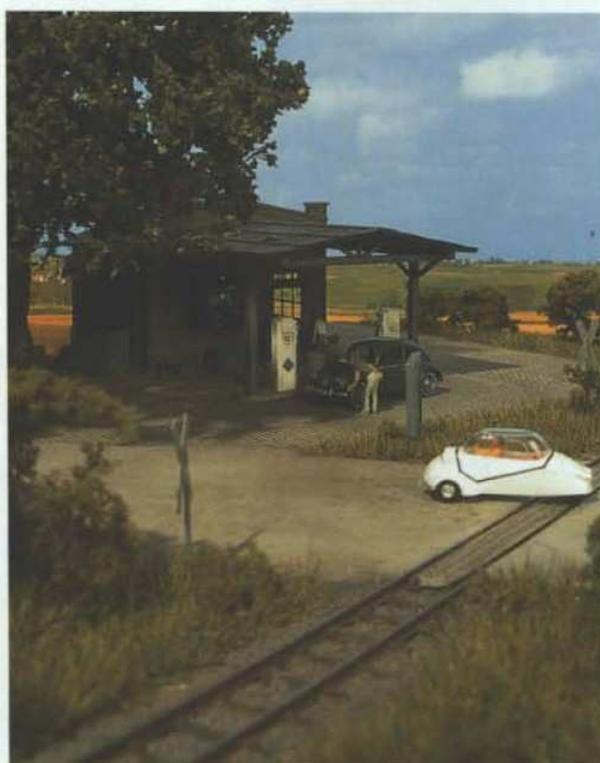
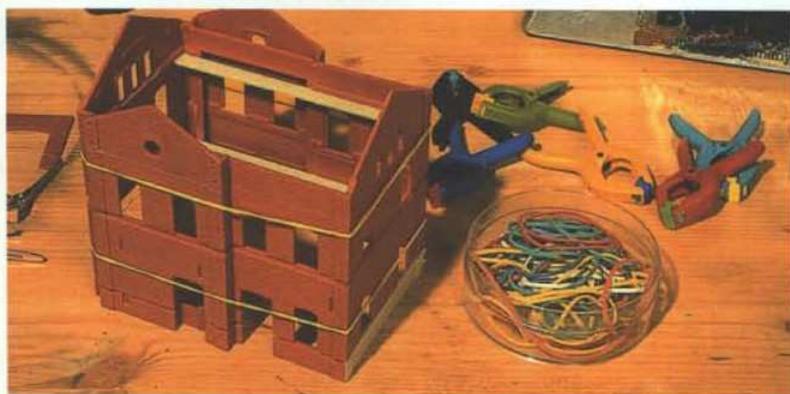
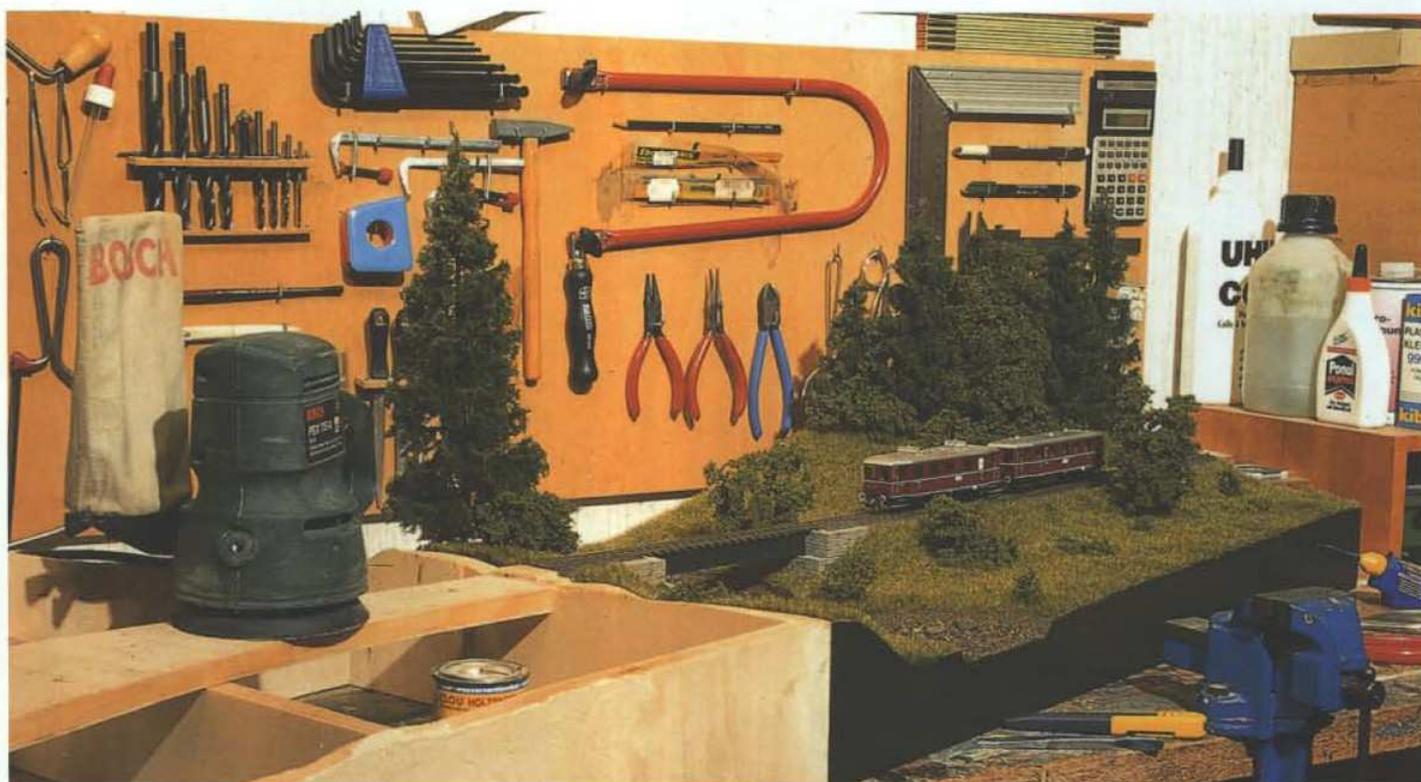


MIBA
MODELLBAHN
PRAXIS

Burkhard und Stephan Rieche/Uwe Stehr

MODELLBAHN WERKSTATT

Materialien, Methoden, Werkzeuge



MIBA
DIE EISENBAHN IM MODELL

MIBA-Modellbahn-Praxis 3/2002
Deutschland € 10,-
Österreich € 11,50 · Schweiz sFr 19,80
BeNeLux € 11,60 · Italien € 12,40
ISBN 3-86046-069-2



Was haben wir Modellbahner nicht alles für Probleme: die Schotterkorngrößen auf Nebenbahnen der Epoche 3, den Knickwinkel der Wagner-Windleitbleche der Reichsbahn-Vorserienloks der Baureihe 23, falsch bekleidete Miniaturfiguren auf einem Epoche-3-Diorama, die Unterschiede zwischen den Grasfasern des Herstellers A und des Lieferanten B. Doch bevor wir überhaupt

Basteln mit Lust statt Frust

an unsere Anlage und ihre Ausstattung oder an unsere Fahrzeuge Hand anlegen, tritt ein grundlegendes Problem auf, vor dem viele Modellbahner in der Praxis stehen: Welche Werkzeuge und Materialien eignen sich für welche Selbstbauvorhaben?

Dieser Ratgeber will zeigen, was in einer Modellbahn-Werkstatt nicht fehlen darf, wie die Werkstoffe bearbeitet werden und wie sich Ergebnisse verbessern lassen. Wir wollen einen Überblick geben, was für Werkzeuge in unserem Hobby sinnvoll eingesetzt werden können, was für Unterschiede es zwischen ihnen gibt und worauf beim Kauf zu achten ist.

Die Broschüre ist in drei große Kapitel eingeteilt, die sozusagen für verschiedene „Evolutionsstufen“ des Modellbahners stehen:

- Im ersten Teil sehen wir uns in einer gut ausgestatteten Bastelwerkstatt um. Mit den hier benötigten Werkzeugen tut man sich

leichter beim Zusammenbau von Kunststoffbausätzen und bei kleineren Holzbasteleien. Aber auch Spezialwerkzeuge oder besondere Techniken werden beschrieben, etwa wenn es ums Gleisverlegen geht oder um individuelle Abgüsse aus Silikonformen.

- Im zweiten Teil wenden wir uns schwerpunktmäßig den gröberen Holzarbeiten zu, wie sie typischerweise beim Bau einer Anlage und ihrem Unterbau vorkommen.

- Der dritte Teil dann steht im Zeichen der schon anspruchsvolleren Metallbearbeitung, wie sie beispielsweise beim Bau oder Umbau von Fahrzeugen notwendig sein kann. Dabei werden auch die Grundlagen des Drehens, Lötens und Ätzens beschrieben – Fertigkeiten, die keine Hexerei sind!

Eingestreute Bauprojekte, die Werkzeuge und Werkstoffe in der praktischen Anwendung zeigen, runden jedes Kapitel ab.

Eines sei schon vorab gesagt: Unabdingbar für gute Bauergebnisse ist gutes Werkzeug. Das gibt es nicht zum Schleuderpreis! Natürlich kann man Feilen, Messer und Elektrowerkzeuge auch an den Grabbeltischen vor den Kassen der Baumärkte kaufen. Aber nachhaltige Ergebnisse und damit langfristige Freude bringt nur hochwertiges Werkzeug. Eventuelle Mehrkosten werden durch längere Haltbarkeit von Werkzeug und Bastelresultat mehr als kompensiert. Der Aufpreis rechnet sich dadurch, dass die Werkzeuge länger halten und länger gute Bauergebnisse bringen – ganz abgesehen vom Frust und der Zeitverschwendung, den unbrauchbare Werkzeuge verursachen.

In diesem Sinne wünschen wir guten Erfolg und viel Vergnügen in Ihrer Modellbahn-Werkstatt!

Regensburg, im Sommer 2002

Burkhard und Stephan Rieche, Uwe Stehr



Das Autorentrio, frohen Mutes nach getaner Arbeit. *Burkhard* (links) und *Stephan Rieche* (rechts) haben seit 1986 zahlreiche Artikel für MIBA und MIBA-Spezial, aber auch für *Bahn & Modell* und *Eisenbahn-Magazin* verfasst. Langjährigen MIBA-Lesern sind die Ingenieure vor allem durch ihre Beiträge über Anlagenbau, Landschaftsgestaltung und Modellbahnbetrieb sowie durch die grundlegenden Bände über „Modellbahn-Landschaft“ und „Gebäude-Modellbau“ in der MIBA-Praxis-Reihe bekannt. Der Maschinenbau-Ingenieur *Uwe Stehr*, seines Zeichens Schmalspurfan und passionierter Fahrzeug-Modellbauer mit inzwischen einer Reihe von MIBA-Veröffentlichungen zu diesen Themen, zeichnet auch für die entsprechenden Kapitel in dieser Broschüre verantwortlich.

Merci beaucoup à Luciana und vielen Dank an Dania

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme
Modellbahn-Werkstatt / Uwe Stehr : Stephan Rieche. -
Nürnberg : Miba-Verl., 2002 (Miba-Modellbahn-Praxis)
(Miniaturbahnen)
ISBN 3-86046-069-2

© 2002 by Verlagsgruppe Bahn GmbH,
MIBA-Verlag, Nürnberg

Alle Rechte vorbehalten

Nachdruck, Reproduktion und Vervielfältigung – auch
auszugsweise und mithilfe elektronischer
Datenträger – nur mit vorheriger schriftlicher
Genehmigung des Verlages.

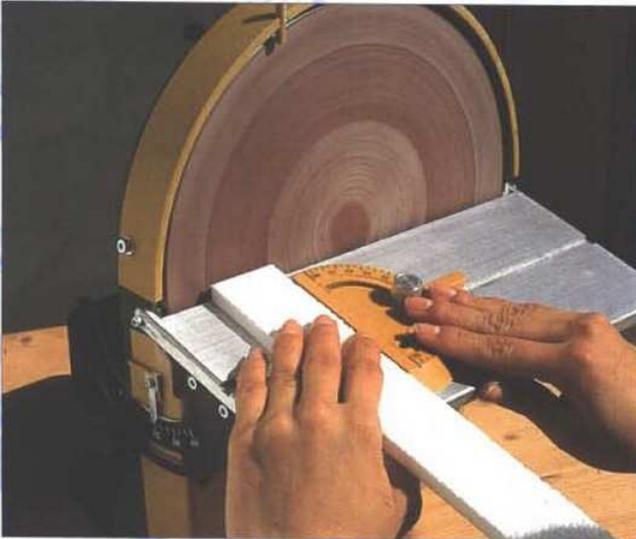
Der Einsatz der in dieser Publikation beschriebenen
Werkzeuge erfolgte nach bestem Wissen und
Gewissen. Die geschilderten Vorgehensweisen und alle
Ratschläge sind praxiserprobt. Dennoch ist eine
Haftung der Autoren und des Verlages und seiner
Beauftragten für Personen-, Sach- und Vermögens-
schäden ausgeschlossen.

Redaktion: Thomas Hilge

Satz: Bettina Knaden

Litho: WaSo PrePrintService GmbH, Düsseldorf

Druck: WAZ-Druck GmbH, Duisburg



16 Eine Tellerschleifmaschine bewährt sich, wenn exakt winkliges Arbeiten gefragt ist. Wenn es in der Bastel-Werkstatt ums Schleifen und Feilen geht, ist aber auch manueller Einsatz angesagt.



49 Natürlich kommt in der Modellbahn-Werkstatt der Anlagenbau nicht zu kurz. Hier dreht es sich vorwiegend um die Be- und Verarbeitung des wichtigsten Werkstoffes dabei: Holz.



60 Ein weites Feld in der Werkstatt des ambitionierten Modellbahners ist der Fahrzeugbau. Hier geht es hauptsächlich um die Bearbeitung von Metallen und die dafür erforderlichen Werkzeuge – wie die abgebildete Drehbank – und Methoden.

EIN WORT ZUVOR

Basteln mit Lust statt Frust 3

BASTEL-WERKSTATT

Halten und Greifen	6
Messen und Markieren	9
Schneiden und Sägen	12
Schleifen und Feilen	16
12-Volt-Werkzeugsysteme	20
Werkzeuge für die Gleisverlegung	24
Projekt: Eine kleine Tankstelle	26
Projekt: Von Württemberg nach Preußen	28
Silikonformen	30
Klebstoffe	34
Nützliche Helferlein	36

ANLAGENBAU

Halten, Zwingen, Klemmen	40
Holz sägen	42
Dübeln und Schrauben	44
Nacharbeiten von Holz	47
Projekt: Ein bisschen Anlagenbau	49

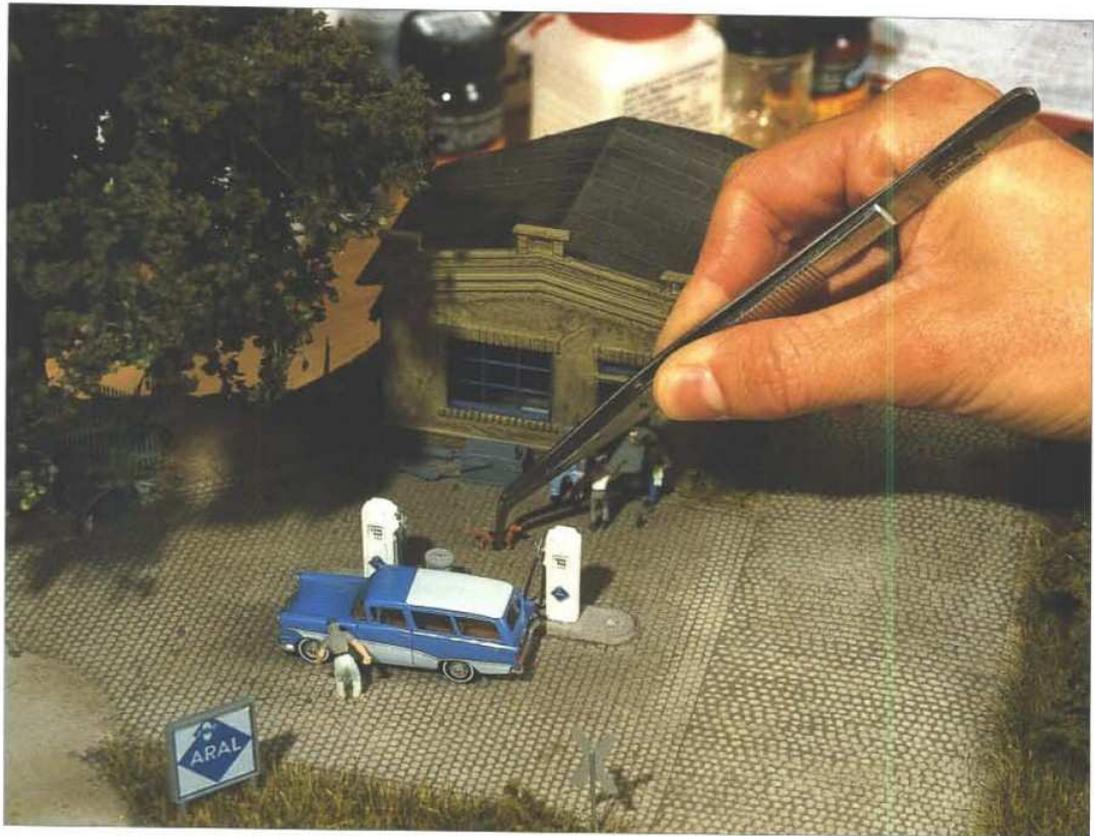
FAHRZEUGBAU

Metalle trennen	52
Projekt: Tackerklammern zu Schienennägeln	54
Biegen von Metallteilen	56
Löcher im Metall	57
Die Drehmaschine	60
Die Fräsmaschine	64
Weich- und Hartlöten	66
Metallätzen	69
Projekt: Umbau eines Rollwagens	73

DIE WERKSTATT

Schritt für Schritt zur Werkstatt	78
Werkzeuge richtig aufbewahrt	79
Produkte und Lieferanten	81
Literaturhinweise	82

Modellmotive leben durch Details, die oft so winzig sind, dass man sie kaum greifen kann. Pinzetten sind da genau das Richtige, wie die hier abgebildete Spitzpinzette zeigt.



Wo die Finger nicht mehr reichen

Halten und Greifen

Werkzeuge, um etwas festzuhalten, sind unentbehrlich in der Werkzeugkiste des Modellbauers. Oft geht es einfach nur darum ein Werkstück zu fixieren, um beide Hände zum Bearbeiten frei zu haben. Oder das Werkstück selber ist so klein, dass es sich selbst dem Zugriff feinmotorischer Pianistenfinger entzieht. Für diese und viele andere Einsatzzwecke gibt es genug Hilfsmittel, die einem das Leben einfacher machen.

Beginnen wir mit dem Fall, dass unsere zittrigen und krummen Finger einfach nicht in der Lage sind, den einen Millimeter großen Niet für die Dampfloksteuerung zu greifen. Was tun? Richtig – eine Pinzette muss her. Pinzetten gibt es in verschiedenen Formen, von denen die klassische Briefmarkenpinzette mit einer Spitze wohl die bekannteste ist. Sie sollte auch in keiner Modellbau-Werkzeugkiste fehlen, wobei sich am besten die Pinzetten mit leicht angeriffelten Greifflächen bewährt haben. Vaters glatte Briefmarkenpinzette beschädigt zwar die wertvolle „Blaue Mauritius“ nicht – aber wem einmal ein winziges Kunststoff- oder Metallbauteilchen fortgesprungen

und im grobflorigen Teppichboden gelandet ist, weiß wovon die Rede ist.

Daneben gibt es verschiedene andere Formen von Greifflächen für die unterschiedlichsten Einsatzzwecke. Eine Sonderpinzette soll aber an dieser Stelle noch erwähnt werden – die Festhaltepinzette: Während man die Schenkel einer normalen Pinzette zusammendrücken muss um einen Gegenstand zu „packen“, ist es bei der Festhaltepinzette genau umgekehrt. Aufgrund ihrer Überkreuzkonstruktion sind die Schenkel zusammengedrückt und öffnen sich erst, wenn die Griffflächen in der oberen Hälfte der Pinzette zusammengedrückt werden. Ein Anwendungsgebiet dieser Pinzetten ist übrigens die Wär-

meableitung beim Löten: Liegen zwei Lötstellen dicht nebeneinander, setzt man die Festhaltepinzette dazwischen und kann so eine Lötstelle bearbeiten, ohne dass sich die andere gleich wieder löst.

Gute Pinzetten sucht man übrigens im Baumarkt oft vergeblich. Besser ist der Gang zu Händlern für Goldschmiede- oder Zahnarztbedarf, weil die dort erhältlichen Pinzetten deutlich präziser gefertigt sind.

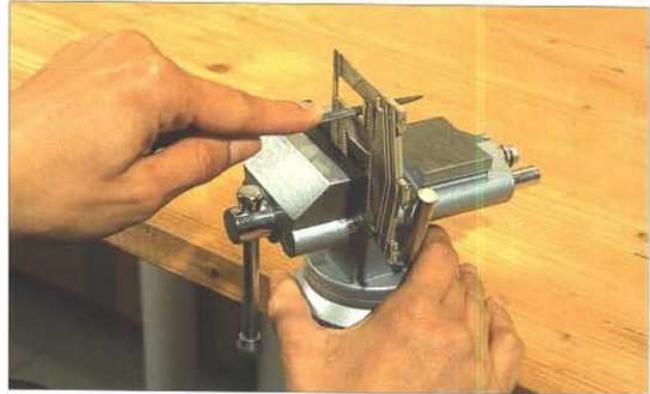
Klemmvorrichtungen

In vielen Fällen muss man ein Werkstück stationär einspannen um beide Hände zu seiner Bearbeitung frei zu haben. Hier wollen wir zunächst nur Geräte für das Basteln betrachten, im nächsten Kapitel finden sich dann Haltevorrichtungen für größere Arbeiten, wie sie beispielsweise beim Anlagenbau stattfinden.

