

# Von der Schaltung zur Leiterplatte

## Teil 4

**Die eigene Beschichtung von Basismaterial behandelt der vorliegende Artikel sowie das Ansetzen von Ätzlösungen und den Ätzvorgang selbst.**

### 4.3 Fotopositiv-Beschichtung von Basismaterial

Zur eigenen Beschichtung von Basismaterial mit einer fotoempfindlichen Schicht steht das seit vielen Jahren bewährte Produkt der Firma Kontakt-Chemie „POSITIV 20“ in 100 ml- und 200 ml-Sprühdosen zur Verfügung.



**Bild 10 zeigt den Fotopositiv-Sprühlack „POSITIV 20“ mit 200 ml-Inhalt**

Wenngleich das Verfahren als ausge-reift bezeichnet werden kann, birgt es doch einige Fehlermöglichkeiten in sich, die das Ergebnis zunichte machen können. Bei genauer und sorgfältiger Einhaltung der Verfahrensregeln kann jedoch ein gutes Ergebnis der Beschichtungsqualität erreicht werden bei besonders günstigem Preis-Leistungsverhältnis.

Eine ganz entscheidende Voraussetzung für die Erzielung einer perfekten Fotoschicht ist die Reinigung des Basismaterials. Dieses muß absolut fettfrei und oxidfrei sein. Bereits das Abtrocknen der gereinigten Leiterplatte mit einem „normalen“ Handtuch kann einen mikrofeinen Fettfilm verursachen, der eine gute Beschichtung unmöglich macht.

Zunächst empfiehlt es sich, die Kupferschicht mit einem reinen Scheuermittel (z.B. Ata) zu reinigen, wobei für den Scheuervorgang ein absolut sauberer Schwamm, besser noch ein sauberes Küchenpapier-tuch verwendet wird. Auf die mit Wasser benetzte Kupferschicht wird das Scheuermittel gestreut und mit dem Tuch kreisförmig verrieben.

Gründliches Spülen ist besonders wich-

tig zur Entfernung von Scheuermittel-Rückständen. Dabei sollte ausschließ-lich mit klarem, warmem Wasser gespült werden. Nach der Reinigung sollte sich ein zusammenhängender Wasserfilm auf der gesamten Oberfläche der Kupferschicht ausbilden und zwar unbedingt ohne den Einsatz von Netzmitteln (Spülmittel). Das Aufreißen des Filmes deutet auf Verunrei-nigungen hin.

Anschließend erfolgt die vollständige Trocknung der gespülten Platine, da Feuch-tigkeitsrückstände zu mangelnder Haftfes-tigkeit des Fotoresistlackes (Fotoschicht) führen können. Hier empfiehlt sich das Abtrocknen zunächst mit einem sauberen Papier-Küchentuch. Keinesfalls dürfen zu-sätzlich noch Lösungsmittel wie Aceton, Tri, Alkohol o.ä. benutzt werden, da hier-durch mikrofeine Rückstände entstehen können, die wiederum die nachfolgende Beschichtung beeinträchtigen.

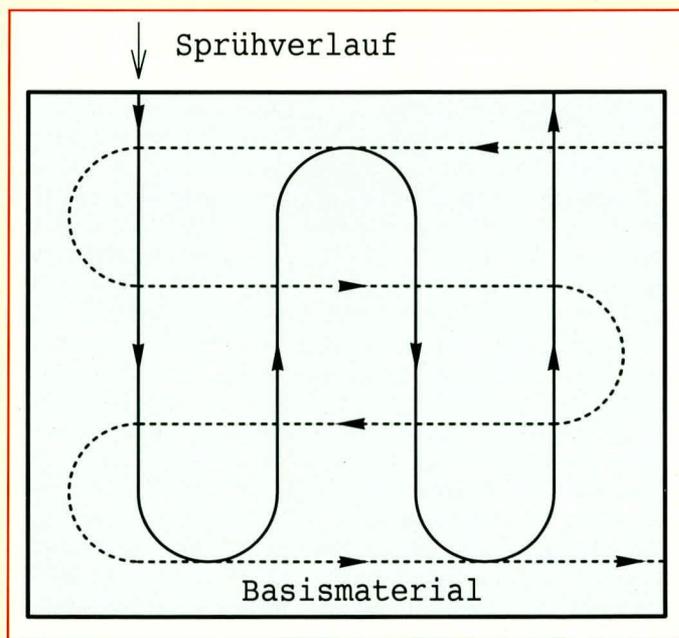
Die Beschichtung der Kupferschicht des Basismaterials mit dem Fotoresistlack sollte unmittelbar im Anschluß an die Reinigung und vollständige Trocknung des Basisma-terials vorgenommen werden. Dadurch vermeiden Sie Oberflächenverunreinigun-

