

Foto-Ätztechnik

Mini-Howto

Peter Ehrenberg

25. Februar 2005*

Dies ist eine kleine Anleitung, mit deren Hilfe jedermann mit Hobbymitteln feinste Blechteile für den Modellbau selbst herstellen kann. Neben einem PC mit Tintenstrahldrucker werden lediglich wenige spezielle Zubehörteile und ein paar handelsübliche Chemikalien benötigt.

Inhaltsverzeichnis

1. Foto-Ätztechnik, was ist das?	2
2. Was brauche ich zum Ätzen?	2
3. Gefahrenhinweis – Unbedingt lesen!	3
4. Das Ätzblech	3
5. Herstellung des Films	4
6. Belichten	6
7. Entwickeln	6
8. Ätzen	7
9. Nachbehandlung	7
A. Bezugsquellen	8

Revision: 1.4, 25. Februar 2005
© P. Ehrenberg, 2003
<URL:[http://www.dipe.de/~pe/
FREMO/Aetztechnik_Mini-Howto.pdf](http://www.dipe.de/~pe/FREMO/Aetztechnik_Mini-Howto.pdf)>

1. Foto-Ätztechnik, was ist das?

Ziel der Foto-Ätztechnik ist, mit geringem Aufwand, äußerst filigrane Metallteile herzustellen. Ein bekanntes Anwendungsgebiet ist die Herstellung von Platinen für elektrische Baugruppen. Das Foto-Ätzen lässt sich aber auch ebenso gut für die Herstellung sehr feiner Metallstrukturen für den Modellbau einsetzen.

Der Prozess ist unabhängig vom erzielten Produkt immer der selbe:

1. Mittels einer Lichtmaske, wird die zu ätzen-
de Struktur auf den mit einem fotoempfindlichen Ätzresist beschichteten Ätzling übertra-
gen.
2. Das Entwicklerbad entfernt das Resist außer-
halb der Struktur. Jetzt ist der Ätzling nur
noch an jenen Stellen ätzfest beschichtet, die
die herzustellende Struktur bilden.
3. Im Ätzbad werden die nicht beschichteten
Abschnitte des Ätzlings weggeätzt.

Schließlich bleibt nur die herzustellende Struktur übrig.

Dabei muss der Ätzling nicht grundsätzlich vollständig durchgeätzt werden. Möglich ist auch lediglich Teile des Materialquerschnitts zu ätzen. Das Ergebnis ist ein Relief. Selbstverständlich sind auch Abwicklungen dreidimensionaler Körper möglich, die später durch Biegen in ihre endgültige Form gefaltet werden. Die in Abb. 1 auf der nächsten Seite gezeigten Ätzlinge sind v.l.n.r.: N-Fahrräder in in 0,2 mm Messing, Pufferbohle für Minitrix DB V 100 in 0,2 mm Messing, N-Zaun in 0,1 mm Neusilber.

2. Was brauche ich zum Ätzen?

Für die allerersten Versuche kommt man mit relativ wenig Ausstattung aus. Quellen nenne ich im Anhang. Zunächst muss man sich aber überlegen, wo man ätzen will. Man hantiert dabei mit giftigen, ätzenden Chemikalien – ein Kleckern lässt sich nie ganz vermeiden. Küche oder Wohnzimmer verbieten sich also schon mal. Das Badezimmer wäre diskutabel, vorausgesetzt man hat keinen oder einen toleranten Lebenspartner.

Wenn vorhanden, dann ist die Werkstatt ein guter Ort. Allerdings sollte ein Wasseranschluss und Abfluss vorhanden sein.

Egal wo man ätzt, es sollte immer in einer großen Wanne oder Schale geschehen. Wenn mal was umkippt, hat man sie Bescherung nicht gleich auf dem Boden.

Gebraucht wird für den Anfang:

- 1 UV-Licht-Lampe zum Belichten
- 1 Glasplatte zum Beschweren beim Belichten
- 1 Entwicklerschale (Kunststoff, Fotobedarf)
- 1 Ätzschale (Keramik, Haushaltswaren) oder feuerfestes Becherglas (Laborbedarf)
- 2 1 L Behälter zum Aufbewahren der Entwickler- und Ätzlösung (Kunststoff, Fotobedarf)
- 2 Paar Gummihandschuhe
- 1 Schutzbrille
- 1 Satz *alte* Kleidung
- Kunststoffwäscheklammern
- 1 große Kunststoffwanne

Eine Dunkelkammer braucht man nicht. Es kann bei gedämpften Tages- oder Kunstlicht gearbeitet werden.