In keiner Bastelwerkstatt darf ein kleiner Schraubstock fehlen. Für die meisten Basteleien braucht er nicht unbedingt am Tisch festgeschraubt zu werden, sondern wird mit einer oft in den Schraubstockfuß integrierten Schraubklemme befestigt. Beim Kauf ist darauf zu achten, dass sich die Gewinde schön leichtgängig bewegen lassen und die beiden Haltebacken exakt parallel zueinander sind. Falls sie das



Pinzettenformen: normale Spitzpinzette, Spitzpinzette mit abgewinkelten Spitzen zum Erreichen von verwinkelten Stellen und schließlich Festhaltepinzette mit überkreuzten Schenkeln (als Wärmeableitpinzette mit verstärkten Spitzen um mehr Wärme aufzunehmen).



Ein kleiner Schraubstock für Bastelarbeiten ist unverzichtbar. Er sollte für die empfindlichen Werkstücke Plastikkappen für die Backen haben. Notfalls kann man die Werkstücke auch durch Zwischenlagen von Kreppklebeband, Schaumstoff oder Ähnlichem schützen.

nicht sind, wird das Werkstück nämlich nicht gleichmäßig eingespannt, kann sich verdrehen oder wird sogar beschädigt.

Nicht selten sind Arbeiten, bei denen zwei Teile miteinander verklebt oder verlötet werden. Hierfür bräuchte man oft genug eine dritte Hand – und ein praktisches Werkzeug mit dieser Bezeichnung gibt es tatsächlich. Die „Dritte Hand“ hält Werkstücke mithilfe kleiner Klemmen, die am Ende von Gelenkarmen sitzen, welche sich in beliebige Positionen drehen lassen. Eine angebaute Lupe erleichtert die Betrachtung filigraner Bastelarbeiten.

Unverzichtbar sind kleine Schraubzwingen, die es inzwischen in unzähligen Ausführungen gibt. Mit ihrer Hilfe lassen sich mehrere Teile zusammenklemmen, um sie gemeinsam zu bearbeiten, oder kleine Montagevorrichtungen bauen. Klebstoffe können unter dem Druck einer Schraubzwinde aushärten. Gerade das Thema Haltevorrichtungen ist für die Werkzeugkon-



Die „Dritte Hand“ löst Halteprobleme. Hier sind gleichzeitig zwei Werkstücke zu positionieren sowie Lötzinn und LötKolben zu halten.

strukturen offenbar ein unerschöpfliches Thema – es lohnt sich, im Baumarkt immer mal wieder nach neuen Kreationen Ausschau zu halten.

In die Zange genommen

Während Pinzetten nur zum Halten von kleinen Gegenständen gedacht sind, die dabei keinen großen Kräften ausgesetzt sind, kann man mit Zangen schon deut-

lich kräftiger zupacken und sie zum Halten von Werkstücken beim Bearbeiten verwenden. Grundsätzlich lassen sich Zangen zum Halten und Zangen zum Schneiden unterscheiden. Zangen zum Halten sind etwa Justier- und Flachzangen, für gröbere Arbeiten auch Grip- und Wasserpumpenzangen (die wir Modellbahner glücklicherweise recht selten brauchen). Ebenfalls zum Halten eignen sich Kombi- und



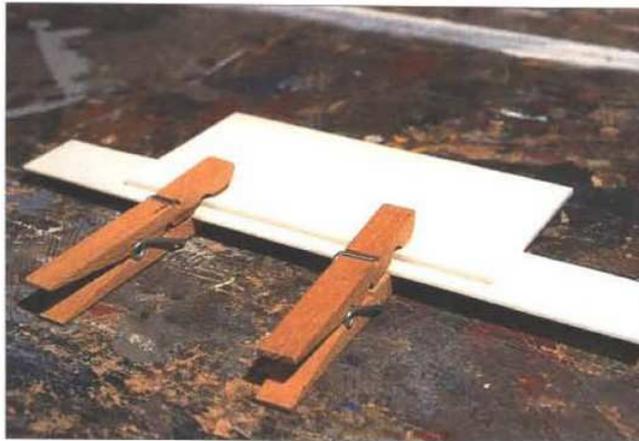
Schraub- und Klemmzwingen gibt es in allen möglichen Größen und Ausführungen. Um kleine Teile zu klammern, taugen auch alltägliche Haushaltsgegenstände wie schlichte Gummibänder oder Haarklipse (links).

Mechanikerzangen, die – ihr Name verrät es – auch noch für andere Arbeiten geeignet sind. Zangenformen gibt es fast unendlich viele und wir wollen nur auf die eingehen, die für unsere Modellbahn-Werkstatt wichtig sind.

Die Kombinationszange – kurz Kombizange – ist eine Art Alleskönner unter den Zangen: Sie vereint Greifen und Schneiden in einem Werkzeug. Die Schneiden eignen sich zum Trennen von Draht, Nägeln, kleineren Kabeln und Ähnlichem. Die gezahnten, „scharrierten“ Greifbacken halten flache Teile und kleine Werkstücke fest und das so genannte Brennerloch (die verzahnte elliptische Aussparung) eignet sich zum Greifen und Drehen vor allem runder Teile.

Ähnlich im Aufbau ist die „Flachrundzange mit Schneide“, wie sie die Norm offiziell nennt. Die Funktion ist hier ähnlich wie bei Kombizangen, nur ist sie wesentlich schlanker gebaut – der Kopf mit den Greifbacken ist deutlich länger und schmaler. Die längere Version (200 mm) wird „Storchschnabelzange“ genannt, die kürzere (bis 160 mm) „Radiozange“. Auch mit diesen beiden lässt sich greifen und schneiden. Mit den schlanken, halbrunden Greifbacken, die innen verzahnt sind, lassen sich enge und schwer zugängliche Stellen gut erreichen. Die sehr präzise bearbeiteten Spitzen greifen auch dünnste Teile fest und sicher.

In jede Werkstatt gehört außerdem eine Rundzange. Neben Haltefunktionen dient sie auch dem Biegen von Rundungen. Mit den sich verjüngenden Backen können verschiedene Biegeradien erzielt werden.



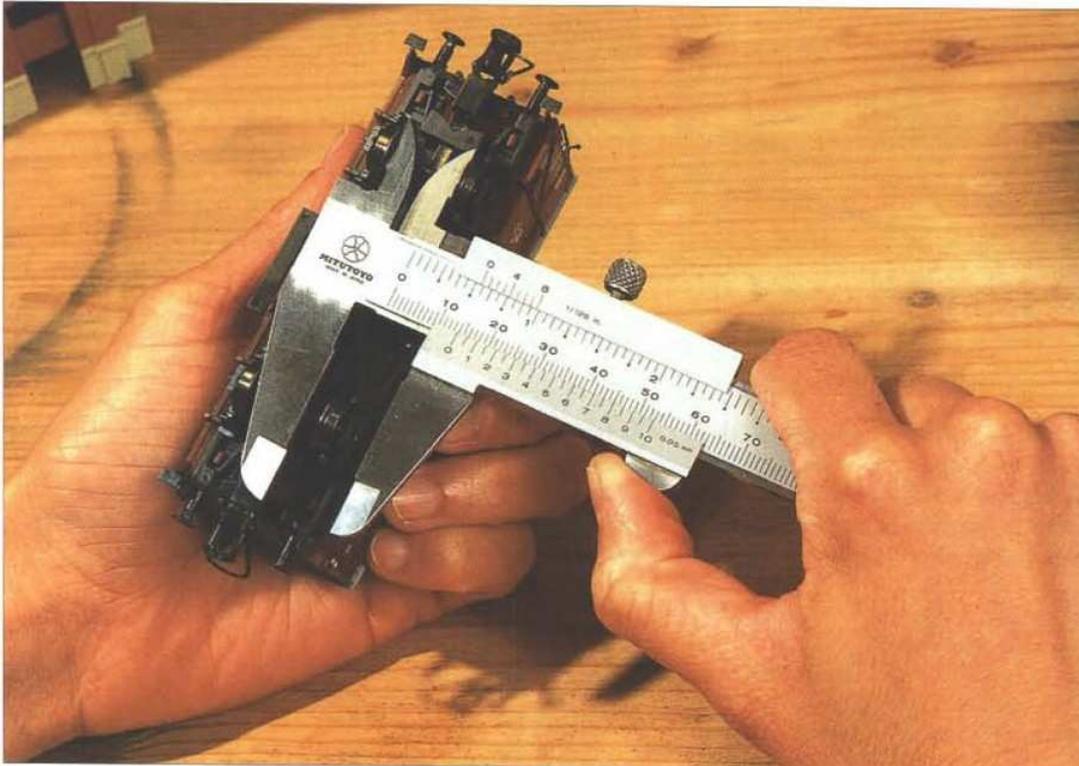
Wenn es darum geht, kleinere Teile vorübergehend zu halten oder zusammenzupressen, dann genügt in vielen Fällen eine ganz banale Holzwäscheklammer.



Die Flach- und die Rundzange (links) dienen ausschließlich fürs Greifen und Halten, während die Kombizange (rechts) und die Flachrundzange mit Schneide auch noch Schneiden zum Trennen von Drähten haben. Diese Schneiden sind in der Regel weniger belastbar als jene spezieller Seitenschneider, weshalb man sie nicht zum Trennen harter Materialien wie Stahl verwenden sollte.

Eine Haltezange in der Anwendung: Verbogene Drähte richtet man, indem man ein Ende in einen Schraubstock einspannt und das andere mit einer stabilen Kombi- oder Flachzange unter starkem Zug ein paar Mal verdreht, bis der Draht wieder gerade ist. Knicke bekommt man auf diese Art allerdings nicht weg.





Das genaueste Messmittel in unserer Bastelwerkstatt ist ein Messschieber, hier bei der Innenmessung eines Radatzes.

Genaueres Messen bringt genaue Ergebnisse

Messen und Markieren

Am Anfang eines Bauprojektes ist die Idee, aber gleich danach kommt die Frage nach der Größe – und spätestens dann muss man mehr oder weniger genau messen. Beim Anlagenunterbau mag eine Genauigkeit im Millimeterbereich ausreichen, im Gebäude- oder Fahrzeugmodellbau kommt es hingegen oft auf Zehntel- oder gar Hundertstelmillimeter an. Neben den Längen müssen auch noch die Winkel stimmen – und all das erfordert die richtigen Hilfsmittel.

Jeder kennt den Zollstock, der korrekt eigentlich „Gliedermaßstab“ heißt, und das Rollbandmaß. Beide sind geeignet für gröbere Messungen und beim Anlagenbau wird sie kaum jemand missen wollen. Im Grunde ist das Bandmaß das vielseitigere Messmittel: Man kann mit ihm auch Innenmessungen durchführen und es lässt sich außerdem genauer ablesen. Beim zwei bis drei Millimeter starken Zollstock kommt es leicht zu Ablesefehlern, wenn man nicht exakt senkrecht auf die Skala schaut. Bei dem nur Zehntelmillimeter starken Bandmaß oder einem Stahl-

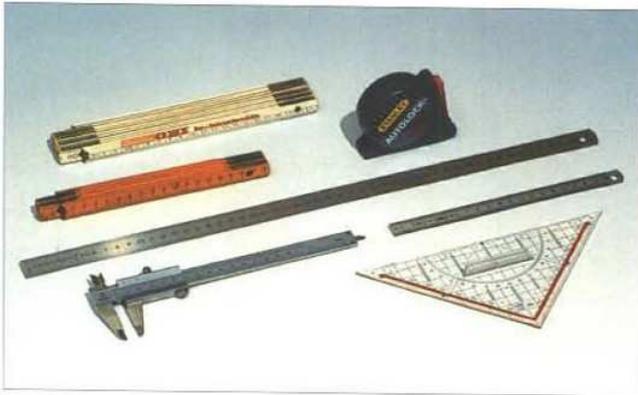
maß kommt das naturgemäß nicht vor. Bei einem Bandmaß ist darauf zu achten, dass es arretierbar ist. Manche Typen arretieren sich automatisch und rollen erst beim Drücken eines Knopfes wieder auf, andere rollen sich immer wieder auf, wenn sie nicht arretiert werden. Welches Prinzip man bevorzugt, ist Geschmackssache. Auf jeden Fall muss das Band pfleglich behandelt werden und darf keine Knicke bekommen, sonst sind exakte Messungen nicht mehr möglich.

Für kleinere Basteleien ist das Stahl-

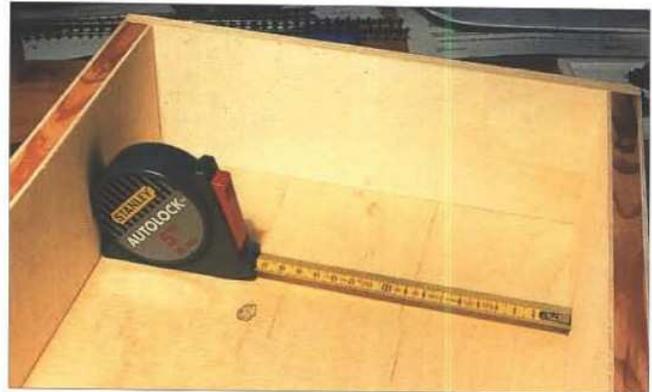
lineal ein sehr brauchbares Messmittel und es sollte in keiner Werkstatt fehlen. Stahllineale sind in verschiedenen Längen zwischen 20 und 50 cm erhältlich. Die kürzeren Ausführungen verfügen oft über eine Skala in Halbmillimeter-Abständen. Plastiklineale eignen sich für Messungen genauso und sind wegen ihrer Transparenz oft praktischer. Aber sie eignen sie sich nur sehr bedingt zum Führen eines Bastelmessers, weil man schnell in die Messkante „rutscht“ und das Lineal auf Dauer Kerben und Scharten erhalten wird. Sehr praktisch ist allerdings ein Geodreieck aus durchsichtigem Kunststoff zum Bestimmen von Winkeln.

Messschieber und Mikrometer

Wenn es um Millimeterbruchteile geht, sind zwei exaktere Messmittel erforderlich: der Messschieber (umgangssprachlich auch Schiebellehre genannt) und der Mikrometer. Ein Messschieber ist in der Modellbahn-Werkstatt unentbehrlich, selbst wenn er deutlich teurer als ein Lineal ist. Auch wenn es sehr preiswerte Modelle gibt, sind die rund € 40,- für einen guten Messschieber aus rostfreiem Stahl mit Nonius gut angelegt. Der Nonius ist der Clou des Messschiebers. Mit seiner Hilfe kann man bis zu 1/10, oft sogar bis zu 1/20 Millimeter genau messen (siehe Bild). Seit einiger Zeit gibt es auch Messschieber mit digitaler Anzeige. Sie lassen sich leicht ablesen und zudem in jeder be-



Stahl-lineale, Zollstock und Bandmaß (hinten) sind für größere Messungen mit einer Genauigkeit von ca. einem Millimeter. Mit dem Stahlmaß kann man schon bis zu einem halben Millimeter genau messen; mit dem Messschieber bis zu einem Zwanzigstelmillimeter. Das Geodreieck schließlich ist unverzichtbar zum Messen von Winkeln.

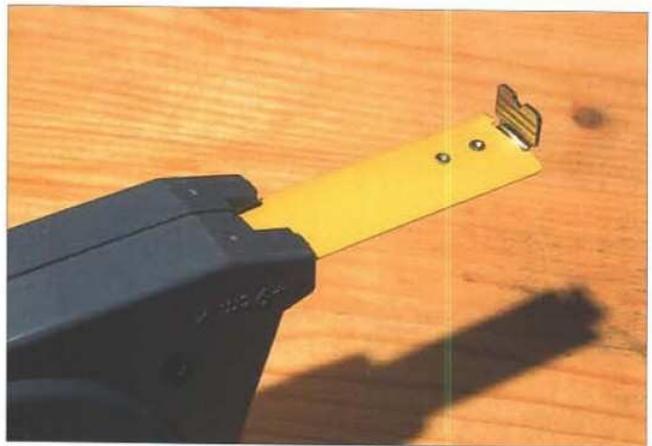


Mit dem Bandmaß kann man auch Innenmessungen durchführen, wie hier bei einem Modulkasten. Dazu ist zu dem angezeigten Maß die Länge des Gehäuses hinzuzurechnen (oben). Für diese Innenmessungen ist allerdings ein verschiebbares Bandmaßblech notwendig, damit dieses Blech nicht mitgemessen wird (unten).

liebigen Stellung „nullen“, was Differenzmessungen ohne umständliche Rechnerei ermöglicht.

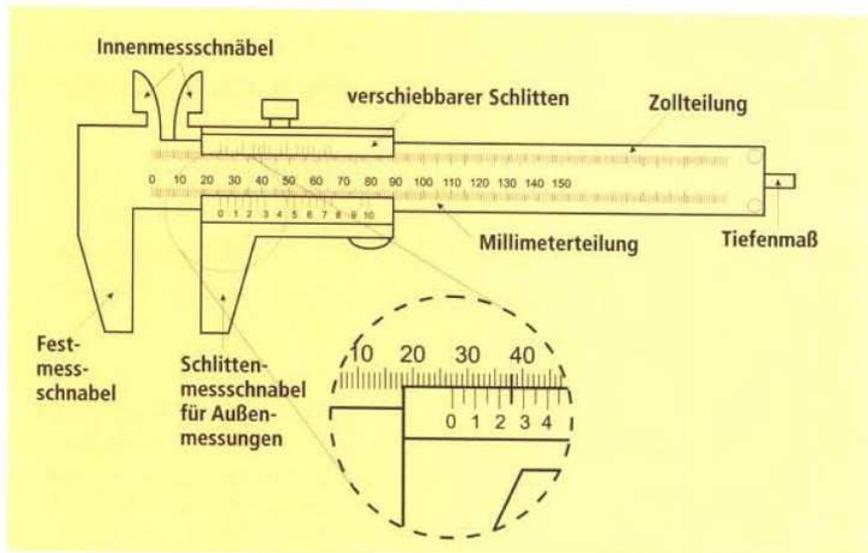
Ein Messschieber hat zwei mal zwei Messschnäbel – ein Paar für Außenmessungen und ein Paar für Innenmessungen. Die Messschnäbel für Außenmessungen sind breit, damit sie sich senkrecht auf die zu messende Oberfläche ausrichten können, die Messspitzen für die Innenmessungen sind sehr schmal, damit man auch in kleinen Rundungen ohne große Messfehler messen kann. Wichtig ist, dass man die Messflächen immer genau im rechten Winkel auf die zu messenden Flächen aufsetzt, weil ein Verkanten zu größeren und somit falschen Messwerten führen würde.

So benutzt man den Nonius einer Schiebellehre: Die Markierung vor der Null-Linie des Nonius gibt die vollen Millimeter an, die übereinstimmenden Markierungen oben und unten geben die Bruchteile an; in unserem Fall 2,5 Zehntel, macht also 24,25 mm.



Neben Innen- und Außenmessungen kann man mit dem Messschieber auch genaue Tiefenmessungen durchführen. Dazu ist der Schlitten mit einem Tiefenmaß verbunden, das unten aus dem Körper des Messschiebers herausfährt. Zur Tiefenmessung öffnet man den Meßschieber weit, setzt dann den Tiefenmesser auf den Boden der zu messenden Öffnung und schließt den Messschieber dann langsam, bis die Unterkante des Messschiebers auf die Oberseite der Öffnung aufsetzt. Wichtig ist, dass man die Messspitze des Schieber genau senkrecht in die Öffnung einführt, damit die bereits erwähnten Messfehler nicht auftreten, und die kleine Verjüngung am Ende des Tiefenmessers zur Innenwand der Öffnung zeigt. So führen eventuelle Verunreinigungen oder ein nicht ganz gratfreier Übergang zwischen Wand und Boden des Lochs nicht zu Messverfälschungen.

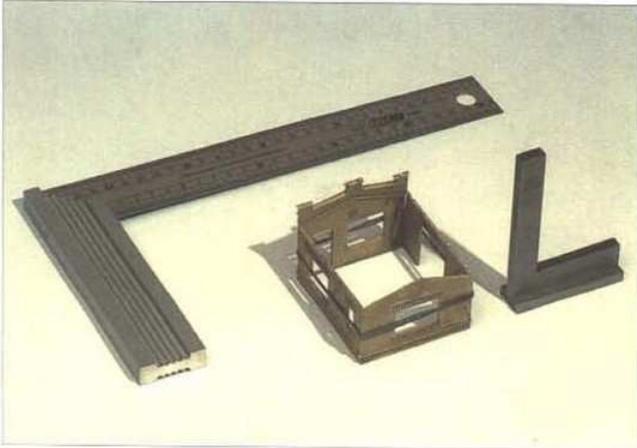
Wenn selbst die Genauigkeit des Messschiebers nicht ausreicht, kann



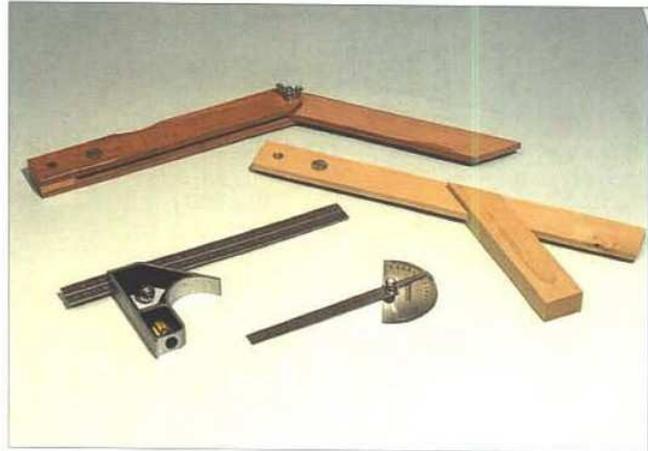
man mit dem Mikrometer bis zu 1/100 Millimeter genau messen. Hier werden nicht zwei Skalen linear gegeneinander verschoben wie bei dem Messschieber, sondern zwei Präzisionsgewinde gegeneinander verdreht, wodurch eine höhere Messgenauigkeit erreicht wird. Mit einem Mikrometer lassen sich aber nur Außenmaße messen.