gen, die durch Lagerung, Berührung und erneute Oxidation entstehen.

Obwohl das Arbeiten mit dem Fotoposi-tiv-Sprühlack „POSITIV 20“ relativ ein-fach ist, erfordert der Umgang mit der Sprühdose für diejenigen, die das erste Mal damit arbeiten, ein wenig Übung.

Das Besprühen kann bei normalem, ge-dämpftem Tageslicht erfolgen. Eine Dun-kelkammer ist nicht erforderlich. Da der Lack UV-lichtempfindlich ist, muß der Einfluß direkter Sonneneinstrahlung oder hellen Tageslichts auf jeden Fall vermie-den werden.

Eine staubfreie und gleichmäßige Be-schichtung ist Voraussetzung für eine ein-wandfreie und ätzfeste Kopie. Der Staub-freiheit kommt dabei eine ebenso wichtige Bedeutung zu wie der zuvor angesproche-nen sorgfältigen Reinigung. Jeder Fussel und jedes Härchen stellen potentielle Feh-lerquellen bei der später folgenden Belich-tung dar. Die Beschichtung sollte daher nicht zuletzt aufgrund der durch den Sprüh-vorgang erzeugten Luftwirbel in einem möglichst sauberen, staubfreien Raum geschehen. Der Fußboden ist dabei kein geeigneter Ort, da hier die Gefahr der Ein-



**Bild 11: Führung der Sprühdose während des Beschichtungsprozesses von Basismaterial**

bringung von Staubpartikeln in die Fotoschicht besonders groß ist. Ein Tisch mit staubfreier Unterlage (z.B. mit Alufolie angelegt) stellt eine besonders geeignete Unterlage dar.

Beim Sprühvorgang für die Beschichtung liegt das Basismaterial mit der Kupferschicht nach oben leicht schräg bis waagrecht. Aus 20 cm Abstand wird nun gemäß Abbildung 11 zunächst im Zickzack-Kurs von links nach rechts und zurück eine Sprühschicht aufgebracht, um anschließend um 90°C gedreht, eine weitere Sprühschicht aufzubringen. Am besten wird ohne Unterbrechung gesprüht, wodurch sich eine gleichmäßige Lackschicht ergibt.

Sobald sich ein leichter Hammerschlag-effekt zeigt, kann der Sprühvorgang beendet werden. Nach kurzer Zeit verläuft der Lack dann zu einer gleichmäßigen, dünnen lichtempfindlichen Schicht.

Wird zu satt gesprüht, kommt es zu unerwünschter Randbildung und unterschiedlichen Schichtstärken, die wiederum eine längere Belichtungszeit erfordern und gegebenenfalls ein Ausbelichten unmöglich machen.

Bei extremen Sommertemperaturen muß allerdings etwas satter beschichtet und der Sprühabstand geringfügig verkürzt werden. Hierdurch wird eine verstärkte Lösungsmittelverdunstung kompensiert. Beachtet man dieses nicht, kann es zu einer uneinheitlichen Beschichtung kommen, weil der Lackverlauf durch zu rasche Trocknung gestört wird.

Sollen einige Leiterplatten auf Vorrat beschichtet werden, so sind die beschichteten Platten bis zur Belichtung absolut lichtgeschützt und kühl aufzubewahren.