Das Vorhandensein eines PC mit Tintenstrahldrucker und vektororientiertem Grafikprogramm setze ich voraus.

Weiterhin werden folgende Verbrauchsmaterialien benötigt:

- Entwickler (passend zum Resist)
- Ätzmittel (verschiedene Möglichkeiten, s.U.)
- Fotobeschichtetes Ätzblech
- Tageslichtprojektor-Film für Tintenstrahldrucker

Weiter unten wird auf die Materialien noch genauer eingegangen.

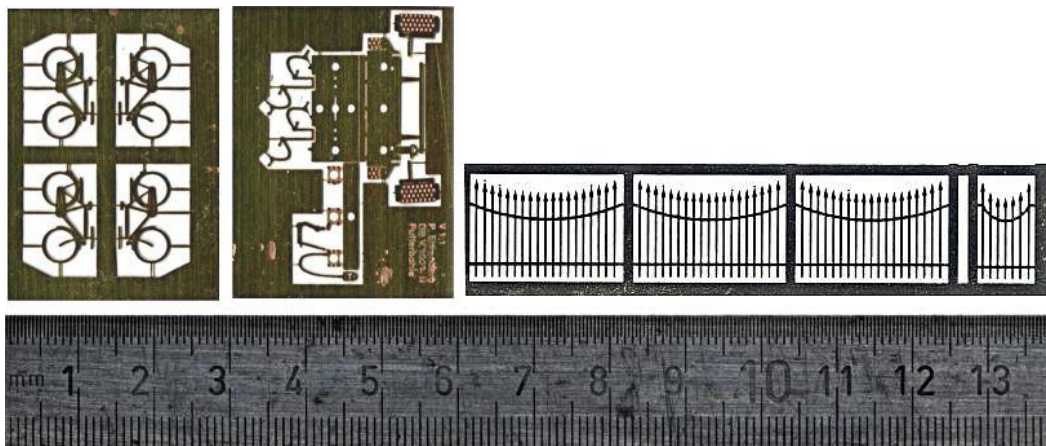


Abbildung 1: Ätzlinge für Spurgröße N

3. Gefahrenhinweis – Unbedingt lesen!

Bei dem hier beschriebenen Vorgang wird mit giftigen und ätzenden Chemikalien hantiert. Der Umgang hat mit entsprechender Sorgfalt stattzufinden.

Eine Schutzbrille muss unbedingt getragen werden. Zum Neutralisieren muss klares Wasser bereit stehen. Die Hände sind mit Gummihandschuhen zu schützen.

Es empfiehlt sich alte Kleidung zu tragen, da kleinste Spritzer der Chemikalienlösungen zu Löchern im Stoff führen.

Gebrauchte Chemikalien gehören nicht in den Haus- sondern in den Sondermüll.

Belichtet wird mit UV-Licht. UV-Licht kann zu Sonnenbrand führen und schädigt die Haut. Bei starkem UV-Licht entsteht Ozon. Ozon ist für den Menschen giftig. Gut lüften!

4. Das Ätzblech

Man kann das Ätzblech selbst mit Fotoresist beschichten. Es ist als Sprühdosenlack erhältlich. Ich raten davon ab. Staubpartikel beim Besprühen machen die Beschichtung unbrauchbar. Besser kauft man industriell beidseitig beschichtetes Ätzblech – Quellen nenne ich im Anhang. Das Blech ist, kühle Temperaturen vorausgesetzt, ca. 1 Jahr lagerfähig.

Ätzblech gibt es aus Messing, Neusilber und Kupfer in den Stärken 0,1 bis 0,8 mm. Das Neusilberblech ist federhart und damit recht wider-

standsfähig gegen unsanfte Berührung auch bei feinen Teilen. Allerdings bricht es leicht beim Biegen.