Damit der Winkel passt

Von den Winkeln ist der rechte, also der 90-Grad-Winkel, für uns Modellbahner der wichtigste. Für unsere Zwecke gibt es Stahlwinkel in verschiedenen Größen und Anschlagwinkel. Stahlwinkel bestehen aus zwei L-förmig zusammengesetzten Stahlstücken, die auch



Metallwinkel zur Bestimmung von exakt rechten Winkeln – ein kleiner Standwinkel (etwa für den Gebäudemodellbau) und ein größerer Blechwinkel für den Anlagenbau.



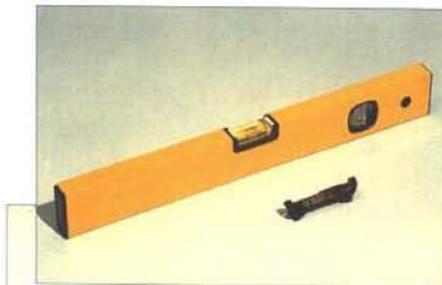
Winkel-Messgeräte: einstellbare Schmiege (hinten), davor rechts ein fester Gehrungswinkel aus Holz und links ein solcher aus Metall, im Vordergrund ein einstellbarer Winkelmesser.

mit einem weiteren Stahlstück als Fuß versehen sein können. Ein kleiner Stahlwinkel ist zum Beispiel beim Gebäudebau unentbehrlich.

Anschlagwinkel bestehen aus einem Alu- oder Holzschenkel und einer Blechzunge, die sinnvollerweise auch mit einer Millimeterskala versehen sein sollte. Sie sind unverzichtbar beim Anlagen- oder Modulkastenbau. Hat ein „Anschlagwinkel“ einen Winkel von 45 Grad, so spricht man von einem Gehrungswinkel zum Kontrollieren von Gehrungen. Will man den Winkel zwischen Schenkel und Zunge frei einstellen, so braucht man eine Schmiege. Sie kann unter Zuhilfenahme eines Geodreiecks auf nahezu jeden Winkel eingestellt werden.

Ein exakt langes und wunderbar rechtwinkliges Werkstück soll nun auch genau waagrecht (oder senkrecht) im Raum stehen? Dafür gibt es Wasserwaagen in den unterschiedlichsten Größen und Ausführungen. Seit einiger Zeit existieren auch digitale „Wasserwaagen“, die streng genommen gar keine Wasserwaagen mehr sind, sondern Neigungsmesser, weil sie direkt die Neigung eines Objektes gegenüber der Waagrechten anzeigen.

Zum Schluss noch ein paar Worte zum Markieren des Messergebnisses. Der allfällige dicke Zimmermannsbleistift darf natürlich nicht fehlen. Aber zum Markieren auf Holz eignet sich ein guter Druckbleistift besonders gut, auf Metallen hinwiederum bewährt sich ein wischfester „superfeiner“ Faserschreiber oder Folienstift und in Fällen, und wo es auf besondere Genauigkeit ankommt, liefern ein scharfes Messer oder eine Reißnadel die genauesten Ergebnisse.



Das kennt jeder Modellbahner: Ein Bahnhof weist eine leichte Neigung auf und abgestellte Wagen fangen an zu rollen. Da fehlte eine Wasserwaage, wie sie zum genauen Ausrichten von Trassenbrettern und Modulen unerlässlich ist.



Nützliche Markierungsmittel sind Bleistifte für Holz und Kunststoff, Filzstifte (Folienstifte) für Metall und Kunststoff, Messer und Reißnadel für sehr genaue Anritzungen.

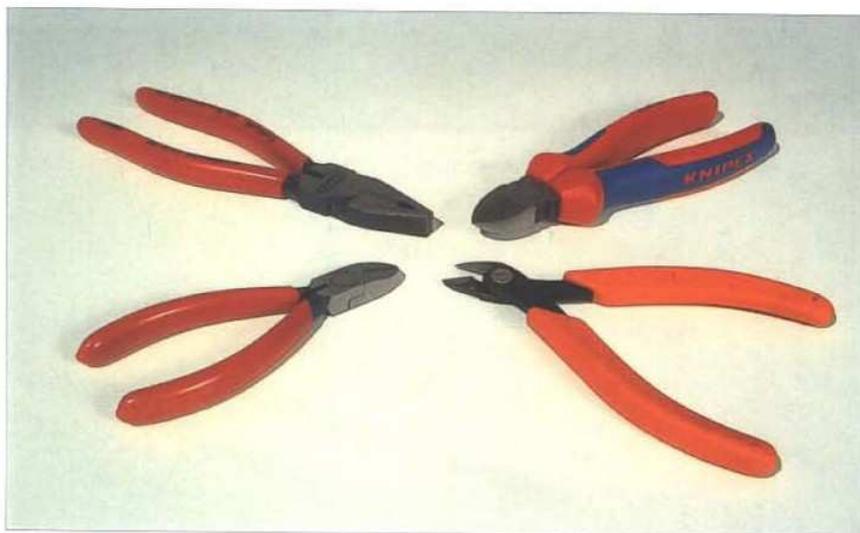
Überblick über die beim Umbau des Bahnhofs „Eschbronn“ (siehe S. 28/29) eingesetzten Trennwerkzeuge: Messer, Scheren, Seitenschneider und Tischkreissäge. Letztere ist für das Herstellen gerader Schnitte in Platten aller Arten unentbehrlich.



Zangen und Scheren, Messer und Sägen

Schneiden und Sägen

Eigentlich will ja der Modellbauer, dass in seinen Händen etwas zusammengefügt wird, etwas Neues entsteht. Aber auf dem Weg dorthin muss vieles erst mal getrennt werden: Drähte und Profile sind abzulängen, Platten und Leisten passend zurechtzuschneiden oder zu sägen.



Zangen zum Trennen: Hinten links die schon bekannte Kombizange, davor und rechts daneben zwei Seitenschneider in unterschiedlich schweren Ausführungen und rechts vorne eine watenfrei schneidende Zange.

Bei den Zangen zum Trennen, Schneiden oder Kappen macht man sich einfache physikalische Gesetze und die dadurch auftretenden Kräfte zunutze. Eine Zange besteht im Prinzip aus zwei über ein Gelenk gekreuzt angeordneten Hebeln, wobei der Hebelweg auf der Griffseite normalerweise deutlich länger ist als jener auf der Arbeitsseite. Je größer der Hebelunterschied, desto größere Arbeitskräfte kann man mit der Zange aufbringen; dieses Prinzip macht sich beispielsweise die klassische Kneifzange zum Trennen von Drähten und Profilen zunutze.

Für uns eignet sich aber der Seitenschneider besser, weil sich die Schnittfläche besser einsehen lässt. Seitenschneider gehören zu den gebräuchlichsten Zangentypen. Mit ihnen können unterschiedlichste Materialien geschnitten werden. Grundsätzlich gilt: Bei guten Seitenschneidern sind die Schneiden induktiv gehärtet, ausreichend scharf und sie treffen über die gesamte Schneidenlänge präzise aufeinander. Sie schneiden auch einen dünnen Draht „springend“ und quetschen ihn nicht bloß ab.

Eine Variante des Seitenschneiders ist der „watenfreie“ Schneider, bei dem die Schnittfläche nur einseitig angeschnitten ist. Er ermöglicht dabei das Schneiden ohne Quetschungen, wie sie beim normalen Seitenschneider auftreten.

ten. Das ermöglicht zum Beispiel auch das bündige Anschneiden von aus einer Oberfläche herausragenden Profilen, wie bei Gleisprofilen am Anlagenrand.

Tipp für schneidende Zangen: Legen Sie zum Schneiden den Draht immer möglichst nahe am Gelenk ein. So erhöhen Sie die Hebelwirkung und schneiden mit wesentlich geringeren Kräften.

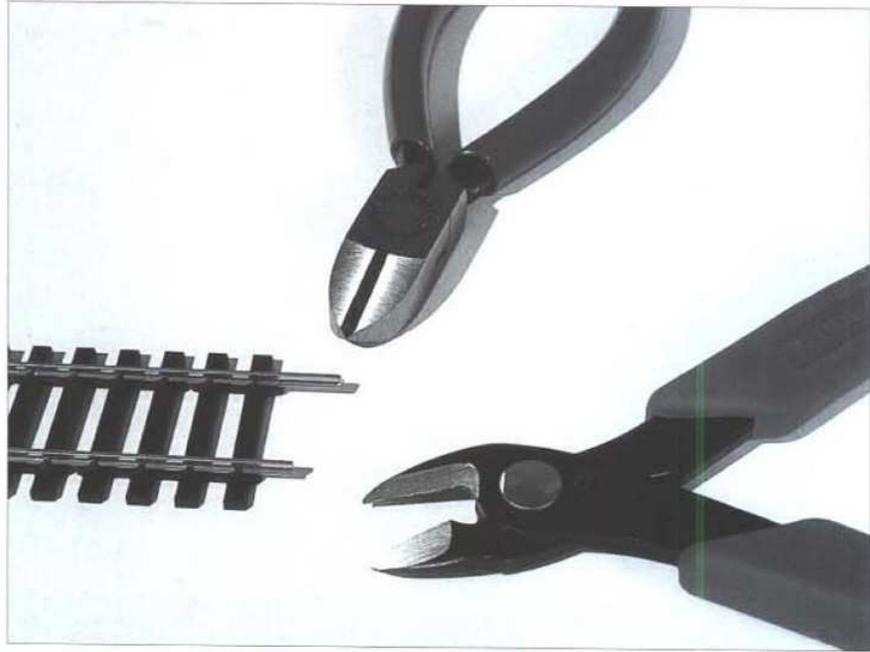
Beim Kauf aller Zangen, mit denen man etwas trennen will, sollte man darauf achten, dass die Schnittkanten exakt parallel zueinander sind und keine Kerben aufweisen. Dazu hält man die Zange gegen das Licht und im Idealfall tritt über die ganze Schnittfläche kein Licht zwischen den Kanten durch.

Ein wichtige Spezialzange für uns ist die Abisolierzange zum Abisolieren von Kabeln und Litzen. Sicher lässt sich die Kabelummhüllung auch per Seitenschneider oder Messer entfernen (oder schlicht mit den eigenen Zähnen), aber auf Dauer empfiehlt sich die Anschaffung einer richtigen Abisolierzange. Es gibt sie in „automatischer“ und „manueller“ Ausführung, wobei Erstere von selber die Dicke der Isolierung und der Kabeladern abtastet.

Messer und Scheren

Für das Schneiden von Polystyrolplatten, Balsaholz-Brettchen oder auch Papier und Pappe sollte man zunächst ein, zwei Scheren in seiner Werkstatt haben: Eine normale Papierschere zum Schneiden von Papier und Pappe sowie eine kleine spitze Schere, die durchaus auch gebogen sein kann wie eine Nagelschere. Diese ist nämlich hervorragend geeignet um kleine Korrekturschnitte vornehmen zu können, wie zum Beispiel das Herausschneiden von überflüssigen Flocken aus Modellbäumen und ähnliche Arbeiten.

Vielseitiger als Scheren sind Messer. Sie lassen sich an einem geeigneten Hilfsmittel entlangführen und erzeugen sehr exakte Schnitte. Ein solches Hilfsmittel kann beispielsweise ein Stahl-lineal, ein Geodreieck oder eine speziell angefertigte Schnittschablone sein. Die universellste Messerart in der Modellbahn-Werkstatt ist das Abbrechmesser. Die Klinge hat alle paar Millimeter Sollbruchstellen und sobald Klinge und Spitze stumpf geworden sind, wird einfach das oberste Stück abgebrochen. Abbrechmesser gibt es in verschiedenen Größen, wovon die kleineren für den Modellbau am besten geeignet sind.



Beim normalen Seitenschneider (hinten) ist die Schnittfläche von beiden Seiten angeschliffen, beim watenfreien (hier von Xuron) hingegen nur von innen. Deshalb lassen sich mit dem watenfreien Schneider bündige Trennungen z.B. von Schienenprofilen vornehmen.

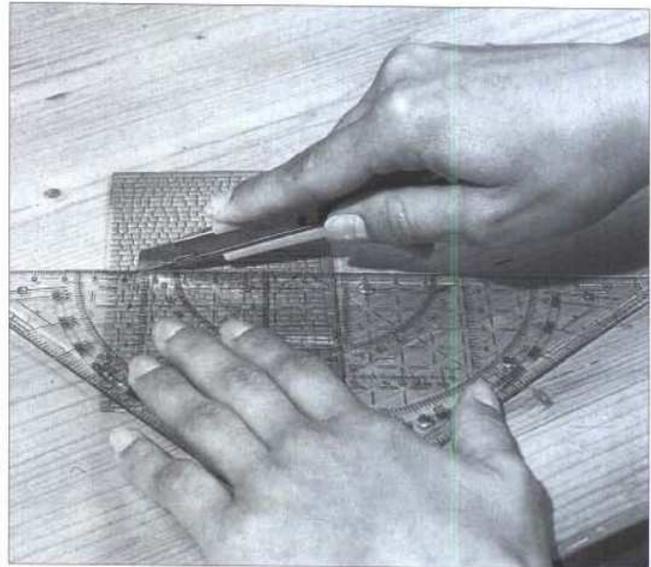
Mit einer Abisolierzange lassen sich Kabel sauber und reproduzierbar abisolieren, weil der Anschlag der Zange einstellbar ist.



Scheren in verschiedenen Größen – eine Papierschere (zweite von links) und eine kleine Nagelschere (ganz rechts) gehören auf jeden Fall zur Grundausrüstung der Bastel-Werkstatt.



Auf scharfe Messer sollte man immer Zugriff haben: Links ein Tapetenmesser mit fest eingebauter Klinge, daneben ein klassisches Bastelmesser mit Abbrechklinge. Für feinste Anwendungen geeignet ist das Skalpell rechts.



Für gerade Schnitte führt man das Messer entlang eines Stahllineals oder Geodreiecks. Vorsicht bei Letzterem: Die Klinge nicht verkanten, sonst schnitzt man am Geodreieck herum, das dann nicht mehr zu gebrauchen ist.



Der Winkelschneider von Olfa, der eigentlich für das Schneiden von Passepartouts gedacht ist, erzeugt auch hervorragend 45-Grad-Schnitte von Gleisbettungen.

Für grobe Arbeiten mit langen Schnitten durch dickere Materialien ist hingegen das klassische Tapetenmesser geeignet. Es hat eine fest eingespannte Klinge, die nach Demontage des Messers gewendet werden kann, wenn sie stumpf ist. Diese Messer sind stabiler und erlauben kraftvoll geführte Schnitte.

Noch ein Wort zum Untergrund beim Schneiden mit Messern: In der Regel lässt es sich kaum vermeiden, dass man beim Schneiden durch das Werkstück hindurch auch in den Untergrund schneidet. Unschön, wenn dies der Wohnzimmertisch oder der Parkettboden ist. Ein ebenes, hartes Sperrholzbrettchen ist eine ideale Schneideunterlage – hart, damit sich die zu schneidenden Materialien nicht durchbiegen können, aber nicht zu hart, da sonst das Messer zu schnell stumpf wird. Mit einer Ausnahme: Das Abtrennen von

Messing-Ätzteilen vom Hauptgrat erfolgt auf einem ganz harten Untergrund. Da sich das Messing sehr schwer durchtrennen lässt, neigt es sehr zum Durchbiegen. Hier hat sich eine stabile Glasplatte als Untergrund bewährt, denn sie ist absolut eben und lässt sich leicht reinigen. Mit dem Nachteil, dass die Messerklingen auf diese Art und Weise schnell abstumpfen, muss und kann man hier leben.

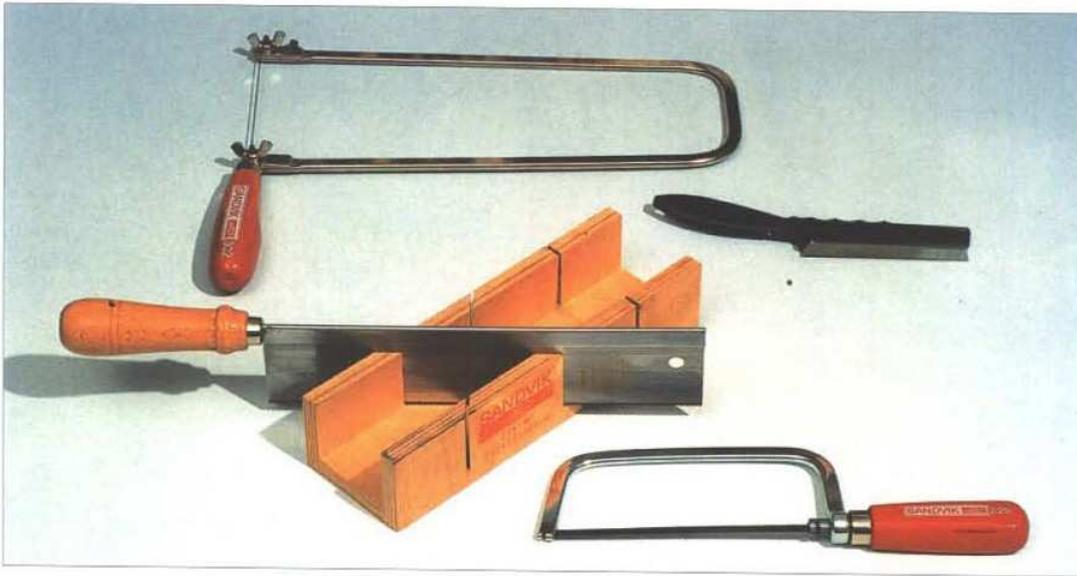
Sägen

Ab einer gewissen Materialstärke oder -festigkeit hilft kein Schneiden mehr und man muss zur Säge greifen. Beim Schneiden wird der Werkstoff durch die scharfe Messerklinge gespalten, hingegen entfernt beim Sägen das Sägeblatt kleine Teile aus dem Werkstück. Deshalb sind die beiden entstehenden Einzelteile auch um die Stärke des Säge-

blattes kürzer als das Ursprungsteil, was schon manchmal zu unliebsamen Überraschungen geführt hat ... Hier geht es zunächst um die Sägen, welche für die Bastel-Werkstatt von Nutzen sind. Sägen für gröbere Holzarbeiten oder zur Metallbearbeitung finden Sie auf S. 42/43 und 52/53.

Die gute alte Laubsäge ist allen von uns bekannt und hat auch für Modellbauzwecke ihre Einsatzgebiete: Wegen ihres großen Bügels erlaubt sie nämlich hervorragend das Ausschneiden von Öffnungen in Platten, wie es beispielsweise bei Fenstern in Wandplatten für selbst gebaute Häuser der Fall ist. Bleibt anzumerken, dass sich für unsere Zwecke oft die feiner gezahnten Sägeblätter für Metall eher anbieten als die gröberen für Holzarbeiten.

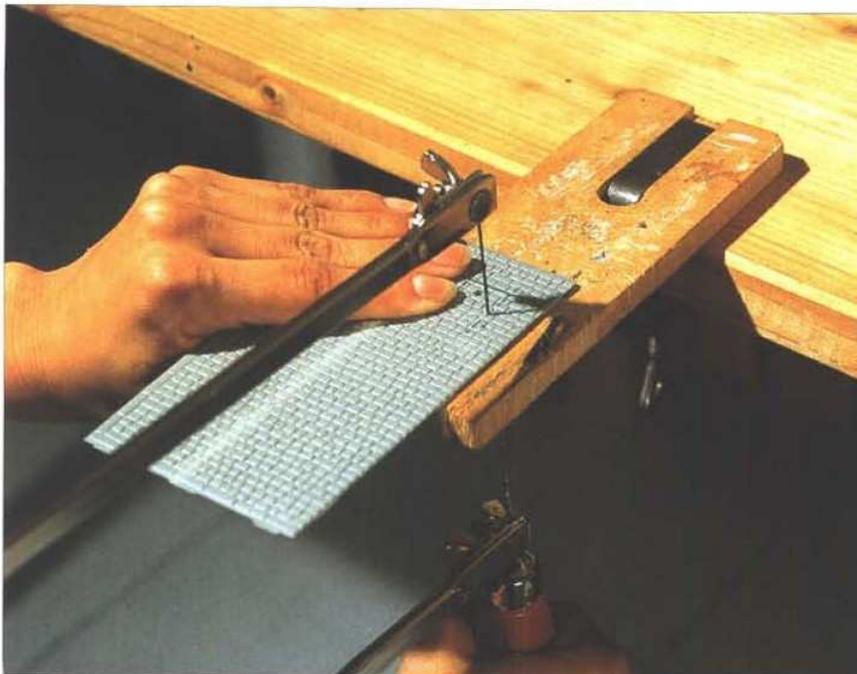
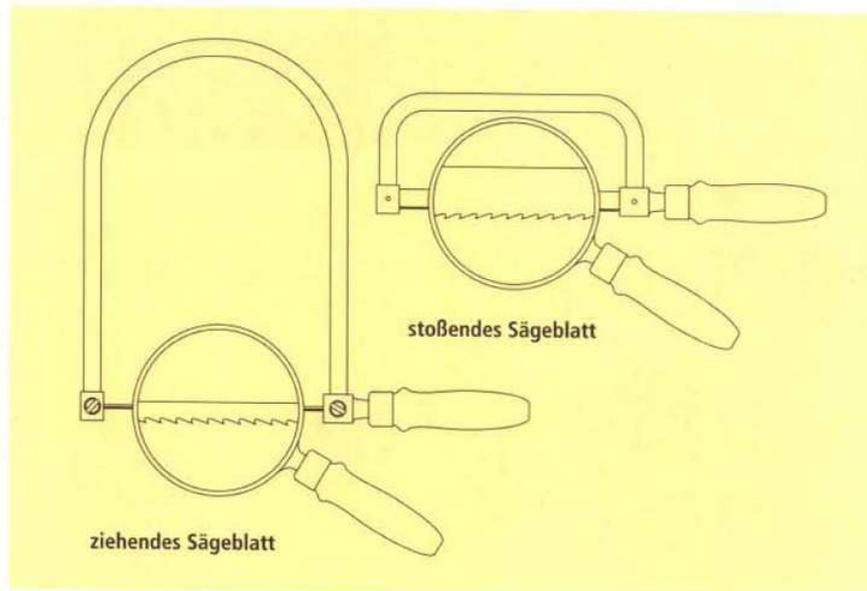
Für das Ablängen von Leisten und das Trennen von Profilen sollte hingegen eine Feinsäge im Werkzeugkasten



Diverse praktische Handsägen: Laubsäge (hinten), rechts davor die praktische Roco-Bastelsäge, vorne eine normale Feinsäge in einer Gehrungslage und eine Bügelsäge.

zu finden sein. Auch sie gibt es in verschiedenen Größen mit unterschiedlichen Sägeblattbreiten und -zahnungen. Preiswert und für viele Arbeiten geeignet ist die Roco-Bastelsäge mit ihrem extrem dünnen Sägeblatt. Wichtig beim Arbeiten mit Feinsägen ist ein flacher Ansatzwinkel, damit immer viele Zähne im Eingriff sind und gleichmäßige Schnitte entstehen.