Der Fotokopierlack selbst hat in der Sprühdose seine längste Haltbarkeit bei Kühlschranktemperatur von 8°C bis 12°C und hält so ca. ein Jahr.

Vor dem Aufsprühen muß der Lack unbedingt Zimmertemperatur annehmen, da es sonst zu „Stippenbildung“ kommen kann. Am besten wird die Spraydose fünf Stunden vor der Benutzung aus dem Kühlschrank entnommen.

Bei dem Fotokopierlack „POSITIV 20“ lassen sich aus der Farbe der Schicht Anhaltspunkte für die erzielte Schichtdicke entnehmen:

- 1 - 3 µm = hellgraublau
- 3 - 6 µm = dunkelgraublau (optimal)
- 6 - 8 µm = blau
- > 8 µm = dunkelblau

Bei Kupfer und anderen Gelbmetallen als Schichtträger wirkt die Farbe mehr oder minder grünlich. Der belichtete Lack erscheint im Tageslicht und nach der Belichtung immer sattblau.

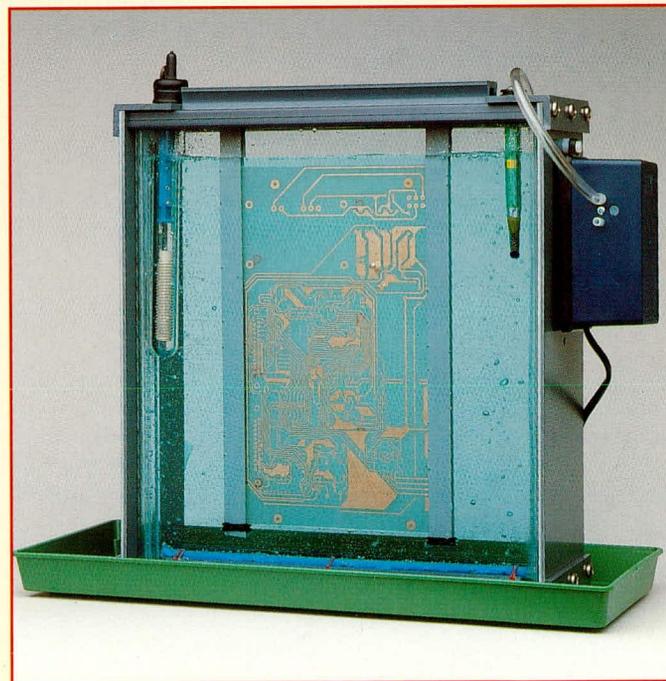
Um gute Ausbildungs- und Haften-schaften zu erzielen, muß die Fotolack-

schicht vor der Belichtung im Dunkeln getrocknet werden. Das kann im Trockenschrank, im Backofen mit Thermostatregelung oder durch Infrarotstrahlung (abgedunkelter Grill) erfolgen. Die Trocknungstemperatur sollte dabei +70°C nicht überschreiten.

Bitte setzen Sie die Platinen nicht sofort der Temperatur von 70°C aus, sondern trocknen Sie vor, indem das Trocknungsgarät erst nach Einlegen der Platine eingeschaltet und auf die endgültige Temperatur gebracht wird.

Wird zu schnell getrocknet, kann es zu einer oberflächlichen Hautbildung und zu einer unvollständigen Entfernung der Lösungsmittel aus der Lackschicht kommen. Dies muß auf alle Fälle vermieden werden, da der Fotokopierlack in flüssigem Zustand eine wesentlich geminderte Empfindlichkeit gegenüber UV-Licht besitzt.

Bitte berücksichtigen Sie auch, daß ein normaler Haushalts-Backofen im Bereich der Temperatur um 70°C häufig nur unzureichend regelt und deutliche Temperaturüberschinger aufweisen kann. In diesem Fall darf die Backofentemperatur erfahrungsgemäß nicht über 50°C eingestellt werden, um eine Temperatur von 70°C möglichst nicht zu überschreiten.



