolie hat den Vorteil, daß jeweils die gewünschte Größe von der Platte abgeschnitten werden kann. Das Zurechtschneiden erfolgt z.B. wie beschrieben mit einer Laubsäge. Bewährt hat sich auch kräftiges, beidseitiges Anritzen mit einem scharfen Messer. Anschließend wird die Platte über die Tischkante abgebrochen.



Abb. 16: Leiterplattenschere

Diese professionelle Tafelschere schneidet problemlos Leiterplattenmaterialien (Epoxyd- und Hartpapierplatten) sowie Kunststoffe bis zu einer Stärke von 2 mm, Aluminium bis zu einer Stärke von 1,5 mm. Unabsichtliches oder zufälliges Berühren des Schneidmessers wird durch Plexiglasplatten auf beiden Seiten verhindert. Zusätzlich muß vor dem Schneidvorgang eine Sicherheitsverriegelung gelöst werden. Für genaue Schneidergebnisse sorgt ein an der Schneidfläche integriertes Lineal mit Millimeter-Einteilung (0 - 110 mm). Max. Schnittlänge 203 mm. Abm. (L x B x H) 330 x 140 x 195 mm. Best.-Nr. 52 97 88.

Die Positivschicht zeigt das gleiche Verhalten wie ein handelsüblicher Negativfilm, d.h. die Lagerfähigkeit ist begrenzt. Beschichtete Platten sollten kühl gelagert (+ 10°C) und nach spätestens einem Jahr verarbeitet sein.

## Fotokopierlack

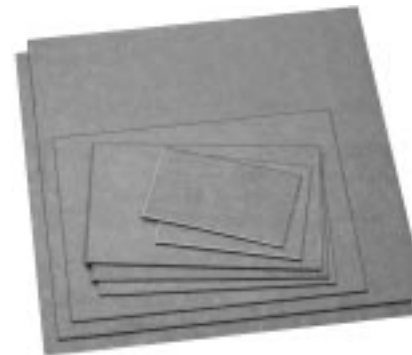


Abb. zeigt Basismaterial (in verschiedenen Größen erhältlich) und Spray.

Positiv 20: Fotokopierlack zur Herstellung gedruckter Schaltungen nach dem Positiv-Verfahren. Doseninhalt: 100 ml, Best.-Nr. 81 39 23; 200 ml, Best.-Nr. 81 39 40.

Wer seine Platten selbst beschichten möchte, dem steht „Positiv 20“ (Kontakt Chemie) zur Verfügung. Die Beschichtung muß nicht in einer Dunkelkammer oder bei Rotlicht erfolgen. Gedämpftes Tageslicht, wobei allerdings keine Sonne in den Raum scheinen darf, ist ausreichend. Wichtig ist, daß staubfrei gearbeitet wird. Ebenso muß die Kupferschicht der Platte trocken, blank und absolut fettfrei sein. Am besten Sie besprühen die waagrecht liegende Platine aus 20 cm Abstand in Schlangenlinien (oben links beginnend). Dadurch ergibt sich eine gleichmäßige Lackschicht. Der Fotolack verläuft sofort zu einer dünnen, lichtempfindlichen Schicht. Wird zu satt gesprüht, kommt es zur unerwünschten Randbildung und auch zu unterschiedlichen Schichtstärken. Dies erfordert wiederum eine längere Belichtungszeit.

Während des Sprühvorgangs muß die Spraydose senkrecht bis leicht schräg gehalten werden. Positiv 20 enthält Äthylglycol und Trichloräthan. Das Einatmen der Dämpfe sowie der Kontakt mit Augen, Haut und Kleidung ist zu vermeiden.

Beachten Sie, daß die beschichtete Platte nicht mehr dem Tageslicht ausgesetzt wird. Fotopositivspray ist nicht unbegrenzt haltbar. Aus diesem Grund wird vom Hersteller das Haltbarkeitsdatum angegeben. Grundsätzlich gilt: Positiv 20 ist bei kühler Lagerung (+8 bis +12°C-Kühlschranktemperatur, nicht ins Gefrierfach legen) ca. ein Jahr haltbar.