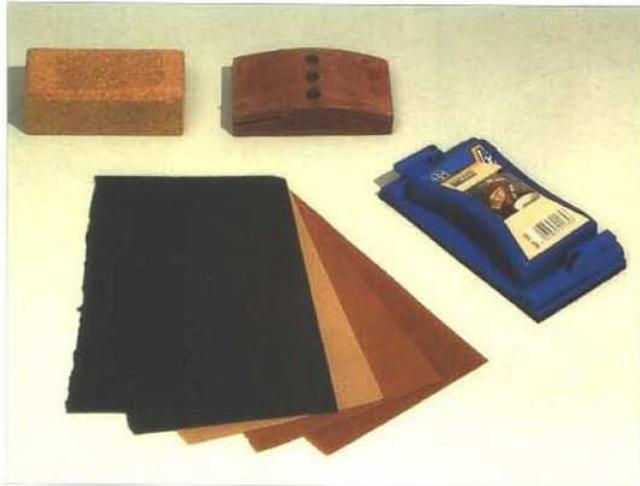
Zum Abschluss dieses Kapitels der Hinweis auf das Kapitel der 12-V-Werkzeuge (ab S. 20). Gerade die von mehreren Herstellern erhältlichen Tischkreissägen sind eine sinnvolle Investition, wenn es um den rechtwinkligen und exakten Zuschnitt von Plattenmaterial geht. Wirklich gerade Schnitte mit manuellen Sägen sind nämlich eine Kunst, die nicht jedem gegeben ist.



Ganz wichtig ist das richtige Einspannen der Sägeblätter: bei Laubsägen „ziehend“, also mit den Zähnen zum Griff hin. So findet der Sägevorgang beim Ziehen nach unten statt. Bei Feinsägen erfolgt er hingegen „stoßend“, weshalb die Zähne vom Griff wegzeigen.

Links ein Anwendungsfall, bei dem die Laubsäge unentbehrlich ist, ist das Sägen von Fenstern in Mauerplatten: Loch gebohrt, Sägeblatt durchgesteckt und festgezogen – und los gehts ...

Schleifpapiere und Schleifleinen sowie Schleifklötze aus Kork und Gummi (unten). Beim Schleifen mit Schleifklotz muss man Holz immer in Faserrichtung behandeln. Während bei größeren Objekten das Schleifmittel über das Werkstück geführt wird (rechts), gehts bei kleineren auch umgekehrt (rechts unten).



Wenns nicht auf Anhieb klappt: das Nacharbeiten

Schleifen und Feilen

Oft genug gelingt die Formgebung eines Werkstücks aus Plastik oder Holz auf Anhieb nicht exakt genug. Dann ist Nacharbeit angesagt um es endgültig passgenau zu machen. Dem Schleifen und dem Feilen ist gemeinsam, dass man nur Material entfernen kann – dranschleifen geht genauso wenig wie länger sägen.

Konsequenz: Wenn man von vornherein weiß, dass sich ein Maß beim Sägen nicht exakt einhalten lässt, gibt man im Zweifelsfall etwas zu und sorgt erst durch Abschleifen für exakte Maße. Ein anderes Ziel des Schleifens ist die Oberflächenbehandlung: das

Werkstück wird aufgeraut oder glatt geschliffen.

In der Regel schleift man mit Schleifpapier oder Schleifleinen. Dieses gibt es in vielen Körnungen, wobei die Zahl angibt, wie viele Körner sich auf einem Quadratzentimeter befinden. Für nor-

male Bastelarbeiten reichen Körnungen zwischen 80 und 320 völlig aus. Größere Körnungen kommen nur für sehr grobe Holzarbeiten in Frage, feinere eher in der Metallbearbeitung und bei Feinschliffen nach Lackierarbeiten. Schleifleinen ist nicht nur haltbarer, sondern auch besser zum Schleifen von gebogenen Flächen geeignet, während Schleifpapier billiger ist.

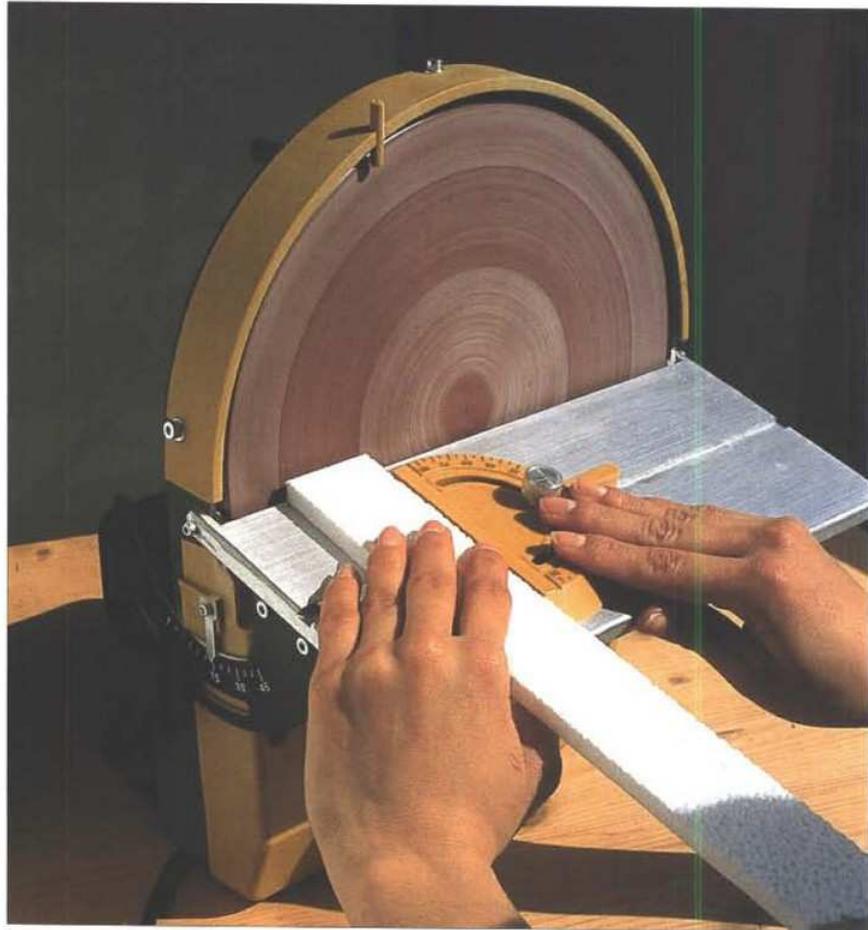
Schleifpapier und Schleifleinen schneidet man übrigens nie mit der Schere zu. Die scharfen Körner machen die Schneiden stumpf. Besser ist es, das Papier erst zu falten und dann über einer scharfen Kante abzureißen.

Es empfiehlt sich, das Schleifpapier beim Schleifen von Flächen um einen Schleifklotz aus weichem Holz oder besser Kork zu wickeln. Dieser Klotz sorgt für eine gleichmäßig ebene

Schleiffläche und er bewährt sich auch beim Brechen von Kanten ausgezeichnet. Während bei Kunststoffen die Schleifrichtung keine Rolle spielt, schleift man bei Holz immer in Richtung der Maserung. Anderenfalls reißen die Fasern aus und man erhält eine raue, unschöne Oberfläche.

Das Schleifen von Profilen erfolgt ebenfalls in Längsrichtung des Profils. Allerdings mit Vorsicht, wie bei unregelmäßigen Formen – zu schnell sind Kanten versehentlich rund geschliffen oder erhabene Formen abgeschliffen. Hier kann die Anfertigung eines Gegenprofils sinnvoll sein oder die Verwendung eines Schleifschwammes. Das ist ein mit Schleifkorn beschichteter Schwamm, der sich relativ flexibel an die Form des zu schleifenden Profils anpasst. Oft hat er eine grobe und eine feine Seite für Vor- und Feinschliff. Für das Oberflächenfinish von stark gekrümmten Flächen oder Profilen eignet sich übrigens auch Stahlwolle.

Ein gar nicht so seltener Sonderfall ist das Schleifen von exakten Winkeln. Hier bewährt sich eine Tellerschleifmaschine mit rotierender Schleifscheibe hinter einem verstellbaren Auflage-tisch. Mit ihr lassen sich kantenscharfe und exakte Winkel aller Art sauber schleifen. Und sie ist eine gute Hilfe, wenn man sich langsam an ein bestimmtes Maß herantasten muss.



Im Architekturmodellbau gang und gäbe, bei Modellbahnern recht selten anzutreffen: Eine Tellerschleifmaschine, mit der man exakt winkelige Schriffe erreichen kann.

Feilen

Mit Feilen lassen sich, bis auf gehärteten Werkzeugstahl, alle Materialien bearbeiten, die im Modellbau Verwendung finden. Daher ist auch die Zahl unterschiedlicher Feilen sehr groß. Bei Feilen besteht die spanende Fläche aus Stahl, in den scharfe „Zähne“ entweder gehauen oder gefräst sind. Gefräste Feilen sind scharfkantiger und erlauben schnelleres Arbeiten, sie werden aber dafür auch schneller stumpf.

Man unterscheidet Feilen für die Metall- und Kunststoffbearbeitung sowie Raspeln, sehr grobe Feilen ausschließlich für die Holzbearbeitung. Der „Hieb“ gibt die Zahnung der Feile an – je größer die Hiebzahl, desto feiner die Feile. Je nach Hiebstufen spricht man von der Schruppfeile für grobe Arbeiten bis zur Feinschliff-feile für finale „Feilereien“.

Feilen gibt es mit oder ohne Griff, dem so genannten Feilenheft. Die allerkleinsten von ihnen, die Nadelfeilen, haben keinen Griff. Für sie ist ein Feil- oder Stiftkloben nötig, wenn man die



Verschiedene Feilenarten und -formen: darunter Flach-, Vierkant-, Halbrund-, Rund- und Dreikantfeilen.



Feilen in verschiedenen Größen von der großen Mechaniker- oder Schlosserfeile bis zur kleinen Nadelfeile. Für uns wichtiger sind die kleineren Feilen.

Feilen nicht nur an dem nackten Wellenende greifen möchte. Beim Eisenbahnmodellbau werden hauptsächlich Schlüssel- und Nadelfeilen eingesetzt. Wer vorhat viel mit Metall zu arbeiten, sollte sich darüber hinaus ruhig auch einen Satz Mechanikerfeilen mit 250 bis 300 mm Länge für die gröberen Arbeiten zulegen.

Welche Feile für eine bestimmte Arbeit in Frage kommt, ist abhängig vom zu bearbeitenden Material, der abzutragenden Menge und der am Ende gewünschten Oberfläche. Grundsätzlich gilt:

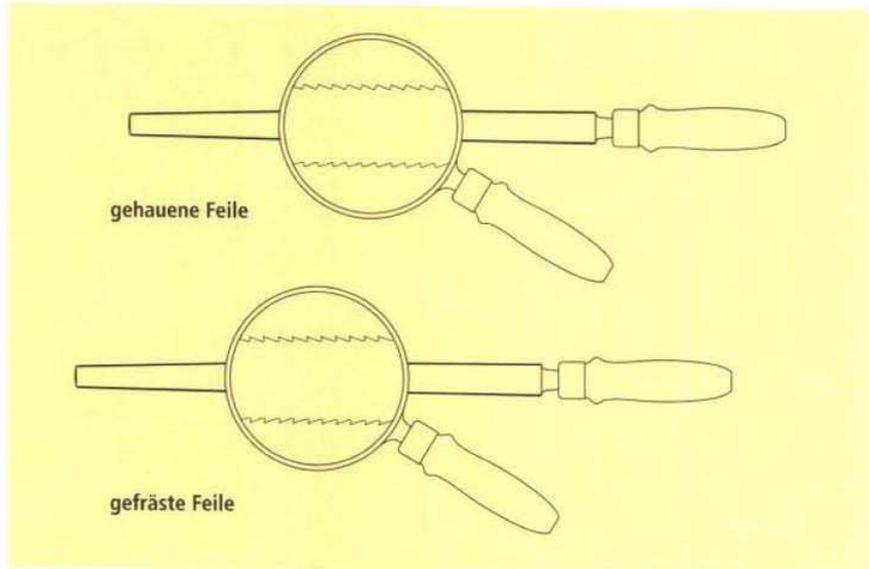
- Je härter das Material, desto feiner der Hieb
- Großer Hieb gleich großer Materialabtrag
- Feiner Hieb gleich glattere Oberfläche.

Ein Beispiel: Soll von einem Messingklötzchen ein Millimeter abgetragen werden und die Fläche am Ende schön glatt sein, beginnt man mit einer großen, groben Feile (Schruppen) und glättet erst den letzten Zehntelmillimeter mit einer kleinen feineren Feile (Schlichten).

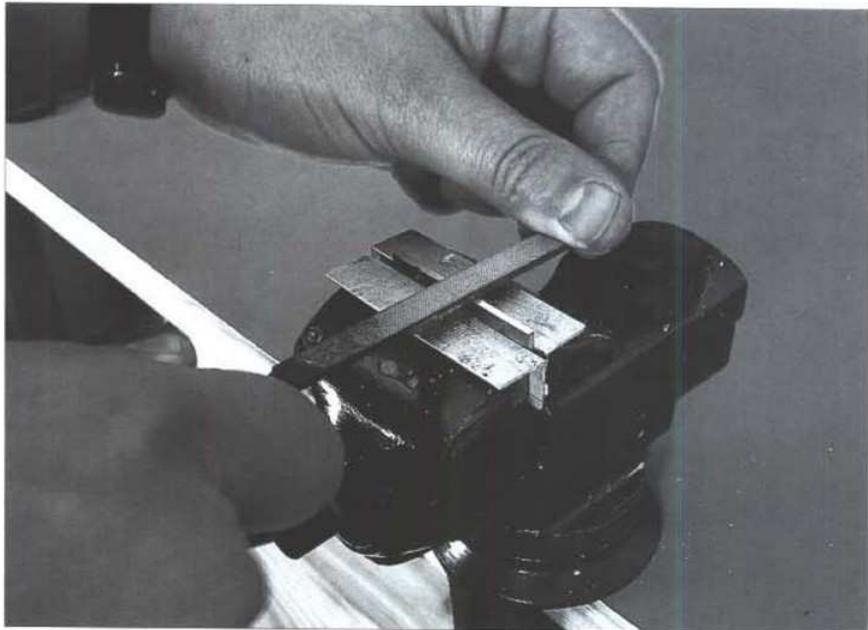
Zum Feilen wird das Werkstück zweckmäßigerweise möglichst kurz in einen Schraubstock eingespannt. Die Feilbewegung erfolgt grundsätzlich in der Feilenlängsachse bei gleichzeitiger leichter Verschiebung nach rechts oder links um der Riefenbildung entgegenzuwirken. Die Feile wird mit der rechten Hand am Griff gehalten und geschoben, während mit der linken Hand die Feile am vorderen Ende auf das Werkstück gedrückt wird. Wichtig: Nur bei der Vorwärtsbewegung Druck auf die Feile ausüben! Beim Zurückziehen muss die Feile frei von Druck sein, ansonsten wird sie, gerade bei der Bearbeitung von Stahl, schnell stumpf.

Mit Schlüssel- und Nadelfeilen lassen sich Metalle, Kunststoffe und Holz bearbeiten. Bei der Holzbearbeitung setzen sie sich allerdings recht schnell zu und müssen häufig gereinigt werden. Dieses geschieht mit einer weichen Messingbürste, mit der die Feile in Hiebrichtung gesäubert wird.

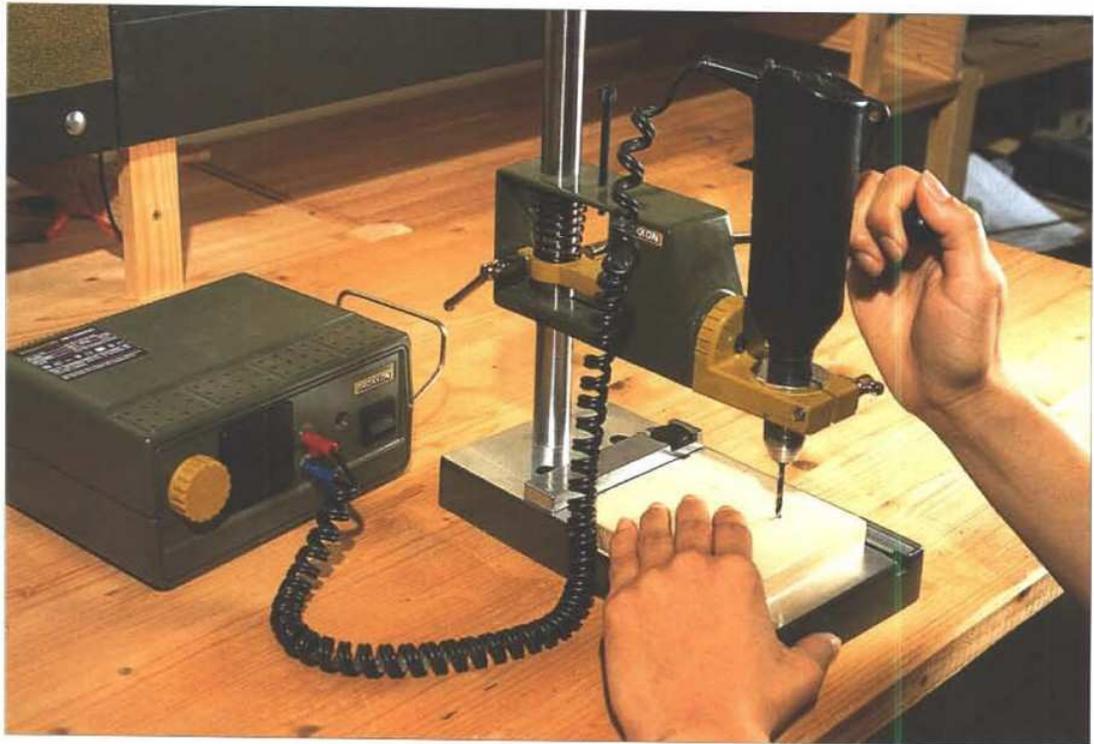
So feilt man richtig (rechts Mitte): Werkstück in Schraubstock einspannen, Feile mit beiden Händen in Richtung der Längsachse bewegen und nur in der Vorwärtsbewegung andrücken. Haben sich die Zähne einer Nadel- oder Schlüsselfeile mal mit Spänen zuge-setzt, werden sie mit einer Messingbürste wieder schonend gesäubert (unten).



Unterschied zwischen gehauenen und gefrästen Feilen: Gefräste Feilen sind scharfkantiger und erlauben schnelleres Arbeiten, sie werden aber dafür auch schneller stumpf.



Kleinbohrmaschine in einem Bohrständer. Manchmal kann man Werkzeuge verschiedener Anbieter miteinander kombinieren, wie hier den Proxxon-Ständer MB 140 mit einer älteren Kleinbohrmaschine.



Viele dieser kleinen Maschinen werden mit 12 Volt betrieben, einige Geräte sind wahlweise auch mit direktem Netzanschluss erhältlich. Das macht immer dann Sinn, wenn größere Leistungen gebraucht werden. Den Markt der kleinen Werkzeuge teilen sich im Wesentlichen die Firmen Proxxon, Böhler und Dremel neben ein paar kleineren Anbietern. Proxxon-Maschinen gibt es in der Regel in 12- und 220-Volt-Ausführungen, Böhler nur für 12-Volt-Betrieb, während Dremel überwiegend 220-Volt-Maschinen anbietet. Ein generelles Urteil aus der Sicht des Modellbauers über die Werkzeuge dieser Hersteller ist nicht möglich, Funktion und Nutzen der einzelnen Maschinen sind im Einzelfall zu betrachten.

Vorab ein paar Bemerkungen zu den Transformatoren der 12-Volt-Geräte. Man könnte auf die Idee kommen, diese Geräte anstatt mit einem speziellen Trafo mit unseren ohnehin vorhandenen Modellbahn-Transformatoren zu betreiben. Das kann man machen, es ist aber nicht sehr sinnvoll, denn Bahntrafos geben in der Regel nicht genug Leistung für Elektrowerkzeuge ab. Außerdem ist die Regelcharakteristik auch nicht auf Werkzeuge ausgelegt. Das Arbeiten wird schnell zur Quälerei.

Daher ist die Anschaffung eines separaten Trafos eindeutig zu empfehlen. Und ein großer Trafo mag wohl ein paar Euro mehr kosten, doch die sind gut angelegt für Leistungsreserven, die bei fast jedem Bastelfall mal anfallen.

Klein, aber unheimlich vielseitig

12-Volt-Werkzeugsysteme

Für unsere Basteleien sind „ausgewachsene“ Elektrowerkzeuge in der Regel viel zu unhandlich. Daher sind uns die Elektrowerkzeuge im Kleinformat ein Extrakapitel wert, denn sie eignen sich für unseren Modellbau im Kleinformat hervorragend. Der legendäre „Bohrzwerg“ von früher hat inzwischen jede Menge von deutlich verbesserten Nachfolgern bekommen.