**Bild 12: Leiterplatten-Ätzmaschine. In der senkrecht stehenden Glasküvette ist das leicht bläuliche Ammoniumpersulfat-Ätzmittel zu sehen**

Der Grad der Lichtempfindlichkeit wächst mit zunehmendem Trocknungsgrad der Lackschicht an. Bei der angegebenen Temperatur von ca. 70°C beträgt die Trocknungszeit fünfzehn bis zwanzig Minuten. Eine Übertrocknung hingegen führt wiederum zu einer ansteigenden Belichtungszeit.

Nachdem wir uns mit dem Fotoverfahren einschließlich der eigenen Beschich-

tung von Basismaterial ausführlich befaßt haben, wenden wir uns im folgenden Kapitel dem Ansetzen von Ätzlösungen sowie dem Ätzvorgang selbst zu.

## 5. Ätzverfahren

Sobald die Kupferschicht der Leiterplatte das ätzfesteste Leiterbahnbild trägt, egal ob es aufgezeichnet oder nach dem Fotoverfahren hergestellt wurde, folgt das Herausätzen der nichtgeschützten Kupferflächen. Erst durch den Ätzvorgang wird das Leiterbahnbild in leitende Strukturen umgesetzt.

Für das Ätzen selbst stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, von denen wir im vorliegenden Kapitel die wesentlichen für die Einzel- und Kleinserienherstellung geeigneten Verfahren nachfolgend auflisten und beschreiben:

### 5.1 Ammoniumpersulfat-Prozeß

Ammoniumpersulfat, dessen chemische Formel  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  lautet, liegt als weiße, kristalline Substanz vor und wird in Wasser aufgelöst. Als Trockensubstanz ist das Kristallpulver gut lagerfähig, während die bereits angesetzte wässrige Lösung bei Feuchtigkeit nur begrenzt haltbar ist, da

ein Zersetzungsprozeß unter Sauerstoff- und Ozonbildung die Lösung zerfallen läßt.

Für den Ansatz der Ätzlösung gibt man 250 g Ammoniumpersulfat in einen Meßbecher und füllt unter Umrühren mit heißem Wasser auf ein Liter auf. Das Mischungsverhältnis beträgt demnach 25% Ammoniumpersulfat zu 75% Wasser, bezogen auf die Gewichtsangaben.

Die Auflösung des Kristallpulvers er-

folgt endotherm, d.h. die Lösung kühlt deutlich ab. Die optimale Ätztemperatur liegt bei 40°C, während unter 30°C kaum eine nennenswerte Ätzwirkung feststellbar ist. Keinesfalls darf die Temperatur jedoch über 60°C steigen, da schon ab 50°C die gebrauchte kupferhaltige Lösung instabil wird und zur Zersetzung neigt.

Da der eigentliche Ätzprozeß stark exotherm (!) verläuft, braucht für eine Beheizung während des Ätzbetriebs nicht gesorgt zu werden, da der Vorgang selbst hinreichend viel Wärme freisetzt. Eventuell ist sogar eine Kühlung notwendig.

Die Ätzdauer beträgt etwa zehn Minuten und ist sowohl von der zu ätzenden Fläche der Kupferschicht als auch von der Temperatur stark abhängig. Eine kontinuierliche leichte Bewegung des Ätzbades trägt zur Beschleunigung des Ätzbetriebs und für eine gleichmäßige Abtragung der Kupferschicht bei.

Die Ätzlösung bildet keinen Schaum und eignet sich daher nicht für Schaumätzanlagen. Gut geeignet ist sie für Küvetten, (Tauchätzbäder) und auch für Sprüh- bzw. Schleuderätzanlagen.

Die frische Ätzlösung ist farblos. Bei zunehmendem Kupfergehalt verfärbt sich das Bad immer stärker bläulich. Dabei bleibt die Lösung aber transparent, so daß der Ätzbetrieb gut zu verfolgen ist.