## Trocknung

Unmittelbar nach dem Beschichten muß der Lack im Dunkeln trocknen. Er kann sich auch bei Zimmertemperaturen seiner Lösungsmittel entledigen. Dies beansprucht aber einen Zeitaufwand von mindestens 24 Stunden. Wesentlich besser und sicherer ist der beschleunigte Prozeß im Trockenschrank oder in einer Backröhre mit Thermostat. Geeignet ist auch ein Elektrogrill mit abgedunkelter Frontplatte. Vergessen Sie nicht die ggf. vorhandene Beleuchtung Ihres Backofens zu deaktivieren.

Nachdem die Platine in der Mitte des kalten Elektroherds (Heißluft- und Gasherde sind ungeeignet) ihren Platz gefunden hat, steigern Sie langsam die Temperatur bis auf +70°C. Bei dieser Temperatur müssen Sie je nach Schichtstärke mindestens 30 Minuten auf Ihre Platine warten.

## Achtung!

**Eine Trocknungstemperatur von mehr als 70°C schädigt den Lack!**

## Belichten



*Abb. 17: Spezial-UV-Lampe*

*300 W/E 27, zur Belichtung von fotobeschichteten Folien (Scotchcal) und Platinen. Best.-Nr. 58 16 66.*

Für das Belichten ist sowohl die Schichtstärke als auch die Lichtquelle von entscheidender Bedeutung. Da der Fotokopierlack „ultraviolett“ empfindlich ist, eignen sich für das Belichten UV-Lampen (Abb. 17).

Verwenden Sie eine 300-W-Ultra-Vitalux-Spezial-UV-Lampe von Osram; das ist keine Schleichwerbung, sondern ein Erfahrungswert. Nicht immer ist 'teuer' gleich 'gut', hier allerdings gilt das ziemlich uneingeschränkt. Vermeiden Sie jede unnötige Erschütterung, insbesondere bei Erwärmung. Nach dem Ausschalten müssen Sie mindestens drei Minuten lang warten, ehe Sie die Lampe wieder einschalten dürfen!

Das Fotoresist läßt sich beim Entwickeln an denjenigen Stellen auswachen, die mit einer Lichtenergie von ca. 50 mJ/cm<sup>2</sup> bestrahlt worden sind. Die richtig belichteten Teile der Platte zeigen einen Farbumschlag von Gelbgrün nach Blaugrün; mangelhafte Belichtung erkennt man an einem rötlich/braunen Farbumschlag im Entwicklerbad. Es hat sich gezeigt, daß eine Überbelichtung vollkommen unkritisch ist, während eine Unterbelichtung das Entwickeln erschwert bzw. unmöglich macht.

Eine hundertprozent gleichmäßige Ausleuchtung erreicht man bei Verwendung professioneller Belichtungsgeräte, die dicht gepflastert sind mit speziellen UV-Röhren (Abb. 18). Es geht aber auch etwas einfacher (und preiswerter):

## Empfehlung

Bei Verwendung einer 300-W-UV-Lampe im Abstand von ca. 20 cm be-



trägt die Belichtungsdauer für Platinenvorlagen (bedrucktes Transparentpapier) ca. 4 min. Der Lampenabstand sollte mindestens der Platinen-Diagonalen entsprechen, also keinesfalls weniger als 20 cm bei einer Europakarte.

Beachten Sie den quadratischen Zusammenhang zwischen Abstand und Belichtungszeit: Bei 1,4fachem Abstand verdoppelt sich die angegebene Zeit ( $1,4 \cdot 1,4 \approx 2$ ), bei 75% halbiert sie sich ( $0,75 \cdot 0,75 \approx 0,5$ ).

Wichtig ist ein guter Kontakt zwischen Vorlage und Platine, den man am besten durch Auflegen einer (sauberen!) Glasplatte erzielt.



Abb. 18: UV-Belichtungsgerät, Best.-Nr. 53 06 89.

Dieses Belichtungsgerät besteht aus dem eloxierten Alu-Gehäuse, der geschliffenen Kristallglasscheibe und der eingebauten Elektronik mit den UV-Leuchtstofflampen. Der stabile Deckel mit Schaumstoffauflage sorgt mit seinen Spannverschlüssen für einen guten und gleichmäßigen Anpreßdruck der Filme und Platten.

Die vier Anlage- und Justierleisten über der Glasscheibe ermöglichen die exakte Montage ein- und zweiseitiger Filme und das Justieren der fotobeschichteten Leiterplatten. Zeiteinstellbereich 0,5 - 10 Minuten.