Die Stecker von Proxxon und Böhler sind übrigens kompatibel; die Maschinen können also gemeinsam über einen Trafo betrieben werden. Praktisch am Proxxon-Trafo NG 5E sind die Aufnahmen für Werkzeuge und die Buchsen für 4-mm-„Bananenstecker“, wodurch sich auch systemfremde Maschinen anschließen lassen.

Das Kernstück jedes Systems ist die Kleinbohrmaschine. Sie gehört zur Grundausstattung jeder Bastelwerkstatt und kann nicht nur Löcher bohren. Dank einer Vielzahl von erhältlichen Einsätzen sind jede Menge Schleif-, Trenn- und Polier-Arbeiten möglich. Die leistungsfähigeren 220-Volt-Geräte fallen größer aus als die 12-Volt-Geräte,

die insgesamt handlicher sind. Da in der Regel ohnehin eine klassische Heimwerker-Bohrmaschine vorhanden ist, macht als Ergänzung eine eher kleine und schlanke 12-Volt-Maschine Sinn. Kaufen Sie auf jeden Fall ein stabiles Markengerät – Sie haben länger und mehr Freude daran als an Billigangeboten.

Bei den Systemen zur Werkzeugaufnahme konkurrieren Spannzangen und Bohrfutter miteinander. Die Theorie sagt, dass Spannzangen einen besseren Rundlauf haben. Man muss aber für verschiedene Schaftdurchmesser auch unterschiedliche Zangen verwenden. Bohrfutter laufen vielleicht nicht ganz so rund, decken aber einen größeren

Schaftdurchmesserbereich ab, ohne dass man das Futter wechseln muss. In der Praxis ist das Bohrfutter bequemer und fast immer ausreichend genau.

Eine sinnvolle und nicht ruinöse Ergänzung zur Bohrmaschine ist ein Bohrständer um exakt senkrechte Löcher bohren zu können. Auch hier gilt: Hände weg von billigen „Schlabber-Konstruktionen“! Bohrständer, bei denen wesentliche Teile der tragenden Konstruktion aus Kunststoff bestehen, sollte man meiden. Ein guter Bohrständer muss stabil sein, der Kopf sollte sich leicht, aber trotzdem spielfrei bewegen lassen – der Bohrer darf sich nicht nach rechts oder links versetzen. Einen überzeugenden Eindruck hinterlässt der Proxxon-Ständer MB 140. Beim Dremel-Ständer 212 wird die Verdreh Sperre der vorderen Bohrsäule durch einen spielbehafteten Tiefenschlag realisiert, wodurch sich auch die Säule verdrehen lässt – keine gute Konstruktion!

Wir haben die Erfahrung gemacht, dass selbst bei identischen Modellen eines Herstellers die Fertigungstoleranzen der Bohrständer schwanken. Da hilft nur eins: ausprobieren. Kundenfeindlich sind in diesem Zusammenhang hermetisch zugeklebte Verpackungen wie bei Dremel – mancher Verkäufer wird sich weigern das gute Stück zu öffnen.

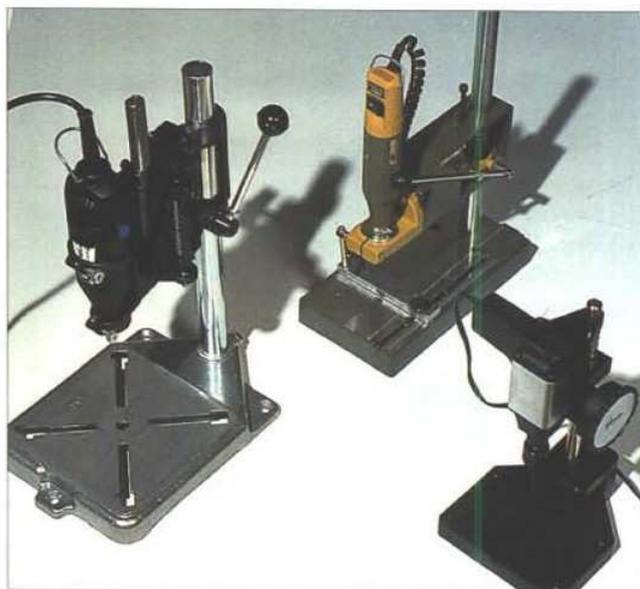
An eine Kleinbohrmaschine ansetzen lässt sich eine Oberfräseinrichtung, mit deren Hilfe man Kanten von Platten bearbeiten oder Nuten hineinfäsen kann und vieles mehr. Für die mechanische Stabilität gilt Ähnliches wie bei den Bohrständern – also auch hier im Einzelfall prüfen, ob man ein stabiles Exemplar vor sich hat. So wies eine unserer Proxxon-Oberfräsen ein gewisses Spiel in den konstruktiv ohnehin recht kurz geratenen Führungen auf. In diesem Fall machte die Böhler-Konstruktion mit den lang ausgeführten Führungen den besseren Eindruck, wenngleich über die Langlebigkeit der Kunststoffausführung hier nicht geurteilt werden kann.

Während die Oberfräse – nomen est omen – von oben arbeitet, fräst man bei dem Frästisch von unten. Er wird an die Werkbank geschraubt und unten drunter befindet sich die Bohr- oder Fräsmaschine. Dieses Werkzeug ist unter anderem gut geeignet Profile zu bearbeiten.

Zur Grundausstattung einer Modellbahn-Werkstatt gehören weder Oberfräse noch Frästisch. Ob es Sinn macht,



Bohrmaschinen-Parade: Ganz rechts die Böhler 320105 mit dem markant-kantigen Gehäuse, dahinter von Proxxon die Micromot 40 für 12 Volt und die FBS 230E für 220 Volt; links daneben die Dremel Multi 285 und davor der „Universal-Handfräser“ von Westfalia, dessen Ähnlichkeit zum Dremel-Gerät unübersehbar ist. Durch das andere Mundstück passen allerdings nicht alle Dremel-Zubehörteile.



Bohrständer-Parade: Ganz links der Dremel 212 mit einem Ausleger von 12 cm, dahinter der Proxxon MB 140 mit 14-cm-Ausleger und rechts der mit seinem 5 cm langen Ausleger deutlich kleinere Böhler-Ständer.

Chaos mit Trafos: Links die beiden Proxxon-Trafos NG2E und NG5E mit 2 bzw. 5 Ampere Ausgangsleistung, rechts daneben das Böhler-Regelnetzgerät II „Monster“ mit 4 Ampere. Im Vordergrund die zueinander kompatiblen Stecker der beiden Systeme, die zu anderen Systemen oder Netzgeräten notfalls auch mit 2,5-mm-Einzelsteckern gesteckt werden können. Der Mittelpin dient nur als Verpolschutz.





sich diese Werkzeuge zuzulegen, hängt sehr davon ab, wie man seine Konstruktionen aufbaut: Wer verzahnt, verzapft und vernietet, wird eher Bedarf an diesen Geräten haben als jemand, der Schraubkonstruktionen bevorzugt.

Was das Sägen angeht, bieten die „Minis“ zwei interessante Tools an: eine Tischkreissäge im Kleinformat und eine Stichsäge. Eine Tischkreissäge wird recht bald auf der Wunschliste stehen, denn mit ihr kann man sauber und ohne Nacharbeit gerade Schnitte bewerkstelligen. Sie sind in der Regel mit verschiedenen Anschlägen und Führungen ausgestattet, die exakte Schnitte garantieren. Für Gehrungen und winkelige Schnitte sollte das Sägeblatt kippar sein – nicht alle Maschinen bieten das. Pflüffig ist eine Weiterführung der Antriebswelle aus dem Ma-

Eine Oberfräsvorrichtung erlaubt das Fräsen von Nuten in Platten und Ähnliches. In das Proxxon-Modell OFV muss man eine Bohr- oder Fräsmaschine als Antrieb einspannen, die Oberfräse von Böhler kommt komplett mit Antriebsmotor daher. Die Anschläge im Vordergrund dienen der Führung entlang von Kanten.

Die Oberfräsvorrichtung kann man auch verwenden um senkrechte Bohrungen innerhalb größerer Oberflächen zu bohren, zum Beispiel bei Platten, die man aufgrund ihrer Größe nicht mehr in einen Bohrständer bekommt.



Bei der Tischkreissäge von Böhler lässt sich das Sägeblatt nicht nur in der Höhe verstellen, sondern auch seitlich neigen. Ein Anschluss für eine Schleifscheibe ist an der rechten Seite vorhanden, was die Maschine vielseitig verwendbar macht.



Das Fräsen von Profilen (und nicht nur das) ermöglicht der Frästisch Proxxon FT300, der an die Vorderseite einer Werkbank angeschraubt wird.

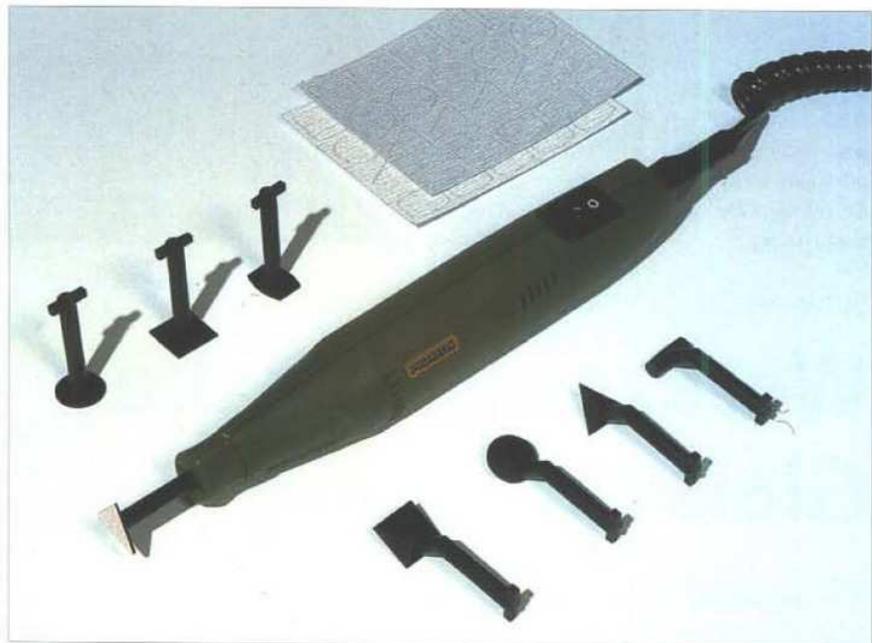
schinengehäuse nach außen, was das Anschließen von Schleifscheiben oder Ähnlichem erlaubt. Die 12-Volt-Maschine von Böhler gefiel uns wegen der soliden Konstruktion und der Vielzahl der Einstellmöglichkeiten am besten. Ein kraftvoller 220-V-Antrieb kann sinnvoll sein, wenn man häufiger Metallbleche oder Holzplatten mit größeren Stärken als drei Millimeter schneidet. Hier bietet Proxxon mit der FKS/E eine bestechende Maschine, die allerdings ihren Preis hat.

Die Stichsäge kann in vielen Fällen das Arbeiten mit der Laubsäge ersetzen. Ihre Sägeblätter sind sehr fein und eignen sich problemlos etwa für das Aussägen von Fenstern aus Mauerplatten. Je nach Ausführung des Stichsägekopfes kann man auch entlang einer Führung sägen.

Zum Schluss ein Blick auf einige Schleifwerkzeuge. Für uns sind Schwingschleifer, Bandschleifer und Pensschleifer von Interesse. Schwing- und Bandschleifer eignen sich zum Schleifen von Flächen. Beim Schwingschleifer bewegt sich ein Schleifteller, ohne selbst zu rotieren, entlang einer Kreisbahn. Beim Bandschleifer rotiert ein Schleifband. Da die Schleifrichtung immer gleich ist, ist er für das Schleifen von Holz, wo man ja immer in Faserichtung schleift, gut geeignet. Der Pensschleifer hat eine Schleifplatte, die pendelnde Bewegungen vollführt. Dieser Schleifer ist dank seiner kompakten Bauform prädestiniert zum Schleifen entlang von Innenkanten und anderen Stellen, wo man sonst nicht hinkommt.



Die Stichsäge (hier das Böhler-Modell) ist die Alternative zur Laubsäge. Ihre Stärke sind dabei kurvige Schnitte in Plattenmaterialien.



Wo zwischen Ecken, Schlitzern oder anderen beengten Aussparungen nachgeschliffen werden muss, kommt der Pensschleifer zum Einsatz – hier der Proxxon PS 12. Der Schleifeinsatz, den es in mehreren Formen gibt, pendelt dabei linear hin und her.



Flächen schleift man mit dem Schwingschleifer leichter als mit dem Schleifklotz. Der Proxxon-Schleifer SR 12 (links) läuft ruhiger als das Mini-Mot-Modell (rechts). Überdies lassen sich die Schleifblätter für den Proxxon dank der Klemmvorrichtung selbst zurechtschneiden, während man wegen der Klettbefestigung bei Mini-Mot auf Schleifblätter dieses Herstellers angewiesen ist. Die Böhler-Maschine (Mitte) arbeitet mit selbst klebendem Schleifpapier.



Gleise sauber zu verlegen und einzuschottern ist nicht schwierig, wenn man die richtigen Werkzeuge einsetzt.

Schwelle an Schwelle

Werkzeuge für die Gleisverlegung

Nur die wenigsten von uns bauen die Gleise für ihre Anlagen komplett selber. Konfektionsware hin oder her: Auf exakt verlegte und sauber eingeschotterte Gleise legen wir alle Wert. Glücklicherweise gibt es einige sinnvolle Hilfsmittel, die uns die Arbeit erleichtern.

Was verstehen wir in diesem Kapitel unter „Gleisbau“? Es beginnt mit dem Aufleben einer wie auch immer gearteten Unterlage auf die Gleistrasse. Diese Unterlage, die das Schotterbett simuliert, kann dabei aus einer Lage Holz, Kork, Moosgummi oder anderen Materialien bestehen. Auf diese kommt dann das Gleis, gefolgt von der farblichen Behandlung und dem abschließenden Einschottern. Ganz am Ende erfolgt noch mal eine Patinierung.

Zunächst wird die den Schotterbett kern simulierende Unterlage mithilfe von Weißleim auf die tragende Gleistrasse aufgeklebt. Das gleichmäßige Verteilen des Leims besorgt ein Riffelspachtel. Das Ganze wird dann während des Aushärtens auf das Trassenbrett gepresst – und zwar möglichst gleichmäßig. Deshalb verbieten sich Schraubzwingen, die einen punktuellen

Druck erzeugen, der rasch zu hoch wird, wenn man stark anzieht. Besser sind schwere Bücher mit hartem, vielleicht sogar abwischbarem Einband.

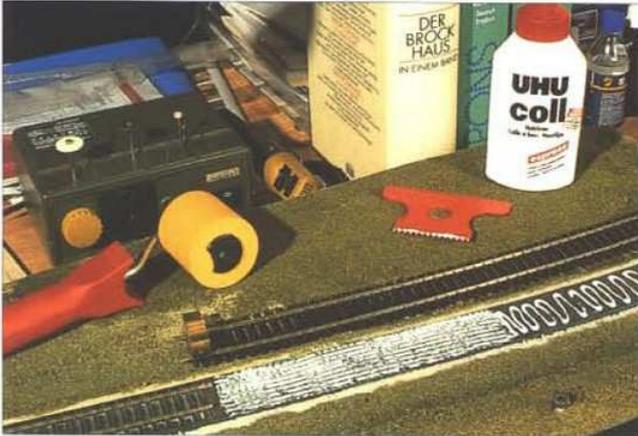
Flexgleise müssen vor dem Verlegen auf die passende Länge geschnitten werden. Für das Kürzen der Gleisprofile eignet sich ein passender Seitenschneider oder eine Kleinbohrmaschine mit Trennscheibe. Risikolos und bequem ist das Arbeiten mit einem watenfreien Seitenschneider (siehe S. 13). Die „gute Seite“ des Profils – also jene, die man einsetzt, im Gegensatz zur „schlechten“, die man anschließend wegwirft – befindet sich dabei auf der glatten Seite des Schneiders.

Alternativ setzt man eine Kleinbohrmaschine mit einer Trennscheibe ein. Diese Trennscheiben bestehen aus Korund und trennen Metallprofile „wie Butter“. Ihre Handhabung ist allerdings

nicht ganz ungefährlich, weil sie beim Verkanten im Werkstück zum Abbrechen neigen. Da die Maschine mit hohen Umdrehungen läuft, stellen die herumfliegenden Scheibensplitter ein nicht zu unterschätzendes Verletzungsrisiko dar, insbesondere für die Augen. Daher beim Einsatz von Trennscheiben stets eine Schutzbrille tragen! Um das Splitterrisiko zu verringern, muss man peinlich darauf achten, dass man die Scheibe immer peinlich genau in der Scheibenebene zustellt, also beim Schneiden nicht verkantet. Außerdem steigt das Splitterrisiko mit zunehmendem Durchmesser – also immer möglichst kleine Trennscheiben verwenden!

Sind die Gleise auf die richtige Länge gebracht, gehts ans Befestigen. Hier konkurrieren Nageln und Kleben miteinander. Für das Nageln spricht, dass die Verbindung nach Herausziehen der Nägel wieder lösbar ist. Pluspunkte des Klebens sind, dass keine Lärmbrücken zum Unterbau entstehen und keine Nagelköpfe sichtbar bleiben. Flexgleise sollte man prinzipiell verkleben, ihr Verlust bei einer Demontage der Anlage ist zu verschmerzen. Die teuren Weichen lassen sich in der Regel durch die benachbarten Gleise und den Schotterkleber fixieren, womit sie nicht gerade leicht, aber immerhin prinzipiell wieder demontierbar sind. Für das Aufkleben der Gleise gilt sinngemäß das Gleiche wie fürs Aufkleben des Schotterbettes. Es ist also kein Werkzeug notwendig.

Beim Festnageln der Gleise sollte man glauben, dass ein Hammer benötigt würde. Stimmt – wenn es nicht



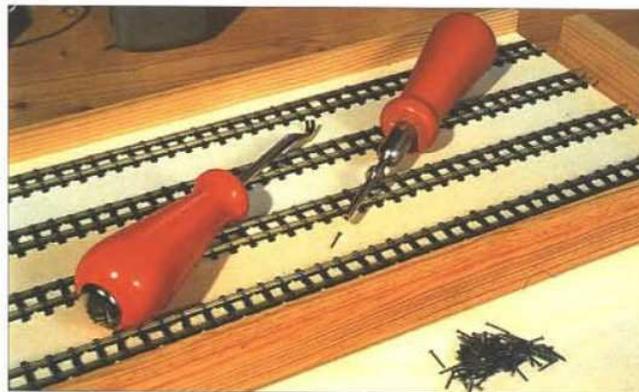
Die wichtigsten Werkzeuge zum Aufkleben von Bettungskörper und Gleisen: Riffelpachtel und Andrückrolle. Mit Gleisklemmen, wie sie etwa bei Peter Post erhältlich sind, lassen sich nicht nur störrische Flexgleise sauber verlegen, sondern auch Parallelgleisabstände exakt einhalten (rechts).

den „Nagelfix“ von Peter Post aus Duderstadt geben würde. Mit diesem hämmert man nämlich nicht die Nägel in den Untergrund, sondern drückt sie vorsichtig hinein. Das geht schön feinfühlig, man kann weder so fest draufhauen, dass der Nagel die Schwelle zerknickt, noch daneben zielen und „Lateralschäden“ anrichten. Von Post gibt es auch noch das Gegenteil zum Nagelfix, nämlich einen Nagelheber, der das nervtötende Aushebeln von eingeschlagenen Nägeln mithilfe eines Schraubenziehers überflüssig macht.

Im weiteren Sinne zum Gleisbau gehört das Einschottern, für das es einige sinnvolle, zum Teil selbst zu bauende Werkzeuge gibt. Für das Verteilen des Schotters zwischen den Gleisen hat sich – neben den eigenen Fingern – eine so genannte „Schotter-Schablone“ aus Pappe oder Holz zur Grobverteilung bewährt. Sie stellt ein gleichmäßiges Bettungsprofil her, indem man sie entlang des Gleises zieht. Die Abmessungen dieser Schablone sollte man für „sein“ Bettungsprofil selbst ermitteln. Wichtig ist, dass der Spalt zwischen der Schablone und den Schwellen bzw. den Kleiseisenteilen ausreichend groß ist, damit die Schablone mit den Schottersteinen nicht verklemmt. Zum Andrücken und Verdichten des Schotters hat sich ein mit einem Griff versehener Holzspachtel als nützliches Werkzeug bewährt. Er wird je einmal von der Böschungssseite und von oben auf das Schotterbett gedrückt. Die letzte Feinverteilung widerspenstiger Schottersteinchen findet dann mit einem wei-



Gleisrennung mit einem watenfreien Seitenschneider (oben). Die rechte Gleisseite wird verwendet und ist daher auf der flachen Seite der Schneide.



Wer seine Gleise nicht verklebt, sondern aufnagelt, wird um „Nagelfix“ und Nagelheber von Peter Post nicht herumkommen.

chen Flachpinsel statt. Zum Einsprühen mit entspanntem Wasser braucht man lediglich eine Flasche mit Pumpzerstäuber, fürs Auftragen des wässrigen Klebstoff-Gemisches hat sich am besten eine Pipette bewährt.

Kleine Hilfen fürs Einschottern: Schotterschablone zum Verteilen, Holzspachtel zum Verdichten, flacher Haarpinsel fürs „Schottertuning“, Sprühflasche zum Anfeuchten und Pipette zum Auftragen des Klebers.



Beschaulich: Der Wismarer
Triebwagen zuckelt an der
kleinen Tankstelle vorbei.