Durchätzen können wir bis ca. 0,3 mm Stärke. Dickere Bleche lassen sich nur noch anätzen. Grundsätzlich können wir Strukturgrößen bis hinab zur verwendeten Materialstärke herstellen. Demnach bei 0,1 mm-Blech Strukturen bis minimal 0,1 mm, bei 0,3 mm-Blech Strukturen bis minimal 0,3 mm usw. Versucht man noch kleinere Strukturen zu ätzen, dann tritt ein Effekt auf, den man *Unterätzen* nennt. Das Ätzmittel wirkt ja nicht nur senkrecht zur Oberfläche, sondern in jede Richtung. Dadurch *kriecht* der Ätzprozess auch unter die Maskierten Bereiche und zerstört sie so nach und nach.

Die Resistbeschichtung ist in positiver und negativer Fotoempfindlichkeit erhältlich. Beim Positiv-Material wird beim Entwickeln die belichteten Bereiche entfernt. Es bleibt die maskierte unbelichtete Struktur stehen – sie überlebt das Ätzbad.

Beim Negativ-Material ist das genau umgekehrt. Es werden beim Entwickeln die maskierten unbelichteten Bereiche entfernt. Die belichteten Bereiche bleiben bestehen und überleben das Ätzbad.

Im Allgemeinen wird man Positiv-Material nutzen. Will man aber ein Ziegelsteinmauer-Relief herstellen, dann kann das Negativ-Material günstiger für die Filmherstellung sein. Auf dem Film sind dann nur die Fugen als schwarze Linien darzustellen – sie werden bei Negativ-Material weggeätzt. Bei Positiv-Material müssten die Fugen transparent sein und die Steine schwarz. Auf einem Tin-

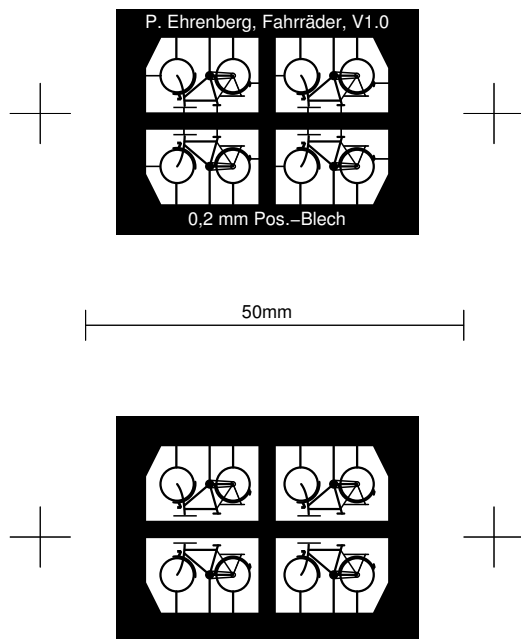


Abbildung 2: Filmmaske

tenstrahlendrucker geht das schlechter.

Das Blech ist beidseitig mit einer lichtundurchlässigen Schutzfolie beklebt, die nach dem Zuschneiden und vor dem Belichten entfernt werden muss.

Zuschneiden tut man das Blech am besten mit einer Goldschmied-Bleischere. Dadurch wird das Blech allerdings krum. Will man das unbedingt vermeiden, muss man es mit einem entsprechend feinem Sägeblatt sägen.

Nachdem das Blech zugeschnitten und die Schutzfolie entfernt wurde, wird es in die Filmtasche eingelegt und mit etwas Klebefilm fixiert, so dass es nicht in der Tasche verrutschen kann. Wie die Filmtasche angefertigt wird, kommt jetzt.

5. Herstellung des Films

Der aufwendigste Arbeitsabschnitt beim Fotoätzen ist der Entwurf der Lichtmaske – des Films.

Den Film entwerfen wir am PC. Dafür benötigen wir ein vektororientiertes Zeichenprogramm. Idealerweise besitzt es alle folgenden Eigenschaften:

- Es kann Linien in definierter Länge und Stärke zeichnen.