Typ 1: Belichtungsfläche 160 x 250 mm, Leistungsaufnahme 32 Watt, Anzahl der Röhren 4 x 8 Watt, Abmessungen 317 x 225 x 90 mm. Best.-Nr. 53 06 89.

Typ 2: Belichtungsfläche 240 x 365 mm, Leistungsaufnahme 60 Watt, Anzahl der Röhren 4 x 15 Watt, Abmessungen 473 x 340 x 93 mm. Best.-Nr. 53 90 31.

Man kann sich auch ein professionelles Belichtungsgerät (Abb. 18) anschaffen. Dieses besteht aus einem eloxierten Alugehäuse und einer 6-mm-starken, geschliffenen Glasplatte, gleichmäßiger Andruck wird durch den Deckel mit 13 mm starker Schaumstoffauflage und einem Spannverschuß gewährleistet. Im Inneren befinden sich zwei spezielle UV-Röhren mit je 15 Watt Leistungsaufnahme. Für die Belichtungszeit ist seitlich am Gehäuse ein Zeitschalter inkl. Skala (max. 5 Minuten) angebracht.

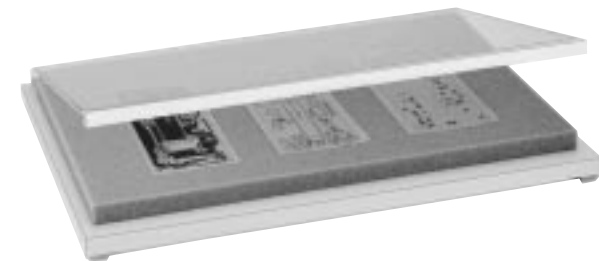


Abb. 19: Belichtungsrahmen

Kontaktrahmen für das Belichten von Filmen und fotobeschichteten Platten. Rahmenunterteil auf einer kunststoffbeschichteten Spannplatte mit Schaumstoffauflage, Rahmenoberteil aus einer geschliffenen Kristallglasscheibe. Abmessung 460 x 310 mm, Nutzfläche 450 x 255 mm. Best.-Nr. 53 91 12.

Legen Sie die Vorlage bzw. den Film bei gedämpften Tageslicht auf die Fotoschicht des Basismaterials und beschweren Sie das Ganze mit einer sauberen Glasplatte (kein Milchglas) oder man schafft sich einen Belichtungsrahmen (Abb. 19) an. Sicherer und gleichmäßiger Andruck wird durch die darunterliegende Schaumstoffauflage und einen mechanischen Verschuß gewährleistet.

Je nach Schichtstärke beansprucht die Belichtungszeit in einem Abstand von 25 bis 30 cm (Lampe - Platine) 60 bis 120 Sekunden. Bei starken Lackrändern immer etwas länger belichten (mindestens 2 Minuten). Die UV-Lampen entwickeln erst 2 bis 3 Minuten nach dem Einschalten ihre volle Kraft. Der Positivlack darf erst nach Verstreichen dieser Zeitspanne dem Licht ausgesetzt werden.

Bevor Sie die Sache durch mehrere Fehlschläge frustriert „hinschmeißen“, ein Tip. Die richtige Belichtungszeit Ihrer UV-Lampe läßt sich auf einfache Weise ermitteln. Bringen Sie dazu auf einer Folie fünf dünne (0,5 mm), ca. 10-cm-lange Streifen (Leiterbahnen) parallel verlaufend im Abstand von 10 mm an. Legen Sie diesen Film auf die positiv-beschichtete Seite einer gleich großen Platte und decken ihn bis auf eine Leiterbahn mit einem lichtundurchlässigen Pappkarton ab. Beschweren Sie anschließend alles mit einer Glasplatte und belichten den ersten Streifen 30 Sekunden lang. Danach wird der Lichtquelle, wiederum eine halbe Minute lang, der erste und zweite Streifen ausgesetzt. Für die erste Bahn ergibt sich vorerst eine Gesamtbelichtungszeit von einer Minute, während die zweite Bahn bis jetzt nur 30 Sekunden lang belichtet wurde.