Eine kleine Tankstelle

*Ein bisschen Praxis zwischen-
durch: Schon bei kleinen Bas-
telprojekten zeigt sich, welche
Werkzeuge und Werkstoffe als
Basisausstattung in einer
Bastelwerkstatt nicht fehlen
dürfen. Hier entsteht eine
kleine Tankstelle, wie sie sich
früher zu Tausenden am Rande
der Landstraßen befanden.*

Die wichtigsten Ausgangsmaterialien waren ein fertiger Modulkasten und die kleine Tankstelle von Pola sowie diverse Autos von Wiking, Busch und Brekina, die voll getankt werden wollten. Mithilfe eines scharfen Bastelmessers habe ich zunächst die Unterschicht aus Moosgummi zurechtgeschnitten, das von mir bei allen neueren Anlagenbauprojekten eingesetzt wird, und mit Weißleim auf den Holzkasten geklebt.

Nachdem das Gleis – wie im vorhergehenden Kapitel beschrieben – verlegt

worden war, stand die Hauptaufgabe bei diesem Projekt an: der Bau der Straßen. Sie wurden überwiegend mithilfe der Gussformen von Klaus Spörle (Belsenstr. 19, 40545 Düsseldorf) aus Porcellin-Gießmasse gegossen. Randsteine und der Tankstellenplatz hingegen entstanden aus Polystyrolplatten von Kibri. Beide Materialien wurden mit dem Bastelmesser zunächst vorgeritz und dann entlang einer Tischkante durchgebrochen. Alternativ lassen sich die Platten natürlich auch mit einer Tischkreissäge zuschneiden.



Das Schneiden der aus roter Porcellin-Masse und grauen Polystyrol-Platten gebauten Straßen geschah mithilfe eines Bastelmessers entlang eines Geodreiecks oder eines Stahllineals.



Der Bahnübergang und die Straßeneinmündung im Hintergrund wurden angespachtelt, wozu ein mittelbreiter Spachtel verwendet wurde.

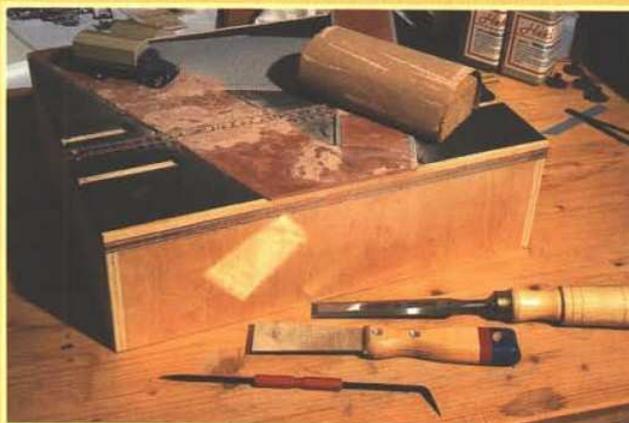
Die Schnittkanten habe ich mit einem Schleifklotz und mithilfe der auf S. 17 abgebildeten Tellerschleifmaschine nachgearbeitet. Der Schleifklotz kam nach dem Einkleben der Platten ein weiteres Mal zum Einsatz, als die verspachtelten Flächen im Bereich des Bahnüberganges und der Straßeneinmündung verschliffen wurden. Dieses geschah erst mit grobem 240er-, dann mit feinerem 400er- und 600er-Papier. Der Grobschliff sollte keine tiefen Riefen in die Straßenoberfläche hinterlassen, denn diese können nur durch Nachspachteln wieder entfernt werden. Beim Feinschliff wurde darauf geachtet, keine allzu glatte Oberfläche zu erreichen, denn schließlich soll ja der Straße ihr „Alter“ angesehen werden.

Nachdem ich mit dem Resultat halbwegs zufrieden war, strich ich die Straße einmal dünn mit grauer Farbe über. Anschließend sieht man vieles, was noch einmal gespachtelt und geschliffen werden muss. Erst abschließend wurde die Oberfläche mit feinstem grauen Staubpulver von Rainer Lipp (Rainershagener Naturals, Graßhoffstr. 40a, 32425 Minden) gealtert und der Straßenbau damit abgeschlossen.

Das Tankstellengebäude hatte ich inzwischen auch zusammengeklebt. Es ist am Rand positioniert, sodass es etwas angeschnitten werden muss. Hierbei tat die Tellerschleifmaschine gute Dienste. Beim Zusammenbau ist es wichtig, dass die Stützbalken des Vordaches genau senkrecht standen – ein Fall für Metallwinkel und Geodreieck.

Zur Ausgestaltung des Teilstücks habe ich schließlich eine Vielzahl von kleinen Details aus Metall und Kunststoff eingebaut. Hier geht nix ohne eine Spitzpinzette. Für die Nachbearbeitung der Teile wie z.B. das Entgraten dienten Glasradierer und Schlüsselfeilen, für kleine freihändige Bohrungen ein Handbohrer – womit die wichtigsten Werkzeuge, die in jeder Bastel-Werkzeugkiste zu finden sein sollten, schon genannt sind.

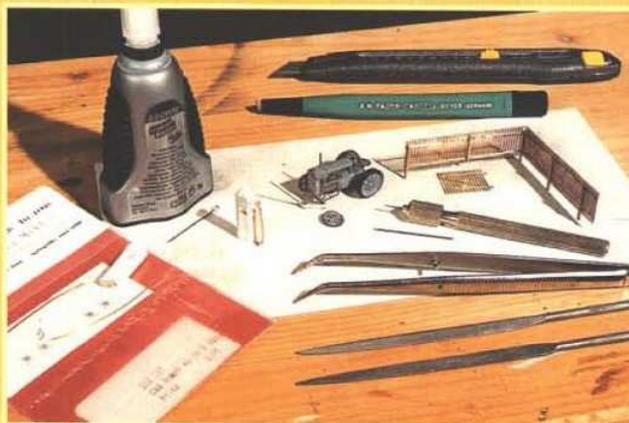
Bei den Telegrafmasten von Weinert ist das Oberteil aus Messing gegossen, der Hauptteil des Mastes besteht aber aus einem Messingrohr. Um den unterschiedlichen Glanzgrad beider Materialien (Masten rechts) anzugleichen, wurde das Rohr mithilfe der Feilen passend aufgeraut (Masten links).



In mehreren Durchgängen wurden die gespachtelten Bereiche dann mit Schleifpapier geschliffen. Das Stemmeisen dient zur rohen Vorarbeit, die Reißnadel zum partiellen Nachgravieren des Kopfsteinpflasters.



Stahlwinkel und Geodreieck helfen beim rechtwinkligen Einbau der Tankstelle.



Die zum Bearbeiten der Details wie Tanksäule, Traktor und Zaun eingesetzten Werkzeuge: Bastelmesser, Glasradierer, Handbohrer, Spitzpinzette und Schlüsselfeilen (rechts unten im Bild).



Der schon bekannte Wismarer Schienenbus beim Zwischenstopp im auf preußisch getrimmten Bahnhof „Eschbronn“



Von Württemberg nach Preußen

Gebäudebausätze gibt es in Hülle und Fülle. Wer jedoch Wert darauf legt, Modellgebäude aufzustellen, die nicht jeder hat, muss zum Selbstbau schreiten. Oder zur Abwandlung des Konfektionierten, dem so genannten „Kitbashing“. Ein Vorschlag zum Umbau des Bahnhofs „Eschbronn“ von Kibri mit den dabei eingesetzten Werkzeugen.

Nach wie vor ist das Angebot an Empfangsgebäuden in preußischem Backstein nicht gerade üppig. In letzter Zeit sind einige neue Bausätze auf den Markt gekommen, aber mit Ausnahme des exzellenten Bahnhofes „Krakow am See“ von Auhagen sind es Resin-Kleinserienmodelle (von Artitec, Neckartalstr. 129, 70376 Stuttgart und Ermo-Modell, Mühlstr. 2a, 06242 Roßbach), deren Zusammenbau aber nicht jedermanns Sache ist.

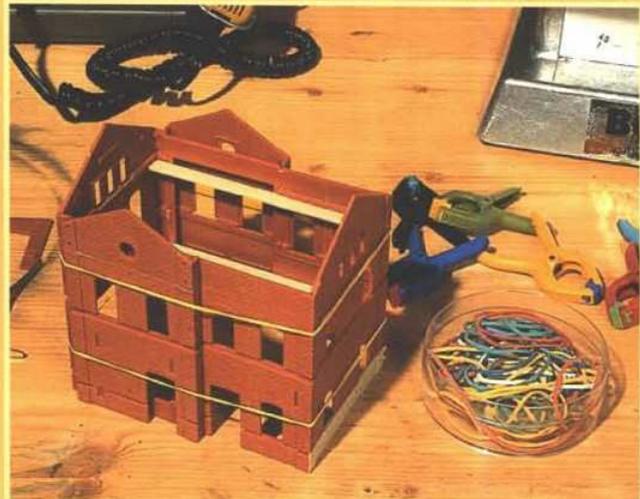
Als vor einigen Jahren der württembergische Bahnhof „Eschbronn“ von Kibri erschien, hatte ich sofort die Idee, diesen als Basis für ein „preußisches“ Gebäude zu verwenden. Was in erster Linie störte, waren die hellen Sandsteinverzierungen, die das Gebäude umranden. Nun gibt es auch bei preußischem Backstein oft Natursteinsimse und daher hatte ich kein Problem mit den dünnen Sims im Erdgeschoß und in der ersten Etage. Aber der breite zwischen erster und zweiter Etage musste weg. Außerdem gefiel mir der kreuzförmige Grundriss des Hauptgebäudes nicht. Ich strebte einen T-förmigen Grundriss an, wie ihn etwa der Artitec-Bausatz „Drübeck“ und sein Vorbild aufweisen. Zudem wollte ich aus dem Nebengebäude eine Bahnwärterbude machen – die Modifikationen gegenüber dem Originalbausatz waren also nicht unerheblich.

So habe ich zuerst aus allen Wandteilen den Bereich des dicken Simses herausgeschnitten. Mithilfe der Tischkreissäge war das sauber zu bewerkstelligen. Dank der exakten Schnitte konnte ich die Wandteile gleich wieder

stumpf aufeinander kleben – und fort war der Sims. Auf die gleiche Art und Weise habe ich die Wandteile dann in senkrechter Richtung passend gesägt und wieder zusammengeklebt. Dieses war ein wenig schwieriger: Fiel beim Sägen des Simses die Schnittfuge in die Mauerfuge, so gingen die senkrechten Schnitte mitten durch jeden zweiten Mauerstein. Das lässt sich entweder mit viel Nacharbeit durch Verspachteln beseitigen oder geschickt wegtarnen – hier mit Regenwasser-Fallrohren. Jedenfalls sollte man sich hierüber bei der Festlegung der Schnitte bereits Gedanken machen.

Beim Zusammenkleben der Wandteile bis zum Aushärten taten allerhand kleine Hilfsmittel gute Dienste: kleine Mini-Klammern von Wolfcraft oder Falter hielten Teile dort zusammen, wo ein gewisser Druck auf die Klebestellen notwendig war; Haarklipse genühten fürs kurzfristige Fixieren; Gummibänder schließlich hielten die vier Hauptseitenwände.

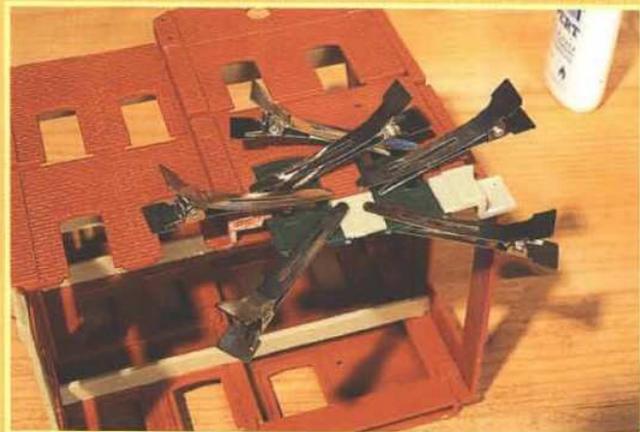
Bastelmesser, Geodreieck, Stahllineal und Bleistift wurden verwendet um auf dem Polystyrol Markierungen zu



Von Wolfcraft gibt es kleine Miniklammern, mit denen sich die Wandteile während des Aushärtens des Klebers fixieren lassen. Sie haben mehr Anpressdruck als Haarklipse. Die Tischkreissäge von Böhler sorgt für exakt gerade und rechtwinklige Schnitte durch die Wandteile (oben).

Gummibänder halten die vier Wandteile zusammen (rechts oben). Um die aus mehreren Einzelteilen zusammengesetzten Vorder- und Rückseiten eben zu halten, wurden hier übrigens die hellen Versteifungen eingeklebt.

Haarklipse bewähren sich, wenn schnell mal ein paar Teile ohne viel Kraft zusammengehalten werden sollen. Hier mussten die beiden Türen kurzfristig gehalten werden um das Mittelteil des Geschosssockels korrekt einkleben zu können.



machen. Die Bastelmesser fanden neben kleinen Feilen auch Verwendung zum Entfernen von Graten und Spänen an den Plattenteilen.

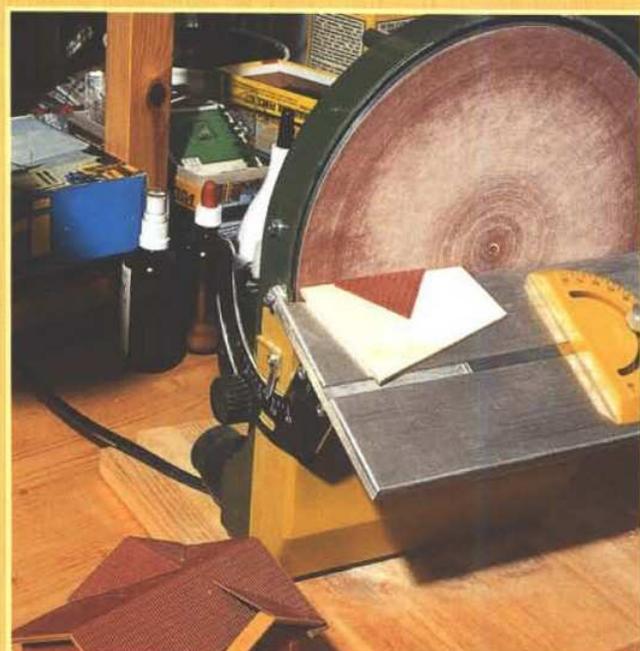
Das nach einem Papiermodell angefertigte Dach wurde mit den gleichen Werkzeugen erstellt. Einmal mehr be-

währte sich die Tellerschleifmaschine beim Anschleifen der Dachgaubenschrägen. Sie kam auch immer dann zum Einsatz, wenn nach dem Sägen noch Bruchteile von Millimetern zu viel am Werkstück dran waren. Nachdem das Gebäude fertig gestellt war, konnte

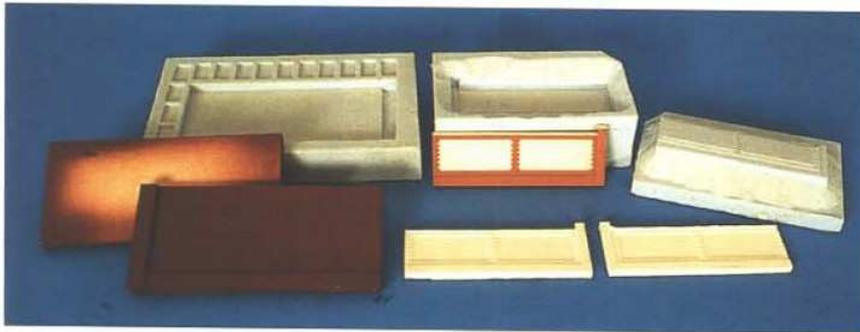
es gestrichen und gealtert werden – was nicht Gegenstand dieser Broschüre ist. Hierzu sei auf „Gebäude-Modellbau“, Best.-Nr. 15087419, aus der MIBA-Praxis-Reihe verwiesen, in der sich grundlegende Hinweise und viele Praxistipps zum Thema finden.



Das Papiermodell des Daches wurde mit Messer, Schere und Geodreieck erstellt (oben). Anhand dieses Modells entstand das Dach aus Polystyrolplatten. Beim Anschleifen der Gaubendachteile war der Tellerschleifer wieder eine große Hilfe (rechts). Um ein „Schmieren“ des Polystyrols zu verhindern, wurden die Teile auf einer Zwischenplatte aus Holz geschliffen.



Gartenmauerelemente wie diese, die in größeren Stückzahlen gebraucht werden, lassen sich mithilfe von Silikonformen fast schon in Serie herstellen.



Links eine einteilige Form mit Urmodell und Abguss. Da die Rückseite des Abgusses stets flach ist, eignet sie sich vor allem zur Herstellung von Teilen, die einseitig befestigt werden, wie Tunnelportale und Stützmauern. Rechts eine zweiteilige Form mit Urmodell und Abguss.

Das Formsilikon stammt in diesem Fall von der Fa. Wacker, es sind aber auch andere Marken erhältlich und gut brauchbar.

Grundsätzlich möglich sind dreidimensionale, volle Abgüsse (z.B. von Figuren), Hohlgüsse (z.B. Fahrerkabinen von Lkw) und durchbrochene Güsse (z.B. Fenstereinsätze), wobei die Abgüsse ein- oder allseitig graviert sein können. Als Kunstharze eignen sich Polyester-, Epoxid- und Polyurethanharze zum Abguss, es können aber auch Porzellan, Gips oder Ähnliches eingesetzt werden.

Welches Material man wofür verwendet, ist davon abhängig, wie viele Abgüsse benötigt werden, ob sie sehr stabil sein müssen oder nur dekorative Zwecke erfüllen, ob Maßhaltigkeit absolut wichtig ist oder der Abguss transparent sein soll.

Das Urmodell

Zur Herstellung der Form benötigen wir ein Urmodell dessen, wovon wir später Abgüsse in größerer Menge machen wollen. Dieses Urmodell kann aus nahezu jedem beliebigen Material be-

Serienproduktion im Bastelkeller

Silikonformen

Nicht selten kommt es vor, dass ein bestimmtes, individuell zu fertigendes Bauteil mehrfach benötigt wird. Ein monotones „Zusammenschnippeln“ des immer gleichen Teils macht aber eher selten Freude. Mit Abgüssen aus ein- oder zweiteiligen Silikonformen lassen sich viele Bauteile schneller und gleichmäßiger herstellen als per aufwändiger Handarbeit.

stehen, da sich das Formsilikon mit keinem anderen Material, außer eben Silikon selber, verklebt.

Als Beispiel habe ich das Urmodell eines Gartenmauer-Elements aus Kunststoffplatten und geprägter Mauerfolie hergestellt. Die Umzäunung eines auch noch so kleinen Modellanwesens auf der Anlage würde eine Vielzahl solcher Elemente erfordern. Sie einzeln

Stück für Stück zu bauen wäre ein Riesenaufwand, da bietet sich die „Serienherstellung“ aus einer Abgussform geradezu an.

Einteilige Form

Das Urmodell wird auf einer glatten, waagerechten Platte festgeklebt. Knetgummi verschließt eventuell vorhande-

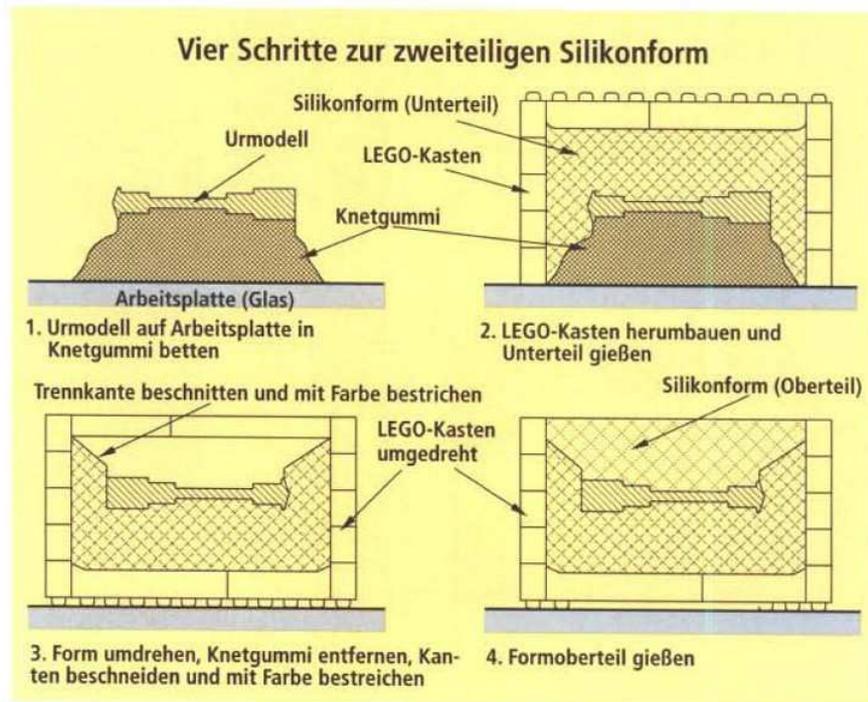
ne Spalte – schließlich soll kein Silikon unter das Urmodell fließen. Mit ca. 5 mm Abstand wird ein Kasten um das Urmodell gelegt, der es auch um mindestens 5 mm überragt. Das nach Anleitung angerührte Silikon wird jetzt vorsichtig und blasenfrei auf der Oberfläche des Urmodells verteilt und der Rest vorsichtig in den Kasten gefüllt. Nach ungefähr zwölf Stunden ist das Silikon ausgehärtet, Kasten und Urmodell können entfernt werden. Das Befüllen der Form mit Gussmasse erfolgt wie im folgenden Kapitel über zweiteilige Formen beschrieben.

Zweiteilige Form

Soll ein Urmodell mithilfe einer zweiteiligen Form abgossen werden, so ist schon vorher die Trennlinie festzulegen. Diese muss so gelegt werden, dass möglichst wenig Hinterschneidungen auftreten. Sonst kann es passieren, dass man das Urmodell oder später den Abguss nur sehr schwer oder gar nicht aus der Form bekommt ohne diese dabei zu zerstören.