- Es kann gerade Linien, Bögen, Rechtecke und Kreise zeichnen.
- Es kann Flächen mit (schwarzer und weißer) Farbe füllen.
- Entweder bietet es die von uns benötigte Auflösung, oder es lässt uns die Zeichnung im Maßstab 10:1 anfertigen und mit 10 %tiger Größe ausdrucken.
- Es besitzt Ebenen, so dass wir einzelne Teile der Zeichnung getrennt bearbeiten können. Für das Gesamtbild werden die Ebenen vom Programm in einer definierten Reihenfolge übereinandergelegt.
- Das Programm kann eine Zeichnung kopieren und spiegeln. Das brauchen wir, um einen zweiseitigen Film herzustellen (jeweils für die Ober- und Unterseite des Blechs).

Farben brauchen wir nicht. Wir zeichnen Schwarz-Weiß, wobei beim Ausdruck auf den Film nur die schwarz gedruckt wird. Die weißen Flächen bleiben transparent.

Zunächst sollte man mit kleinen Teilen anfangen. Abb. 2 gibt ein Beispiel. Die Zeichnung wurde für 0,2 mm-Positiv-Blech angefertigt. Die kleinstmöglichen Strichstärke ist also 0,2 mm.

Ein entscheidender Schritt beim Filmentwurf ist die Spiegelung der Zeichnung. Aus dem Film wird später eine Tasche gemacht. Dabei wird der Film entlang der im Beispiel gezeigten 50 mm-Linie gefaltet. Die beiden gespiegelten Zeichnungen müssen exakt deckungsgleich übereinander liegen. Soll nicht überall durchgeätzt werden, dann sind die Zeichnungen für die Ober- und Unterseite nicht identisch. Hat man ein Zeichenprogramm mit Ebenen, dann ist es sinnvoll jene Zeichnungsteile die nur auf eine der beiden Seiten kommen, auf getrennte Ebenen zu setzen. Nach dem Spiegeln werden dann die auf der jeweiligen Seite überflüssigen Ebenen gelöscht.

Die Zeichnung Abb. 2 wurde aus Ebenen aufgebaut. Vom Vordergrund zum Hintergrund sind dies:

1. Auf der vordersten Ebene befinden sich die Fahrräder selbst.
2. Auf der Ebene dahinter sind jene Haltestege, die nur auf der einen Blechseite Maskiert werden. Sie werden von der gegenüberliegenden

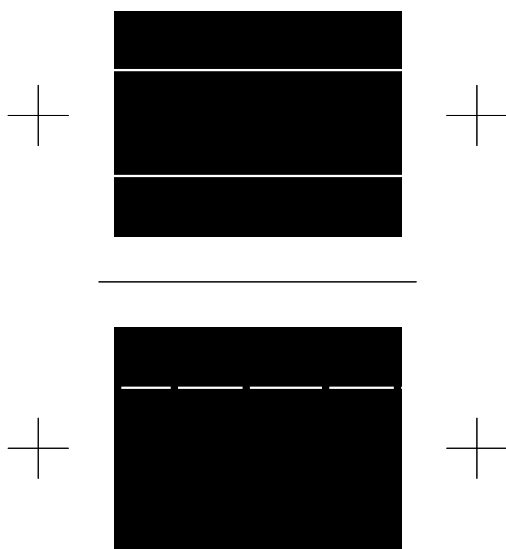


Abbildung 3: Zwei Verschiedene Möglichkeiten für Knickkanten: Die auf dem Film innen liegende Kante wird durch eine Spalte mit Haltestegen realisiert. Die außenliegende durch eine einseitig geätzte Rille.

Blechseite halb durchgeätzt, so dass sie sich später leicht abtrennen lassen. Bei 0,1 mm-Blech ist das halb durchätzen nicht nötig (bei 0,2 mm auch nicht unbedingt).

3. Dahinter liegt die weiße Fläche innerhalb des Ätzrahmens. Sie sollte sich möglichst eng an die zu Ätzende Struktur anschmiegen. Auf diese Weise muss nicht soviel Material weggeätzt werden, was das Ätzbad schont.
4. Auf der vorletzten Ebenen liegt der Ätzrahmen. Er hat eine wichtige Rolle, denn er trägt unsere Ätzstruktur und bewahrt sie davor, am Ende ins Ätzbad zu fallen. Der Rahmen sollte so breit sein, dass wir ihn sicher mit einer Wäscheklammer greifen und das Ganze ins Ätzbad tauchen können.
5. Auf der hintersten Ebene schließlich liegt der 50 mm-Strich und die Positioniermarken. Der 50 mm-Strich dient nur zur Maßstabskontrolle beim Drucken. Über die Positioniermarken werden beide Filmteile später exakt übereinander gelegt.