Fahren Sie mit dieser Prozedur bis einschließlich der vierten Leiterbahn in gleicher Weise fort. Die komplette Folie, also auch die fünfte Leiterbahn, ist abschließend für die Dauer von 60 Sekunden zu belichten. Als Ergebnis erhalten Sie eine Platte mit unterschiedlichen Belichtungszeiten. Die fünfte Leiterbahn wurde 60 Sekunden, die vierte 90 Sekunden, die dritte 120 Sekunden, die zweite 150 Sekunden und die erste 180 Sekunden lang belichtet. Nach dem Entwickeln zeigt sich sehr schnell, welche Belichtungsdauer Sie wählen müssen.

## Entwickeln



Abb. 20: Entwickler 4007, Best.-Nr. 52 88 03 - NaOH-freier Spezialentwickler, Best.-Nr. 52 87 73 und Arbeitsschale, Best.-Nr. 53 00 69.

Hier beginnen bei unsachgemäßer Handhabung die Umweltprobleme. Verwenden Sie deshalb einen Spezialentwickler, der NaOH-frei ist und eine Ergiebigkeit von ca. 0,6 m<sup>2</sup> pro Liter besitzt (vgl. Abb. 20). Dieses feinkristalline, weiße Pulver ist nicht hygroskopisch (d.h. es neigt nicht zur Wasseraufnahme), sehr wohl aber alkalisch und daher ätzend (Hautkontakt vermeiden!). Die fertige Lösung hat einen Alkaligehalt von ca. 1% und läßt sich in einem verschlossenen Behälter längere Zeit aufbewahren (Flasche o.ä., deutlich als Gift kennzeichnen!). Offener Entwickler ist nach einigen Stunden unbrauchbar.

**Die Fotoschicht ist außergewöhnlich widerstandsfähig und hat sich in Versuchen auch nach einer Stunde Verweilzeit im Bad nicht aufgelöst (normalerweise genügt zum Entwickeln weniger als eine Minute). Stellt man eine eventuelle Unterbelichtung fest, kann man die Platte sogar aus dem Entwickler herausnehmen, trocken tupfen (mit einem Tempotaschentuch), nachbelichten und dann weiter entwickeln!**

Die frische Entwicklerlösung hat einen pH-Wert von ca. 13; sie darf nur nach entsprechender Verdünnung mit viel Wasser oder entsprechender Neutralisation ins Abwasser gelangen (ab einem pH-Wert kleiner 8,5;

chemisch neutral ist eine Lösung bei einem pH-Wert von 7). Kontrollieren läßt sich dies mit entsprechenden Teststreifen.

Alternativ kann man zum Entwickeln ca. 8 g NaOH-Granulat in 0,5 l Wasser lösen; das kostet nur wenige Pfennige, so daß man die Lösung nach Gebrauch verdünnen und weggießen kann.

Die belichtete Platte wird in die Lösung eingetaucht und kontinuierlich bewegt. Nach zwei Minuten muß das Leiterbild voll entwickelt sein, andernfalls wurde zu kurz belichtet oder die Entwicklerlösung ist zu schwach bzw. verbraucht. Geht das Entwickeln zu schnell, ist entweder die Lösung zu stark (mit Wasser verdünnen) oder das Bad zu warm (über 30°C). Bei Überbelichtung und bei nicht einwandfrei deckenden Zeichnungen erscheint kurzzeitig das Leiterbahnbild und „schwimmt“, im wahrsten Sinne des Wortes, davon.

Ist die Sache glatt verlaufen, so wurde die belichtete Fotoschicht vom Ätznatron entfernt und die Leiterbahnen heben sich farblich vom Kupfer ab. Hat die Platte diesen Zustand erreicht, muß sie sofort aus dem Bad genommen werden, da ein längeres Verbleiben die unbelichtete Schicht des Ätzresists angreift. Der nächste Schritt ist eine ausgiebige Spülung unter fließend kaltem Wasser. Nach jeder Arbeit mit Ätznatron bitte auch die Hände gründlich waschen und nicht vergessen - die verbrauchte Entwicklerlösung darf nicht ins Grundwasser gelangen. Nun kann die Platte nach einem der beschriebenen Verfahren geätzt werden. Zum Schluß müssen Sie nur noch die Fotoschicht mit Aceton oder Spiritus entfernen und die Platine mit Lötack versiegeln.