Ein Liter Lösung reicht für die Aufnahme von 40 g Kupfer, entsprechend einer zu ätzenden Fläche von 0,2 m<sup>2</sup> bei mittlerem Deckungsgrad des Leiterbahnbildes.

### 5.2. Eisen-III-Chlorid-Prozeß

Die chemische Formel für Eisen-III-Chlorid lautet FeCl<sub>3</sub>. Es liegt in fester Form vor meist als schmutzig gelbe bis rotbraune Kugeln von 5 bis 10 mm Durchmesser. Da die Substanz deutlich hygroskopisch (wasseranziehend) ist, muß die Lagerung daher im luftdichtverschlossenen Behälter erfolgen. Sowohl die Trockensubstanz als auch die angesetzte wässrige Lösung sind gut lagerfähig.

Die Eisen-III-Chlorid-Substanz wird in

Wasser bis zur Sättigung aufgelöst. Dabei entsteht eine goldgelbe Färbung. Der Sättigungsgrad ist erreicht, wenn zugesetztes Eisen-III-Chlorid sich nicht mehr auflöst, sondern am Boden absetzt.

Diese zum Ätzen günstige Konzentration liegt bei ca. 50 % Eisen-III-Chlorid und 50% Wasser. Hierzu geben Sie 500 g Eisen-III-Chlorid in einen Meßbecher und füllen unter Umrühren mit handwarmem Wasser auf ein Liter auf. Damit ist die Lösung bereits gebrauchsfertig, kann jedoch unter weiterer geringfügiger Zugabe von Eisen-III-Chlorid-Kügelchen bis zur Sättigung aufgefüllt werden, sofern der Sättigungsgrad bisher noch nicht ganz erreicht wurde.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß bereits bei Zimmertemperatur ohne Erwärmung der Ätzbetrieb durchführbar ist. Eine Temperaturerhöhung beschleunigt den Kupferabtrag erheblich.

In der Praxis arbeitet man u. a. bei Raumtemperatur, da hier keinerlei zusätzliche Erwärmung erforderlich ist. Die Ätzdauer beträgt 30 bis 60 Minuten. Alternativ bietet sich die Erwärmung auf etwas 50°C an. Hierdurch reduziert sich die Ätzdauer auf wenige Minuten.

Grundsätzlich sollte auch beim Ätzen mit Eisen-III-Chlorid eine leichte Bewegung des Bades vorgenommen werden, um einen gleichmäßigen Kupferabtrag zu erreichen.

Im Anschluß an den Ätzbetrieb spült man unter fließendem Wasser die Platine ab. Säurereste werden in einem Seifenbad neutralisiert.

Eine weitere Eigenschaft der Eisen-III-Chlorid-Lösung ist ihre natürliche Schaumbildung, weshalb sie sich bevorzugt auch für Schaumätzanlagen eignet.

Wegen seiner guten Beständigkeit bietet sich Eisen-III-Chlorid als Ätzmittel immer dann an, wenn nur gelegentlich Platinen zu ätzen sind, wobei nicht ganz die Qualität anderer Ätzmittel in bezug auf Konturschärfe und Unterätzung erreicht wird. In den meisten Fällen, selbst im industriellen

Prototypenbau, ist dies jedoch praktisch ohne Bedeutung und Eisen-III-Chlorid wird in weiten Bereichen eingesetzt.

Die Ergiebigkeit von Eisen-III-Chlorid liegt ähnlich wie bei Ammoniumpersulfat im Bereich von 40 g Kupfer pro Liter, wobei unter Einschränkung der Geschwindigkeit eine Ausnutzung bis zu 60 g Kupfer pro Liter möglich ist.