Will man eine Abwicklung eines dreidimensio-

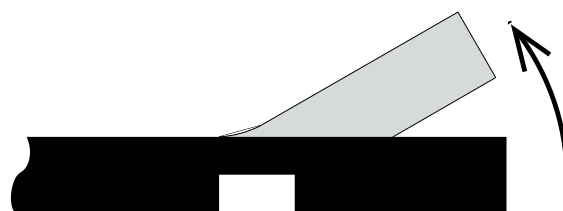


Abbildung 4: Blick auf den Blechquerschnitt: Geknickt wird so, dass die Rille auf der Knickaußenseite liegt

nen Körpers Ätzen, dann braucht man Knickkanten. Hierfür ätzt man eine (einseitige) Rille in das Blech. Lange Kanten lassen sich leichter knicken, wenn man einen Spalt ätzt und nur einige mehr oder weniger breite Verbindungsstege mit halber Materialstärke stehen lässt. In beiden Fällen soll als Rillen- bzw. Spaltstärke die einfache Blechstärke für 90°-Knicke und für 180°-Knicke die doppelte Blechstärke verwendet werden. Man muss beachten, dass bei Tintenstrahldruckern weiße Linie in schwarzen Flächen etwas zulaufen.

Ist die Zeichnung erstellt, dann ist die längste Arbeit bereits erledigt. Jetzt wird aus der Zeichnung ein Film hergestellt. Dazu haben wir folgende Möglichkeiten:

- Wir geben die Zeichnung als PS, EPS oder PDF-Datei an einen Litographie-Dienstleister. Er macht uns daraus einen Belichterfilm mit 2400 dpi Auflösung. Das Ergebnis ist allerfeinst. Allerdings ist das mit 10-20 € pro A4-Blatt auch recht teuer.
- Drucken mit einem Tintenstrahldrucker auf Overhead-Folie.

Ausdrücke von Laser- und Termodruckern selbst auf Spezialfolien sind in der Regel zu blass und nicht gut geeignet.

Das selbst Drucken mit dem Tintenstrahldrucker ist mit 2-5 € auch nicht gerade billig. Es liefert immerhin passable Ergebnisse, die mindestens dazu dienen können, festzustellen, ob die Zeichnung richtig ist. Voraussetzung ist ein moderner Tintenstrahldrucker mit mindestens 600 dpi Auflösung und die Verwendung spezieller Overhead-Folien für Tintenstrahldrucker. Beim Drucken darf man nicht vergessen, im Druckdialog den Papiertyp Folie auszuwählen.

Aus dem Filmblatt wird nun eine Filmtasche gefertigt. Das ist einfach: Der Film wird zwischen den beiden Zeichnungen für die Ober- und Unterseite zerschnitten. Man sollte dabei einen halben cm neben der Mitte schneiden. Den größeren Filmteil heften wir mit Klebefilm auf eine helle Fläche (z.B. eine Fensterscheibe). Jetzt nehmen wir den anderen Filmteil und positionieren ihn mit Hilfe der Positioniermarken exakt über den ersten und fixieren ihn mit einem Klebefilm-Streifen auf dem ersten Teil.

Die bedruckte Seite bei einer Tintenstrahl-Folie bzw. die Emulsionsseite bei einem Belichterfilm soll innen liegen. Wird das Blech zum Belichten in die Tasche eingelegt, dann liegt die schwarze Schicht direkt auf dem Blech. Andersherum entsteht beim Belichten eine Unschärfe.

Das Blech ist scharf. Also besonders bei Tintenstrahldrucker-Filmen Vorsicht und nicht der Film verkratzen.