Bis zu dieser Trennlinie wird das Urmodell in den zuvor weich gekneteten Knetgummi gedrückt. Diese Trennlinie wird nur in wenigen Fällen eine gerade Linie sein, häufig wird sie sich wellenförmig um das Urmodell winden. Der Knetgummi sollte von der Trennkante des Urmodells immer möglichst senkrecht nach unten abfallen oder zumindest möglichst schräg (siehe Zeichnung). Vollständig waagrecht verlaufende Trennkanten können bei den späteren Abgüssen dicke, schwer zu entfernende Grate verursachen. Von der Lage der Trennlinie und der Einbettung in die Knetmasse hängt die spätere Verwendbarkeit der Form und ihre Lebensdauer entscheidend ab!

Das Urmodell wird mit dem weich gekneteten Knetgummi auf eine ebene Unterlage (z.B. Glasplatte) gedrückt. Bei instabilen oder brüchigen Urmodellen muss die Knetmasse besonders lange weich geknetet und erst einmal nur auf das Urmodell bis hin zur vorgesehenen



Trennkante aufgetragen werden. Es reicht, wenn das Urmodell mit dem Knetgummi leicht auf die Unterlage gedrückt und seitlich mit etwas Knetmasse stabilisiert wird.

Der so hergestellte Knetgummikegel soll eine möglichst glatte Oberfläche haben. Zum einen lässt sich die Form später leichter öffnen, zum anderen ist die Gefahr der Gratbildung nicht ganz so hoch. Wichtig ist wiederum, dass kein Silikon unter die Knetmasse laufen kann.

Das Formunterteil

Ist das Urmodell sauber in Knetmasse eingebettet und ausreichend fest auf

der Unterlage fixiert, wird das Ganze in einem Abstand von 5 mm bis 15 mm von einem Gusskasten umgeben. Ich habe hierfür LEGO-Steine verwendet, denn sie sind preiswert und variabel verwendbar. Der obere Rand des Kastens muss den höchsten Punkt des Urmodells um mindestens 5 mm überragen, ansonsten wird die Form an dieser Stelle zu dünn und instabil. Der LEGO-Kasten wird nun mit kleinen Knetmassebällchen oder mit Klebeband provisorisch auf der Unterlage fixiert, damit er sich beim Füllen mit Silikonmasse nicht verschiebt.

Das Anrühren des Silikons erfolgt gemäß der Anleitung, wobei auf gute Vermischung des Silikons mit dem Ver-

MATERIAL	EIGENSCHAFT	TROPFZEIT	AUSHÄRTEZEIT	ANMERKUNGEN
Gips	weich	5-10 Min.	2 Std. *)	stark saugende Oberfläche, billig
Keramin	härter als Gips	5-10 Min.	1-2 Std.	saugende Oberfläche
Porcellin	härter als Keramin	5-10 Min.	1-2 Std.	glatte Oberfläche, nicht saugend
Epoxidharz	durchsichtig, fest	~30 Min.	12 Std.	Härter giftig, teuer
Polyurethanharz (Resin)	undurchsichtig, stabil	~30 Min.	12 Std.	teuer, gering lagerfähig, nur in Fachgeschäften
Polyesterharz	durchsichtig, spröde	~30 Min.	6 Std.	stark riechend, billiger als Epoxid
Polyesterspachtel u. -harz	undurchsichtig, stabil	1-2 Min.	1 Std.	stark riechend, billiger als Epoxid

*) in zweiteiliger Silikonform



① Das Urmodell, eine Gartenmauer aus Polystyrolteilen, wird in Knetmasse auf ebener Platte befestigt. Der Übergang von der Knete zum Urmodell ist die Trennlinie von Formober- und -unterteil.



② Der Formkasten entsteht aus LEGO-Steinen.



③ Das Silikon wird in den LEGO-Kasten vorsichtig eingegossen, es dürfen keine Luftblasen am Urmodell bleiben.



④ Der LEGO-Kasten wird nach dem Aushärten des Silikons abgenommen, hier blieb die Knete an der Grundplatte haften.



⑤ Mit dem Bastelmesser werden nun die Formschrägen hergestellt, das Urmodell verbleibt dabei in der Form. Überschüssiges Silikon wird vom Urmodell entfernt.

netzer geachtet werden sollte. Aber dann langsam: Das angerührte Silikon nicht einfach eingießen, denn die durch das Unterrühren des Vernetzers mit eingerührten Luftblasen und Luftpfeifen würden die Form unbrauchbar machen oder das Urmodell später mit Kügelchen, den ausgegossenen Luftblasen, überziehen. Besser ist es, das Silikon Tropfen für Tropfen mit einem ausgerundeten Holzstäbchen über dem Urmodell zu verteilen. Hierbei ist an den tiefsten Stellen und komplizierteren Konturen zu beginnen. Erst wenn die gesamte Oberfläche des Urmodells mit einem dünnen Silikonfilm bedeckt ist, wird der Rest der Silikonmasse vorsichtig in den LEGO-Kasten gegossen.

Nach ca. zwölf Stunden wird der LEGO-Kasten samt dem inzwischen vernetzten Silikon, der Knetmasse und dem dazwischen befindlichen Urmodell vorsichtig von der Arbeitsunterlage gelöst und umgedreht. Jetzt wird die Knetmasse dem Formunterteil entnommen. Wird dabei das Urmodell mit herausgezogen, so ist dies ein Zeichen dafür, dass die Lage der Trennlinie am Urmodell optimal ist. Nun müssen noch die Reste des Silikons entfernt werden, das in die feinen Fugen zwischen Ur-

modell und Knetmasse sowie zwischen Knetmasse und Arbeitsunterlage eingesickert ist. Bei allen diesen Arbeiten wird der LEGO-Gusskasten nicht entfernt!

Das Formoberteil

Das Urmodell wird nun wieder in das Formenunterteil eingelegt, und zwar mit absolut passgenauem Sitz. Wer will, kann nun die Trennkante mit einem scharfen Messer noch etwas begradien. Dann kommt eine Trennschicht aus stark verdünnter Kunstharzfarbe auf die Innenseite der Silikonform, jedoch nicht auf das Urmodell oder den LEGO-Kasten. Sie verhindert, dass die beiden Formteile unlösbar miteinander verkleben. Beim späteren Befüllen der Form mit Abgussmasse ist dagegen keine Trennschicht erforderlich.

Nach dem Trocknen der Kunstharzfarbe wird der Kasten um eine oder zwei LEGO-Stein-Lagen erhöht und das Formenunterteil mit Silikon gefüllt (wie beschrieben). Nach weiteren zwölf Stunden kann der LEGO-Kasten, der jetzt nicht mehr benötigt wird, entfernt werden. Die Form sollte sich jetzt leicht entlang der Fuge trennen lassen, selbst

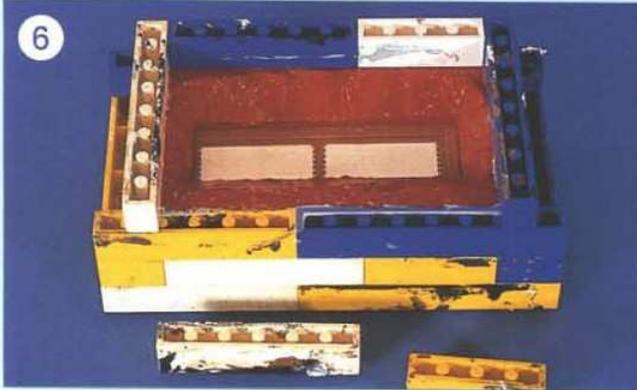
wenn die Teile leicht aneinander haften. Auch das Urmodell wird nun herausgenommen.

Das Entfernen der feinen „Schwimmhäutchen“, wo das Silikon zwischen die Fugen der LEGO-Steine gelaufen ist, und das Abschneiden einer Formecke zur Identifizierung der Lage beim Befüllen sind letzte Arbeiten an der nun fertigen Form. Die Farbe als Trennmittel braucht nicht entfernt zu werden.

Zum Befüllen der Form eignet sich jedes Abgussmaterial auf Harz- oder Gipsbasis. Je nach späterer Verwendung kann das geeignetste Material herausgesucht werden. Eine knappe Übersicht gibt die Tabelle.

Abguss mit Polyesterharz

Für einigermaßen stabile Bauteile eignet sich als Abgussmaterial ein Polyester-pachtel und -harzgemisch. Bauteile, die durchsichtig sein sollen, entstehen aus Gießharz. Während bei diesem die Anleitung für das jeweilige Material ausschlaggebend ist, wird für die erstgenannte Mischung aluminiumhaltiger Autospachtel etwa zur Hälfte mit Polyesterharz verdünnt, bis eine honigartige Konsistenz erreicht ist. Hierbei



⑥ Das weiße Silikon erhält einen Trennanstrich aus roter Revell-Farbe mit viel Terpentinzusatz, der Gusskasten wird eine Lage aufgesteckt.



⑦ Beim Gießen des Formoberteils ist wie beim Unterteil zu verfahren, auch hier dürfen keine Luftblasen in der Form bleiben.



⑧ Die Form ist fertig, das Urmodell kann entnommen werden, die Farbreste der Trennschicht kleben jetzt am Formoberteil.



⑨ Die Silikonform ist mit Polyester-Gussmasse gefüllt und zusammengedrückt.

kann man sich ruhig Zeit lassen, ohne Zugabe des Härterers passiert nichts.

Grundsätzlich sollte man das Abgussmaterial umso dünner anrühren, je strukturierter die Oberfläche des abzugeißenden Werkstückes ist. In diesem Zustand kann dem Harz auch ein spezieller Farbstoff zugesetzt werden, der keinen Einfluss auf die Festigkeit hat. Da die Abgüsse der Mauer sowieso hinterher bemalt werden, habe ich darauf verzichtet. Nach Zugabe des pastösen Härterers „läuft die Zeit“ – trotzdem muss der Härter gut in dem Harz verteilt werden.

Das Abgussmaterial sollte man nicht einfach in die Form kippen, sondern mit einem angespitzten Holzstäbchen (wie schon bei der Formherstellung) Tropfen für Tropfen in die tiefsten Stellen beider Formhälften geben, bis die Böden der Formhälften benetzt sind. Dies ist später der sichtbare Teil des Abgusses. Danach kann man mit dem Rest der Abgussmasse die Formhälften auffüllen.

Die obere Formhälfte wird an der Oberfläche mit Harz benetzt und in die untere Formhälfte geschoben, wobei die abgeschnittene Ecke als Orientierungshilfe dient. Erst dann beide Form-

hälften leicht zusammendrücken – das zu viel eingefüllte Abgussmaterial wird nun an der Trennstelle der Form nach allen Seiten herausquillen.

Nach dem Aushärten des Abgussmaterials – am ausgetretenen Material leicht feststellbar – wird der Abguss der Form entnommen. Die Grate sollten hierbei hauchfein sein. Bei der Verwendung von Polyesterharz kleben sie meist an den Berührungsflächen der Formhälften und müssen nicht extra vom Abguss entfernt werden. Mit dem Graten wird beim ersten Abguss auch die als Trennmittel verwendete Farbe entfernt. Sollten die Grate jedoch sehr dick sein, war entweder die Abgussmasse zu zäh oder der Aushärteprozess war zum Zeitpunkt des Zusammenfügens der beiden Formhälften schon zu weit fortgeschritten.

Bei Polyesterabgüssen empfiehlt es sich immer, die Abgüsse in Kunstharzverdünnung mit einem Borstenpinsel abzuwaschen.

Abguss mit Epoxid- oder Polyurethanharz

Das Abgießen mit Epoxid- oder Polyurethanharz unterscheidet sich nicht

grundsätzlich von dem mit Polyester. Pluspunkte sind die Geruchsfreiheit und die höhere Festigkeit der Abgüsse. Erkauft wird dieser Vorteil mit mehr als doppelt so hohen Kosten für die Harze, längerer Aushärtezeit und aggressiveren, giftigeren Härtern sowie verminderter Lagerfähigkeit. Auch die Verarbeitung erfordert eine höhere Genauigkeit beim Abwiegen von Harz und Härter sowie bei der Einhaltung von Toleranzen bei den Mischungsverhältnissen.

Abguss mit Gips, Keramin oder Porcellin

Gussmassen aus Gips, Keramin oder Porcellin entstehen durch Einrühren eines meist weißen Pulvers in Wasser, bis ein zähflüssiger Brei entsteht, der in die Form gegossen wird. Positiv sind die geringen Kosten, die völlige Geruchsfreiheit und die Ungiftigkeit der Komponenten. Nachteilig machen sich die langen Aushärtezeiten und die geringe Festigkeit bemerkbar. Porcellin ist für unsere Zwecke am besten geeignet, denn nach dem Aushärten verfügt es über eine saubere, glatte und nicht saugende Oberfläche.

Starker Stoff: Zahlreiche, wenn auch nicht alle im Modellbau verwendbaren Klebstoffe auf einem Haufen – das hält!



Für alle Zwecke und Materialien

Klebstoffe

Das Kleben ist im Modellbau die wohl häufigste Methode zur Verbindung zweier Teile. Dementsprechend vielfältig ist auch das Angebot an Klebstoffen. Nahezu für jede Anwendung und für jedes Material sind spezielle Klebstoffe erhältlich, was die Auswahl nicht gerade übersichtlich macht. Hinzu kommt: Auch Stoffe, die nicht als Klebstoff ausgewiesen sind, eignen sich zum Kleben.

Holz findet im Modellbau vielfältige Anwendung. Vom Anlagenunterbau über Modulkästen bis hin zu Gebäuden und Fahrzeugen ist dieser natürliche Werkstoff zu finden. Pappe und Papier werden aus Holzfasern gewonnen, weshalb sie in ihrem Verhal-

ten zu Klebstoff vergleichbar sind. Der klassische Kleber für Holz ist der Holzleim, der unter Markenbezeichnungen wie Ponal und Uhu-Coll jedem von uns bekannt ist. Es handelt sich hierbei um einen lösemittelfreien Kunstharzkleber auf Wasserbasis, der für alle Verkle-

bungen von Holz mit Holz sehr geeignet ist, solange das Holz unbehandelt ist.

Lackiertes oder behandeltes Holz lässt sich bei glatten Oberflächen besser mit Kontaktkleber und bei sehr rauen Oberflächen mit Acrylkleber aus der Kartusche kleben. Da sich Holz bei Feuchtigkeitsschwankungen ausdehnt, sind feste Zweikomponentenklebstoffe ungeeignet. Auch Heißkleber verklebt Holzteile sehr schnell oder verschleißt auch mal Spalte dauerhaft, die Festigkeit von Weißleim erreicht er jedoch nicht. Papier und Pappe lassen sich mit Weißleim ebenfalls gut verkleben, neigen aber zur Wellenbildung. In Verbindung mit Sekundenkleber wird aus Papier und Pappe ein sehr steifes Material, das sich wie Kunststoff verhält. Mit Heißkleber sind beide Materialien auch in der Geländegestaltung sehr gut zu verarbeiten.

Für das weite Feld der Kunststoffe gibt es die meisten Klebstoffe. Der



Weißleim eignet sich für alle Arbeiten mit Holz, hier bei der Montage von Holzstapeln als Ladegut.



Für besonders haltbare Verklebungen, beispielsweise an Lokgehäusen, ist Zweikomponentenkleber eine gute Alternative zum Löten.

Welcher Kleber für welches Material

	HOLZ, PAPPE, PAPIER	KUNSTSTOFF	SCHAUMSTOFF	METALL	SAND UND GESTALTUNGSMATERIAL
Alleskleber (UHU)	++	+	0	+	+
Kontaktkleber (Pattex)	++	+	0	++	0
Plastikkleber	0	++	0	0	+
Flüssigkleber	0	++	0	0	+
Verdünnung (Tangit)	0	++	0	0	0
Sekundenkleber (dick)	+	++	+	++	0
Sekundenkleber (flüssig)	+	++	+	++	0
Weißbleim (Ponal)	++	0	++	0	++
Haft-/ Tiefgrund	0	0	0	0	++
Acrylkleber	+	+	++	0	0
Silikonkleber	0	+	++	++	0
Zweikomponentenkleber	0	+	+	++	0
Heißkleber	++	+	0	+	0

++ = sehr gut geeignet, + = geeignet, 0 = nicht geeignet

	HOLZ	PAPPE	PAPIER	KUNSTSTOFF	SCHAUMSTOFF	METALL	SAND ETC.
Holz	1,2,8,10,11,13	1,2,8,10,11,13	1,2,8,10,11,13	1,2,10,11,13	8,10,11	1,2,10,11,13	8,9
Pappe	1,2,8,10,11,13	1,2,8,10,11,13	1,2,8,10,11,13	1,2,10,11,13	8,10,11	1,2,10,11,13	8,9
Papier	1,2,8,10,11,13	1,2,8,10,11,13	1,2,8,10,11,13	1,2,10,11,13	8,10,11	1,2,10,11,13	8,9
Kunststoff	1,2,10,11,13	1,2,10,11,13	1,2,10,11,13	1,2,3,4,5,6,7,10,11,12	10,11	1,2,6,7,10,11,12	1,3,4,8,9
Schaumstoff	8,10,11	8,10,11	8,10,11	10,11	10,11	10,11	8,9
Metall	1,2,10,11,13	1,2,10,11,13	1,2,10,11,13	1,2,6,7,10,11,12	10,11	1,2,6,7,10,11,12	1,8,9
Sand etc.	8,9	8,9	8,9	1,3,4,8,9	8,9	1,8,9	8,9

1 = Alleskleber (UHU), 2 = Kontaktkleber (Pattex), 3 = Plastikkleber, 4 = Flüssigkleber, 5 = Verdünnung (Tangit),
6 = Sekundenkleber (dick), 7 = Sekundenkleber (flüssig), 8 = Weißbleim (Ponal), 9 = Haft-/ Tiefgrund, 10 = Acrylkleber,
11 = Silikonkleber, 12 = Zweikomponentenkleber, 13 = Heißkleber

Grund: Kunststoff ist nicht gleich Kunststoff. Wer mal versucht hat mit lösungsmittelhaltigem Alleskleber Styroporplatten zu verkleben, wird das Problem kennen. Dass man aber Plastikbausätze hervorragend mit Verdünnung (Tangit) verkleben kann, ist schon weniger bekannt. Auch für das meist problematische Verkleben von Schaumstoffen findet sich in Baumärkten eine ganze Reihe hervorragend geeigneter, überstreichbarer Klebstoffe auf Acrylbasis. Nicht überstreichbare, aber dafür wasserfeste Verbindungen

lassen sich mit Silikonklebern aus dem Sanitärbereich herstellen. Diese elastischen Verklebungen eignen sich gut für das geräuschkämpfende Ankleben von Weichenantrieben. Auch für das schwer zu verklebende PVC sind spezielle Klebstoffe erhältlich.

Metall

Metalle untereinander sollten besser verlötet als verklebt werden. Anders als bei den Kunststoffen lässt sich eine Metalloberfläche nicht so einfach anlösen

und durch Verdunstung eines Lösungsmittels wieder hart werden. Für eine dauerhafte Verklebung von Metallteilen müssen diese zuvor gereinigt und aufgeraut werden. Je nach Größe und Belastung der Klebefläche sind Kontakt-, Sekunden- und Zweikomponentenkleber geeignet. In Einzelfällen auch Heiß- oder Silikonkleber.

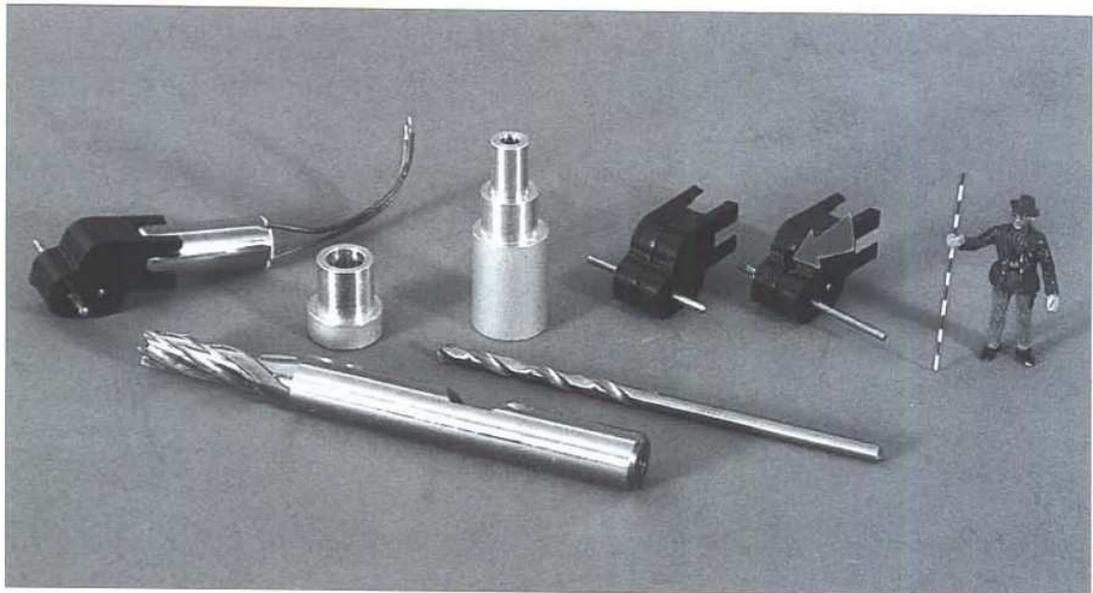
Sand und Gestaltungsmaterial stellen besondere Anforderungen an den Klebstoff: Er sollte gut haften, transparent sein und das Streumaterial möglichst nicht verfärben. Hier wird am häufigsten Weißbleim verwendet, und zwar pur oder mit Wasser verdünnt. Aber auch Tief- oder Haftgrund aus dem Malerbedarf ist gut geeignet. Vor dem Kauf sollte man ruhig mal seine Nase in den Tiefgrund stecken: Manche riechen furchtbar, andere gar nicht, aber geeignet sind beide.

Die größten Probleme treten auf, wenn unterschiedliche Materialien mit gegensätzlichen Eigenschaften miteinander verklebt werden sollen. Die Tabelle kann zwar nicht alle im Modellbau auftretenden Materialkombinationen berücksichtigen, aber zumindest die gebräuchlichsten.