## Veredeln



Abb. 21: Glanzzinn EXTRA 3211

*Verzinnen Sie Ihre gedruckten Schaltungen in professioneller Qualität. Scheidet auf Kupfer sehr dichte Zinnschichten bis 8 µ ab, die sehr kratzfest (steckverbindungsfest) und hervorragend lötlbar sind. Es ist weltweit das erste stromlose Zinnbad, das in Pulverform geliefert wird und bereits bei Raumtemperatur arbeitet.*

*Pulver einfach in heißem Wasser auflösen, abkühlen lassen und gereinigte Platine eintauchen. Bereits nach wenigen Sekunden hat sich eine geschlossene Zinnschicht gebildet, die mit der Eintauchzeit weiter wächst. Nach ca. 2 - 3 Minuten beträgt die Schichtstärke 1 - 1,5 µ. Tauchzeiten bis 24 Stunden sind möglich, ohne daß die Schicht unansehnlich wird. Polybeutel für 1 Liter Glanzzinn. Best.-Nr. 52 93 38.*

Für die einfachste Art des Verzinnens geben Sie etwas Lötzinn auf die heiße Spitze Ihres Lötkolbens und verteilen es gleichmäßig auf den mit Lötack vorbehandelten Leiterbahnen. Bei dieser Tätigkeit lassen sich auch kaum sichtbare Haarrisse problemlos beseitigen. Eleganter geht es da schon beim chemischen Verzinnen bzw. Versilbern zu. Im stromlosen Tauchverfahren hinterlassen diese Flüssigkeiten einen Zinn- oder Silberbelag auf Kupferflächen. Die Platine muß dazu sauber, trocken und fettfrei sein. Als Tauchgefäße kommen Kunststoff- und Glasbehälter in Frage. Der Niederschlag erfolgt sofort nach dem Eintauchen der Platte und ist nach 2 bis 3 Minuten beendet. Als Ergebnis erhalten Sie ein helles, mattglänzendes und oxydationsbeständiges Leiterbild. Mit einem Liter chem. Zinn oder chem. Silber können ca. 4 m<sup>2</sup> behandelt werden (Abb. 21).

## Achtung!

**Diese Flüssigkeiten sind hochgiftig! Beachten Sie auf jeden Fall die beigefügten Gebrauchsanweisungen.**

Den absoluten Schutz bietet galvanisches Vergolden. Gold ist zwar kein so guter elektrischer Leiter wie Silber, läuft dafür aber nicht an und zeigt keinerlei Korrosionserscheinungen.

## Hinweis

**Verbrauchte Chemikalien gehören in den Sondermüll.**



- 1 Stück Ätزشale 210 x 150 mm,
- 1 Stück Layout-Folie,
- 1 Dose Lötlackspray,
- 1 Rolle Spezial-Leiterbahn-Klebeband, 1 mm breit,
- 1 Bogen Anreibesymbol (IC-Sockel),
- 1 Bogen Anreibesymbol (Lötunkte für Bauteile).

**Best.-Nr. 52 94 35 (Set mit ausführlicher Anleitung).**

**Preise entnehmen Sie bitte unseren aktuellen Katalogen!**

## Foto-Ätz-Set

Die ideale Grundausstattung für die Herstellung von Platinen nach dem Foto-Positiv-Verfahren. Die Übertragung des Layouts auf die fotobeschichtete Platine erfolgt mittels Klebeband oder Anreibesymbolen auf beiliegende Layoutfolie. Ein direktes Übertragen der Filme oder Vorlagen an die fotobeschichteten Platten aus Fachzeitschriften ist ebenfalls möglich. Mit diesem Fotoset sind Sie in der Lage, Platinen herzustellen, die den professionell gefertigten nicht nachstehen. Das ideale Set für die Herstellung von Prototypen, Einzelplatinen in der Industrie, in Labors, in der Schule und für den Hobbybastler.

### Das Set enthält:

- 2 Stück Fotopositiv-Platten 75 x 100 mm,
- 2 Stück Fotopositiv-Platten 100 x 160 mm (Europa-Format),
- 1 Stück Epox-Platte 75 x 100 mm,
- 1 Stück Spezial-Entwickler,
- 1 Stück Feinätzkristall (Ammoniumpersulfat),