### 5.3 Salzsäureätzung

In der industriellen Serienfertigung wird häufig der Salzsäureprozeß für den Ätzbetrieb eingesetzt. Die Vorteile des Verfahrens liegen in den relativ geringen Kosten und der hohen Ätzgeschwindigkeit. Das Verfahren ist auch für Einzelfertigungen gut geeignet und empfehlenswert. Jedoch Achtung: Aufgrund der außerordentlichen Gefährlichkeit der verwendeten Einzel-Chemikalien sowie des fertigen Ätzmittels sollte das Verfahren der Salzsäureätzung ausschließlich von Fachkräften eingesetzt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung mit dem Umgang entsprechender Chemikalien vertraut sind.

Die frische Ätzlösung ist ähnlich wie beim Ammoniumpersulfat klar und farblos. Mit zunehmendem Kupfergehalt wechselt die Farbe ins Grünliche bis hin zu Blaugrün. Da niemals Bodensatz entsteht, lassen sich alle Gefäße gut reinigen.

Für die Herstellung von einzelnen Leiterplatten und Kleinserien eignet sich der Einsatz der Salzsäureätzung bevorzugt in Küvetten, während in der Industrie vor allem Durchlaufanlagen Einsatz finden.

Bei der Herstellung der Ätzlösung ist sorgsamer Umgang mit den Chemikalien erforderlich, insbesondere mit dem Wasserstoffperoxid. Zur Herstellung der Ätzlösung gehen Sie wie folgt vor:

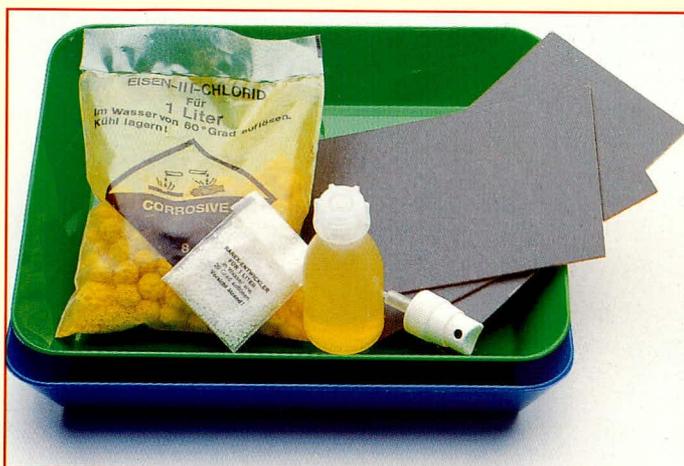
Für 1 Liter Ätzlösung sind folgende Flüssigkeiten miteinander zu mischen:

- 1.) 770 ml Wasser werden mit einer Temperatur von 40°C in einen Meßbecher gegeben.
- 2.) 200 ml konzentrierter Salzsäure HCL (ca. 35 %ig) werden dem Wasser hinzugegeben.
- 3.) 30 ml konzentriertes Wasserstoffperoxid H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (ca. 30%ig) werden dem so entstandenen Gemisch hinzugegeben.

Die angesetzte Mischung riecht etwas stechend und entwickelt leichte Dämpfe, weshalb beim Einsatz der Salzsäureätzung ständig gut durchzulüften ist. Die Substanz verätzt Kleidung. Bei Hautkontakt muß man sofort mit reichlich Wasser abwaschen.

Beim Ansatz der Mischung sind die üblichen Vorsichtsmaßnahmen für den Umgang mit Säuren zu beachten, d.h. unter anderem Schutzbrille und Gummihandschuhe tragen.

Während die drei Komponenten in der



**Bild 13 zeigt die Zusammenstellung von Materialien für die Eisen-III-Chlorid-Ätzung: Kunststoffschalen, Eisen-III-Chlorid im Beutel, Entwickler, Basismaterial, Lötlack.**

angegebenen Reihenfolge unter Umrühren mit einem Glasstab langsam miteinander vermischt werden, ist unbedingt darauf zu achten, daß die aus der Chemie bekannte Regel „erst das Wasser, dann die Säure“ sorgfältig beachtet wird. Immer gibt man eine kleinere Menge Säure zu einer größeren Wassermenge! Ansonsten könnte es durch die große Hitzeentwicklung zu gefährlichen Säurespritzern kommen.