6. Belichten

Man braucht für das Belichten keine Dunkelkammer. Der Fotolack ist nicht besonders lichtempfindlich. Belichtet wird er mit UV-Licht. Die maximale Empfindlichkeit des Fotoresists liegt bei Licht mit 440 nm Wellenlänge. Wir brauchen eine intensive UV-Lichtquelle. Es gibt dafür extra Belichtungsgeräte. Sie sind i. d. R. mit UV-Leuchtstoffröhren ausgestattet. So ein Gerät kostet ca. 200 €. Billige Alternativen sind spezielle UV-Licht-Glühbirnen, die man einfach in eine Fassung schraubt und am Kabel aufhängt, z.B. Osram Nitraphot S 250 W, oder andere UV-Strahler. Man muss allerdings mit längeren Belichtungszeiten rechnen. Ich selbst benutze eine selbstgebaute Lampe. Sie besitzt eine Quecksilberdampf-Birne, wie man sie in Gesichtsbräunern findet.

Je nach Intensität der Lichtquelle werden ca. 1-15 Min. Belichtungszeit benötigt¹. Verwendet man keinen speziellen Belichtungsapparat, sondern eine einfache UV-Licht-Lampe, dann sollte der Abstand zum Ätzblech ca. 30 cm betragen.

Die Belichtungsdauer muss ausreichend lang sein. Dann ist das Resist besonders gut durchbelichtet und lässt sich schnell und leicht entwickeln. Natürlich darf dabei nicht bereits eine Belichtung der maskierten Bereiche stattfinden. Bei Emulsionsfilmen aus einem professionellen Belich-

ter ist diese Gefahr kaum gegeben. Bei Tintenstrahldrucker-Filmen muss man etwas aufpassen und experimentieren. Auch wenn die Belichtungszeit zu knapp ausgefallen ist, lässt sich das Resist i. d. R. entwickeln. Allerdings dauert das lange und es besteht deshalb die Gefahr, dass auch maskierte Bereiche vom Entwickler angegriffen werden.

Zum Belichten wird die Filmtasche mit dem fixierten Ätzblech auf eine ebene Fläche gelegt und mit der Glasplatte beschwert, so dass der Film und das Ätzblech gut zusammengepresst werden.

Licht an – Licht aus!

Nach dem Belichten der ersten Seite muss auch die Rückseite belichtet werden.

Licht an – Licht aus!

Nun wird der Ätzling vorsichtig aus der Filmtasche genommen, wieder ohne den Film zu verkratzen. Die belichteten Bereiche auf dem Ätzling sind an einem leichten Farbumschlag zu erkennen.

7. Entwickeln

Für positiv bzw. negativ beschichtetes Blech werden verschiedene Entwickler benötigt. Man kauft am besten den passenden Entwickler beim selben Lieferanten, von dem man das Blech bezieht. Die Chemikalie kommt als Instantpulver in einem kleinen Tütchen (10 g) und wird in 1 L warmen Wasser gelöst. Für den Gebrauch sollte der Entwickler auf ca. 30-40 °C erhitzt werden. Der Entwickler ist eine starke Natronlauge (NaOH), die Augen und Haut verätzt – also Gummihandschuhe anziehen.

Zum Entwickeln wird das belichtete Blech in den Entwickler getaucht. Den Entwicklungsvorgang kann man gut beobachten. Das Resist löst sich unter Bildung violetter Wolken ab. Der Ätzling sollte leicht im Entwicklerbad hin- und her bewegt werden. Ggf. kann man mit einem weichen Pinsel weiter die Entwicklung unterstützen (er wird das Natronbad nicht oft überleben). Beim genauen Hinsehen, kann man erkennen, wann der Entwicklungsprozess abgeschlossen ist. Der Prozess dauert 1-3 Minuten. Nach dem Entwickeln ist das Blech mit klarem Wasser gut abzuspülen und mit Haushaltspapier vorsichtig trocknen zu tupfen.

1. Bei der angegebenen der Belichtungszeit gehe ich davon aus, dass beim Belichten Film und Blech mit einer gewöhnlichen Glasplatte beschwert werden. Glas ist nicht besonders UV-Lichtdurchlässig. Besser ist Kristallglas.



Abbildung 5: Semiprofessionelle Tauchätzanlage

8. Ätzen

Für das Ätzen gibt es spezielle Ätzmaschinen in verschiedenen Ausführungen. Die Profis benutzen Sprühätzanlagen. Ihr Preis liegt bei ca. 400 € aufwärts. Semiprofessionell sind Ätzküvetten, bei denen die Ätzflüssigkeit von durch einen Verteiler einströmende Luft umgewälzt wird. Diese Ätzmaschinen haben einen thermostatisch geregelten Heizstab und eine Membranpumpe für den Luftverteiler. Einfache Kunststoff-Ätzküvetten kann man ab ca. 80 € bekommen.