Wenn als letztes das Wasserstoffperoxid (auch als Wasserstoffsuperoxid bezeichnet) ebenfalls unter Umrühren zu dem Wasser-Säure-Gemisch gegeben wird, empfiehlt es sich, nicht gleich die ganze Menge hineinzugeben, da es sonst zu lokalen hohen Konzentrationen kommen könnte, woraufhin eine Chlorgasentwicklung einsetzen würde. Also auch hier: langsam und sorgsam unter kontinuierlichem Umrühren die Flüssigkeiten miteinander vermischen.

Nun ist das Ätzbad gebrauchsfertig. Die günstigste Ätztemperatur beträgt 40°C, wobei die Ätzdauer stark abhängig von der Bewegung und der Temperatur ist..

Die Platine wird über ätzfeste Kunststoffschüre oder Tesafilm-Streifen in das Ätzbad getaucht.

Bemerkenswert ist auch bei der Salzsäureätzung, daß bereits im Raumtemperaturbereich ein gutes Ätzergebnis möglich ist. Die Ätzdauer liegt dann bei 10 bis 15 Minuten. Eine Erwärmung beschleunigt die Reaktion deutlich, wobei man darauf achten muß, daß keinesfalls 50°C überschritten werden.

An dieser Stelle wollen wir die Nachteile der ansonsten empfehlenswerten Salzsäureätzung beschreiben. Als wichtiges Kriterium ist hierbei die Unbeständigkeit der Ätzlösung zu nennen, die innerhalb von Tagen chemisch zerfällt. Beim Einsatz in industriellen Großanlagen spielt dies jedoch eine untergeordnete Rolle, da die Lösung automatisch überwacht und dosiert wird, wodurch die optimale Badzusammensetzung erhalten bleibt.

Bei der Herstellung von einzelnen Platinen bzw. kleinen Serien empfiehlt es sich, die Ätzlösung immer wieder neu anzusetzen und sofort zu nutzen. Die Beurteilung eines gebrauchten Ätzbades erfordert viel Erfahrung. Bei einwandfrei dosiertem Bad färbt sich blankes Kupfer innerhalb weniger Sekunden nach dem Eintauchen deutlich rotbraun bis dunkelbraun (nicht nur rötlich). Bleibt die Färbung aus, stimmt etwas nicht und das Ätzmittel arbeitet erheblich zu langsam oder überhaupt nicht.

In den meisten Fällen muß bei ausbleibender Färbung der Platine etwas Wasser-

stoffperoxid zugegeben werden. Eine Blasenbildung hingegen signalisiert einen Überschuß an  $H_2O_2$ , der ebenfalls zum Abbruch der Reaktion führt. Abhilfe schafft dann das Zugießen von Wasser und Salzsäure.

Diese etwas kritischen Dosierungen sollte man möglichst jedoch vermeiden, indem man grundsätzlich unmittelbar vor dem Ätzvorgang ein frisches Bad ansetzt.

Ein Liter der recht preiswerten Ätzlösung ist außerordentlich ergiebig und reicht für die Aufnahme von rund 120 g Kupfer, entsprechend einer zu ätzenden Fläche von 0,6 m<sup>2</sup> bei mittlerem Deckungsgrad des Leiterbahnbildes. Dies entspricht

---

## Ätzverfahren zur schnellen Herstellung von Leiterplatten

---

dem 2- bis 3fachen (!) der Ergiebigkeit von Ammoniumpersulfat oder Eisen-III-Chlorid.

Auf eine ganz wesentliche Gefahr mit dem Salzsäuregemisch sei an dieser Stelle noch hingewiesen:

Da das Ätzbad generell geringe Gas-mengen entwickelt, darf die Lösung auf gar keinen Fall in dicht verschlossenen Flaschen aufbewahrt werden, da sich ein großer Überdruck bilden würde, der zum explosionsartigen Zerplatzen der Flaschen führen könnte. Die Aufbewahrung der fertigen Lösung sollte daher möglichst unterbleiben und nur notfalls vorgenommen werden, dann jedoch in dunklen, **nicht** luftdicht verschlossenen säurebeständigen Flaschen.

---

### 5.4 Entschichten

Nach dem Ätzvorgang werden die Leiterbahnen von den Resten der Zeichnung bzw. der Fotoschicht befreit. Dies ist mit organischen Lösungsmitteln wie z.B. Aceton auf einfache Weise möglich.

Sie können die Fotoschicht auch mit dem gleichen Scheuermittel entfernen, mit dem die Kupferschicht vor dem Einsprühen mit Fotolack gereinigt wurde. Dieser Vorgang ist jedoch etwas mühseliger, liefert jedoch eine optimal gereinigte Leiterplatte.

Darüber hinaus ist die Entfernung der Fotoschicht mit Hilfe der Entwicklerlösung möglich, wobei Sie zuvor die komplette Leiterplatte ausreichend lange nachbelichten, damit im Anschluß die Fotoschicht von der Natronlauge (Entwicklerlösung) aufgelöst wird.

Im industriellen Bereich erfolgt anschließend die Bedruckung mit Lötstopplack und /oder das Verzinnen. Im Einzelstückbereich empfiehlt es sich, entweder die Plati-

ne unmittelbar zu bestücken und die Bauelemente zu verlöten oder zuvor einen Lötack zum Schutz vor Oxidation aufzubringen.

---

### 5.5 Entsorgung von Ätzmitteln

Die hier vorgestellten Ätzverfahren basierend auf Ammoniumpersulfat, Eisen-III-Chlorid oder Salzsäureätzung erfordern Ätzlösungen, die sowohl in frischer als auch verbrauchter Form als Sondermüll einzustufen sind.

Aufgrund der zur Drucklegung des Artikels im Oktober 1993 geltenden Gesetzeslage dürfen diese Lösungen auf gar keinen Fall, auch nicht in verdünnter Form, in das städtische Abwasserkanaalsystem eingeleitet werden.

Entsprechende Chemikalien müssen als Sondermüll behandelt und bei den Schadstoff-

sammelstellen des jeweiligen Landkreises abgegeben werden. Die Adresse ist beim Umweltamt zu erfahren.

---

### 5.6 Sicherheitshinweise

Für die Anfertigung einzelner Leiterplatten als auch für die Kleinserienfertigung wird der Ätzvorgang in Kunststoff-Schalen oder Küvetten vorgenommen, die entsprechend ätzfest sind. Diese müssen auf einer ebenen, festen Unterlage stehen, damit auch beim leichten Bewegen keine Flüssigkeit verschüttet werden kann.

Auf jeder Flasche muß deutlich lesbar der Inhalt vermerkt sein mit Beschaffungsdatum und Totenkopf-Symbol (erhältlich in Haushalts- und Autozubehörläden). Keinesfalls dürfen diese hochgiftigen und lebensgefährlichen Flüssigkeiten in Behältnissen aus dem täglichen Gebrauch eingefüllt werden (auf keinen Fall Sprudel-, Bier- oder Milchflaschen verwenden). Günstig sind spezielle, entsprechend ätzfeste Kunststoff-Flaschen, da bei Glasflaschen Bruchgefahr besteht.

Ferner ist zu empfehlen, in den Flaschenverschluß ein winziges, jedoch ausreichendes Loch zu stechen, damit sich in der Flasche keinesfalls ein Überdruck aufbauen kann.

Chemikalien-Flaschen sind an dunklen, kühlen und verschließbaren Orten zu lagern und müssen für Kinder unerreichbar sein.

Beim Arbeiten mit Chemikalien ist unbedingt eine Schutzbrille zu tragen, ebenso müssen Schutzhandschuhe und Schutzkleidung benutzt werden.

Im fünften Teil dieser Artikelserie kommen wir zum Bohren der Leiterplatten, gefolgt von der Beschreibung von Hilfsmitteln zur Erstellung von durchkontaktierten Leiterplatten.

ELV