Für den Anfang kann man aber auch einfach in einer Schale oder einem kleinen Becherglas ätzen. Das geht durchaus ganz gut, wenn man nur kleine Ätzlinge (bis ca. 50 mm Kantenlänge) aus dünnem Blech (0,1 - 0,2 mm) fertigt.

Für die Ätzflüssigkeit gibt es drei Möglichkeiten:

1. Eisen-III-Chlorid-Lösung
2. Natriumpersulfat-Lösung
3. Salzsäure-Wasserstoffperoxyd-Mischung

Profis benutzen eine Eisen-III-Chlorid-Lösung. Sie ist am billigsten, hat aber den Nachteil, dass sie völlig trübe ist und man den Ätzprozess nicht so gut beobachten kann. Die Natriumpersulfat-Lösung wird oft als Schnellätzmittel angeboten. Tatsächlich ätzt sie nicht schneller als die Eisen-III-Chlorid-Lösung. Allerdings ist sie klar und man kann den Ätzprozess gut beobachten.

Sie Salzsäure-Wasserstoffperoxyd-Mischung eignet sich gut für das Ätzen kleiner Bleche im Becherglas. Das Ätzmittel ist sehr aggressiv und das Ätzen geht recht zügig. Allerdings entstehen ätzende und giftige Dämpfe. Man darf dieses Mittel nur unter freiem Himmel anwenden. Das Rezept lautet:

770 ml	Wasser
30 ml	Wasserstoffperoxyd 30 %tig
200 ml	Salzsäure 20 %tig

Sollte dieses Ätzbad schlapp werden, kann es durch Zugabe weiteren Wasserstoffperoxyds wieder in Gang gebracht werden.

Die Ätzflüssigkeit muss in ständiger Bewegung gehalten werden, um ein gleichmäßiges Ätzergebnis zu erzielen. Aus dem gleichen Grund sollte der Ätzling beim Ätzen in einer Ätzküvette immer wieder um 90° gedreht werden. Der Prozess dauert 5 - 20 Minuten, je nach Blechdicke und Frische des Ätzbades.

Um den Ätzling in der Ätzflüssigkeit festhalten zu können benutze ich Kunststoffwäscheklammern, bei denen ich die Metallfeder durch ein Gummiband ersetzt habe. Die Stahlfeder würde innerhalb von Minuten weggeätzt werden.

Der Ätzling sollte auf keinen Fall länger als nötig im Ätzbad verbleiben um Unterätzung zu vermeiden. Dieser Zeitpunkt ist kritisch und das Ende des Ätzbades sollte genau Beobachtet werden. Nach dem Ätzen ist das Blech sofort mit klarem Wasser abzuspülen und mit Haushaltspapier vorsichtig trocknen zu tupfen.

9. Nachbehandlung

Soll der Ätzling lackiert werden, dann ist es durchaus empfehlenswert, den Fotolack zu belassen. Er dient als guter Haftgrund. Der Positiv-Fotolack ist lötlbar. Ansonsten lässt sich der Fotolack mit Spiritus abwaschen.

A. Bezugsquellen

Saemann Modell- und Ätztechnik Zweibrücker Str. 58 66953 Pirmasens http://www.saemann-aetztechnik.de/	große Auswahl an Ätzblechen • Ätzmittel • Schalen • Belichtungsgeräte • Lampen • Ätzmaschinen
Conrad-Elektronik Klaus-Conrad-Str.1 92240 Hirschau http://www.conrad.com	Ätzmittel • Schalen • Belichtungsgeräte • Lampen • Ätzmaschinen
ELV Elektronik AG Postfach 26787 Leer http://www.elv.de	Ätzmittel • Schalen • Belichtungsgeräte • Lampen • Ätzmaschinen
Bungard Elektronik GmbH & Co.KG Rilkestrasse 1 51570 Windeck http://www.bungard.de/	Ätzblechlieferrant, beliefert angeblich keine Privatkunden