Mit Kraftklammern fixierte Blechteile können mit dünnflüssigem Sekundenkleber auch im fixierten Zustand verklebt werden.



Diese Getriebeteile sollen umgebaut werden, hierzu müssen sie zum Bohren gehalten werden. Die Teile sind sehr klein – siehe HO-Preiserlein –, die zu bearbeitenden Flächen winzig (Pfeil).



Vorrichtungen, Hilfsmittel, Tools

Nützliche Helferlein

Wer viel bastelt und ambitionierten Modellbau betreibt, wird schon bald vor der Situation stehen, dass auch der Inhalt einer gut gefüllten Werkzeugkiste nicht mehr weiterhilft. Dann sind fantasievolle Lösungen gefragt, kleine, aber wichtige Hilfsmittel oder ein ganz spezielles Werkzeug. Eine Übersicht über die wichtigsten „Helferlein“ aus der Sicht des Modellbauers.

Ohne sie ist Modellbau nicht möglich: all die kleinen, speziellen Halterungen, Hebel und Vorrichtungen, die uns mal die dritte Hand ersetzen, vorsichtig den Körner halten oder viele glühend heiße Teile beim Lötens zusammenhalten, bis das Lot erstarrt ist. Klemmen und Klammern aus Kunststoff etwa, wie sie in vielen verschiedenen Ausführungen erhältlich sind, haben wir schon im ersten Kapitel dieser Broschüre betrachtet. Und auch über Schraubzwingen brauchen wir nicht viele Worte zu verlieren.

Während des Fahrzeug- oder Gebäudebaus kommt es häufig vor, dass einzelne Teile oder ganze Baugruppen eine Zeit lang bewegungslos gehalten werden müssen, z.B. beim Lackieren oder Kleben. Noch vor den erwähnten Halterwerkzeugen tut es manchmal eine ganz banale Holzwäscheklammer. Sie ist billig, man kann sie für viele Zwecke zuschneiden und verlängern oder zur Vergrößerung der Auflagefläche mit Platten bekleben. Zum Halten von Bauteilen beim Spritzen bewähren sich Arterienklemmen. Sie sind aufgebaut wie

Scheren, die anstelle der Schneiden Spannbacken und eine Raste zum Feststellen haben. Sie sind im gut sortierten Werkzeughandel oder im einschlägigen Fachhandel erhältlich.

Klemmvorrichtung zum Räderabdrehen

Eine sinnvolles Hilfsmittel für das Abdrehen von Rädern mit Kunststoffradsternen auf der Drehmaschine (siehe hierzu das Kapitel ab S. 60) besteht aus zwei speziell der Radgeometrie angepassten Druckstücken. Ein Druckstück wird hierbei mit einer stirnseitigen Zentrierbohrung versehen, in die später die mitlaufende Spitze hineindrückt. Das andere Druckstück wird zweckmäßigerweise danach im Dreihakenfutter gedreht und erst nach dem Ende der Dreharbeiten an den Rädern entnommen. In dieses Druckstück wird mittig eine Bohrung im Achsdurchmesser der Räder eingebracht, in der die Räder auf der Achse des Radsatzes oder einer Hilfswelle gleichen Durchmessers zum Abdrehen zentriert werden. Durch die Hinterdrehungen der Druckstücke wird nur auf den metallenen Radreifen ge-



So gehts: Die Kraftklemme hält, mit dem Fräser und der Führung kann Platz ausgefräst werden.

Die Fremo-Lehre erlaubt das Überprüfen von Radsatzinnenmaß und Kuppelungshöhe (rechts).





Großer Eigenbauabzieher für Räder, rechts unten Wechseleinsätze mit verschiedenen Spitzen.

Rechts ein Abzieher auf einem Motorritzel, der Abstand zwischen Motorritzel und Lagerschild beträgt nur wenige Zehntelmillimeter.



spannt, die empfindlichen Kunststoffradsterne werden nicht mit der Kräfte beim Abdrehen der Räder beaufschlagt und bleiben somit unbeschädigt.

Abziehvorrückung

Für die Montage und Demontage von Rädern und Zahnrädern mit Presspassung ist der Abzieher unerlässlich. Wer versucht, das mit Schraubstock und Schraubenzieher zu erledigen, gefährdet die Räder und seine Finger. Abzieher kann man in unterschiedlichen Variationen kaufen oder natürlich aus Messing oder Aluprofil selber bauen.

Modullehre

Für den Bau von Getrieben ist es unerlässlich, den Modul der Zahnräder und Schnecken zu kennen. Dies lässt sich durch Messen des Durchmessers, Zählen der Zähne und ein wenig Mathematik ermitteln – oder einfacher durch Anlegen einer Modullehre. Ein solch nützliches Werkzeug ist meist aus dünnem Blech und für wenig Geld zu bekommen.

Stiftkloben

Zum händischen Bohren von Löchern mit sehr kleinen Durchmessern ist es notwendig, den Bohrer in einen entsprechenden Halter, den Stiftkloben, zu spannen. Gute Stiftkloben zeichnen sich dadurch aus, dass sie einen 0,3-mm-Bohrer noch fest spannen. Bei billigen Ausführungen werden die Bohrer meist außermittig und auch erst ab 1 mm sicher gespannt. Hier zahlt es sich aus, ein wenig mehr zu investieren.

Reibahlen

Einige Durchmesser lassen sich per Bohrer nicht oder nur unzureichend herstellen. Ein häufiger Fall sind die Presspassungen von Rädern und Zahnrädern, die fest auf einer Achse sitzen müssen. Ein mit einem 2-mm-Bohrer gebohrtes Loch ist immer etwas größer als 2 mm und wird keinen festen Sitz für Räder erzeugen. Hierfür muss das Loch einige Hundertstel millimeter kleiner sein und ist nur mit einer entsprechenden Reibahle herzustellen. Das Loch wird also ein bis zwei Zehntelmillimeter kleiner vorgebohrt und danach mit der Reibahle auf das gewünschte Maß aufgerieben. Gute Reibahlen sind nicht billig, man muss sich aber nur jene für häufig benötigte Wellendurchmesser zulegen.

Eine besondere Spielart sind die konischen Reibahlen. Mit ihnen lassen sich in dünnen Werkstücken Bohrungen mit nahezu jedem Durchmesser herstellen. Hierbei wird mit der fünfkantigen Reibahle ein Loch, das kleiner gebohrt werden muss als der Enddurchmesser, langsam erweitert. Ein Loch mit einem Durchmesser von 1,65 mm entsteht also, indem ein 1,5-mm-Loch vorgebohrt wird, welches man dann auf das entsprechende Maß aufreibt. Dies funktioniert umso besser, je dünner das Werkstück ist. Bei dickeren Werkstücken ist das Loch konisch, also leicht eiförmig. Aus diesem Grund ist mit einer konischen Reibahle keine echte Presspassung herstellbar. Zum Aufweiten von Löchern, etwa für Gussteile, deren Anguss dicker als gewünscht ist, sind sie aber hervorragend geeignet.

Feilkloben

Zum Einspannen von Bauteilen dient gemeinhin ein Schraubstock. Was aber, wenn die zu spannenden Teile immer kleiner werden? Irgendwann ist auch der kleinste Schraubstock zu groß. Zum Spannen solcher Teile eignen sich Feilkloben. Es sind Miniaturschraubstöcke mit Backenbreiten von 20 mm abwärts. Anstelle den üblichen Tischmontage verfügen sie über einen meist hohl gebohrten Handgriff, der sich natürlich auch in jeden normalen Schraubstock einspannen lässt. Feilkloben sind mit glatten oder geriefen Backen erhältlich. Da im Fahrzeugmodellbau überwiegend weiche Materialien wie Kunststoff, Weißmetall, Messing und Zinkdruckguss zur Anwendung kommen, sind die glatten Backen den geriefen vorzuziehen.

Nietwerkzeug

Zum Vernieten von Steuerungsteilen bei Dampflokmodellen ist ein einfaches Nietwerkzeug unerlässlich. Bemo legt löblicherweise seinen Bausätzen ein brauchbares Werkzeug bei. Anderenfalls sind aber auch mit einem Eigenbau aus Messing oder Aluprofilen durchaus brauchbare Ergebnisse zu erzielen. Hierfür habe ich als Grundplatte ein Alu-Klötzchen mit einem „Galgen“ aus Aluprofil versehen, in dem ein Messingdrehteil mit einer 2-mm-Bohrung Nietwerkzeuge aus 2-mm-Federstahldraht aufnimmt und senkrecht zur Grundplatte führt. Für diese Vorrichtung habe ich mir auch Werkzeuge zum Nietenprägen, Stauchen und Aufspreizen hergestellt.

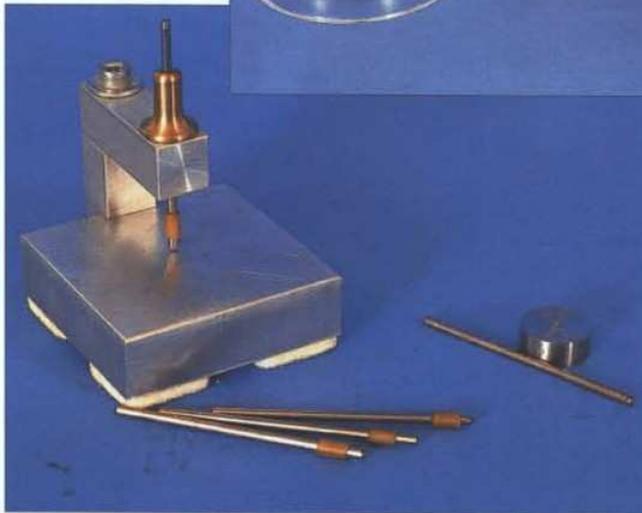
Aufsetzlupe und Lupenbrille bewähren sich nicht nur für die ganz kleinen Spurweiten.



Lupe und Brille

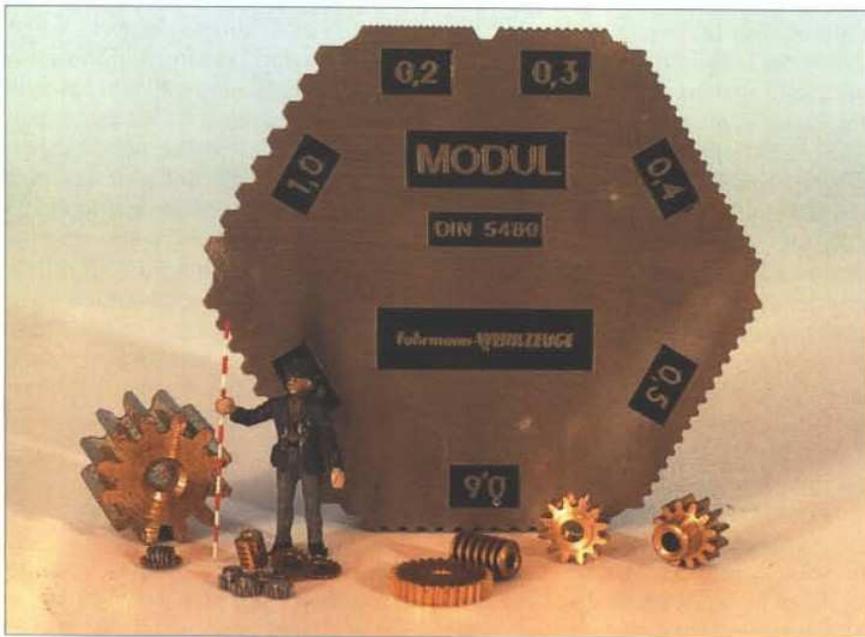
Das Zusammensetzen kleiner Teile erfordert immer einen hellen und gut ausgeleuchteten Arbeitsplatz. Dennoch ist die Montage kleiner und kleinster Teile ein kniffliges Unterfangen, bei denen man sich eine dritte Hand zum Halten oder feinere Finger wünscht – natürlich vergeblich. Ein erfüllbarer Wunsch und einfach machbar ist die optische Vergrößerung der Bauteile mittels einer Lupe. Lupen sind in unterschiedlichen Varianten erhältlich, von denen die meisten leider für unsere Zwecke wenig hilfreich sind, denn eine Lupe mit Griff benötigt eine Hand zum Halten.

Ideal sind Arbeitslupen mit einem Stativ und einer blendfreien zusätzlichen Beleuchtung der Arbeitsfläche. Leider sind sie recht kostspielig. Auch eine Lupenbrille ist ein geeignetes Hilfsmittel, winzige Teilchen größer erscheinen zu lassen als sie sind. Auch sie ist nicht gerade billig – ich hatte das Glück, ein Exemplar aus russischer Produktion günstig auf einem Flohmarkt erwerben zu können.



Eigenbau-Nietvorrichtung mit verschiedenen Nietwerkzeugen (links)

Unten eine Modullehre von Fohrmann mit Zahnrädern



Schaber

In vielen Bauberichten liest man, dass an den Bauteilen befindliche Grate mit dem Bastelmesser abgeschabt werden müssen. Wenn es mit dem Bastelmesser geht, wozu dann ein spezielles Werkzeug?

Der Winkel der Messerklinge ist sehr klein um gut schaben zu können. Damit das Messer den Grat abschabt und nicht einschneidet, muss die Klinge sehr steil gehalten werden. Dadurch sind Rattermarken vorprogrammiert und die Klinge wird rasend schnell stumpf. Der Winkel eines Schabers ist wesentlich größer und liegt zwischen 60 und 90°. Die stabilen Klingen schneiden das Material gut und können dadurch flacher angesetzt werden; Rattermarken sind so nicht zu befürchten.

Zwei verschiedene Arten von Schabern sind gebräuchlich, Flachscherer und Dreikantscherer. Flachscherer werden in der Regel zur Bearbeitung von Gleitflächen bei Werkzeugmaschinen verwendet und sind für unsere Zwecke weniger brauchbar als der Dreikantscherer. Dieser hat, wie der Name schon erahnen lässt, drei Schneiden von jeweils 60°. Für unsere Vorhaben ist der kleinste Schaber der beste. Meinen habe ich mir aus einer alten Dreikantfeile an einem Schleifbock selber hergestellt.



Presspassungen lassen sich mithilfe von Reibahlen (unten im Bild) auf Maß bringen.

Die klassischen Zwingen für den Anlagenbau sind die Schraubzwinde aus Metall sowie die Klemmzwinde aus Holz, speziell für den Holzbau. Sie ist durch die Anpressflächen aus Korkwerkstoffschonender.



Festhalten und Zusammenpressen

Halten, Zwingen, Klemmen

Der wichtigste und vielseitigste Werkstoff beim Anlagenbau ist Holz – trotz mancher „moderner“ Materialien wird sich daran in Zukunft kaum etwas ändern. Dementsprechend häufig hat der Modellbauer mit der Verarbeitung von Holz zu tun – und mit einer Reihe spezieller Werkzeuge die hierbei hilfreich sind.

Oft sind es nur zwei Werkstücke aus Holz, die wir halten oder aneinander pressen wollen, um sie zu bearbeiten oder zu verbinden. Von der kleinen Haarklammer bis zum schweren Schraubstock gibt es die verschiedensten Vorrichtungen – je nach Größe des Werkstücks und Einsatzzweck. Grundsätzlich sind hier zunächst Methoden und Ziele zu unterscheiden:

- Das Festspannen eines Werkstücks um es zu bearbeiten.
- Das Zusammenfügen von zwei Bauteilen um sie zu verbinden (zum Beispiel zu verleimen oder zu verschrauben).

Die Werkzeuge, die hierbei zum Einsatz kommen können, können durch-

aus dieselben sein. Mit einer Schraubzwinde lassen sich zwei Bretter zusammenpressen um Klebeflächen bis zum Aushärten zu fixieren. Man kann aber auch ein Brett mit einer Schraubzwinde auf der Werkbank festzwingen um es abzusägen oder sonstwie zu bearbeiten.

Oft ist vielmehr die Art und Größe des bzw. der Werkstücke entscheidend dafür, welche der Spannvorrichtungen am sinnvollsten einzusetzen ist. Von der Wirkungsweise kann man die Zwingen in zwei Gruppen einteilen: solche mit Federn und solche mit Schrauben.

Die Zwingen, die ihren Anpressdruck über eine Feder ausüben, sind im Aufbau etwas einfacher und damit billiger.

Sie haben aber den Nachteil, dass sich der Anpressdruck nicht dosieren lässt. Die Schraubzwingen sind in der Konstruktion aufwändiger, ihr Anpressdruck kann aber dosiert werden. Ein Sonderfall sind die hölzerne Klemmzwingen, zu denen wir später kommen.

Zwingen und Klemmen für kleinere Basteleien haben wir bereits im allerersten Kapitel behandelt. In ihren größeren Ausführungen gehören die Schraubzwingen zu den ganz klassischen Werkzeugen beim Anlagenbau. Ihre Anpresskraft lässt sich an die Erfordernisse der Werkstücke anpassen. Sie bestehen meist komplett aus Metall und sind auch bis zu einer Spannweite von einem Meter erhältlich. Mit diesen großen Zwingen kann man dann auch schon mal einen kompletten Modulkasten zusammenhalten!

Manche Schraubzwingen haben Abdeckungen an den Backen, damit sie sich bei hohem Pressdruck nicht in weiche Werkstücke eindrücken. Und Holz ist oft recht weich, zum Beispiel bei den üblichen Kieferprofilen oder -brettern, die im Anlagenbau verwendet werden! Falls diese Abdeckungen nicht vorhanden sind, empfiehlt es sich, kleine Sperrholzplättchen zwischen Zwinde und Werkstück zu legen, damit im Holz keine unschönen Abdrücke zurückbleiben. Ein paar Schraubzwingen sollten in jeder Anlagenbau-Werkstatt vorhanden sein – nicht selten braucht es sogar

mehrere Exemplare derselben Größe, wenn man größere Teile verzwingen will.

Problematisch an Schraubzwingen: Oft braucht man drei Hände zu ihrer Bedienung – eine zum Fixieren der beiden zu zwingenden Werkstücke, eine weitere zum Ansetzen der Zwinde und eine dritte zum Festschrauben. Findige Ingenieure haben daher kürzlich die Einhandzwinde erfunden: Bei ihr wird der Anpressdruck durch einen lösbaren Ratschenmechanismus aufgebaut. So lässt sich die Zwinde mit der gleichen Hand ansetzen und festspannen. Zum Lösen des Klemmechanismus gibt es einen Hebel, der die Klemmung wieder freigibt. Mit den Einhandzwingen kann man zwar nicht so hohe Presskräfte erreichen wie mit den konventionellen Schraubzwingen, aber dafür lässt sich mit ihnen sehr flott arbeiten.

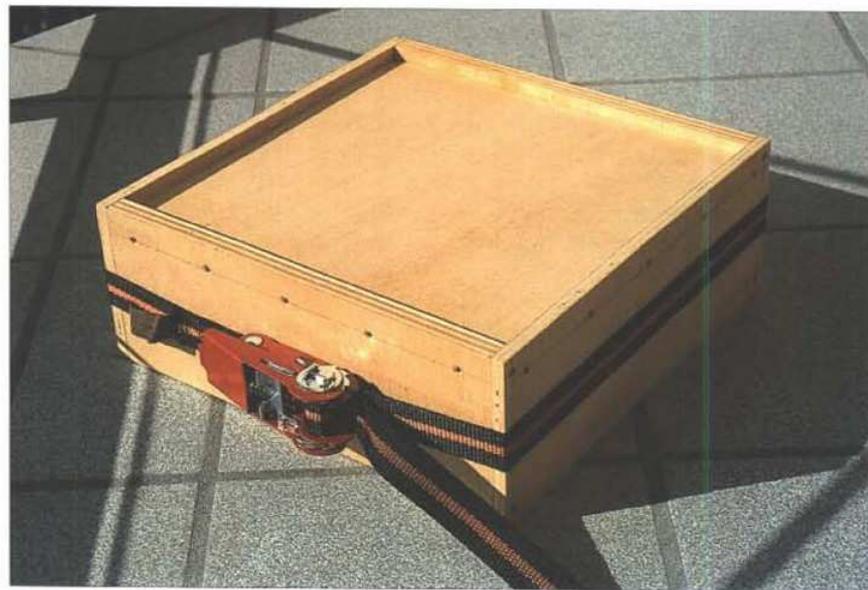
Eine andere Klemmsorte, die im Anlagen- und Modulbau recht sinnvoll einsetzbar ist, sind Klemmzwingen, wie sie beispielsweise von Klemsia angeboten werden. Bei diesen bestehen die Klemmbacken aus Holz und lediglich der Bügel aus Metall. Sie sind in der Regel in Größen von 20 cm Spannweite bis etwa 90 cm erhältlich. Verspannt werden die Backen gegeneinander mithilfe eines Exzenters, der sich in einer Backe befindet. Die Handhabung ist denkbar einfach: Die Klemmzwinde wird an das Werkstück angelegt, die bewegliche Klemmzange wird an das Werkstück gedrückt und der auf den Exzenter wirkende Hebel wird umgelegt. Korkauflagen an den Anpressstellen verhindern unschöne Druckstellen, wodurch die Klemmzwingen bestens für Holz geeignet sind.

Metallfederzwingen gibt es auch in großer und schwerer Ausführung. Sie bewähren sich vor allem beim Verleimen von Holzteilen. Mit ihnen lässt sich flott arbeiten, allerdings kann ihr Anpressdruck nicht reguliert werden.

Abschließend noch der Hinweis auf eine einfache Lösung: Seil- oder Bandspanner. Bei Seilen sollte man, um die Werkstücke zu schonen, an den Ecken L-förmige Kantenschoner anbringen, die das Seil führen und das Werkstück schützen. In relativ leichter Ausführung sind entsprechende Spannvorrichtungen mit Ekelementen im Baumarkt erhältlich. Dort gibt es auch verschiedenste Ausführungen von Spannern, bei denen – in der Regel durch einen Ratschenmechanismus – ein Band so gespannt werden kann, dass es Werkstücke sauber zusammenpresst.



Mit Einhandzwingen lässt sich das Problem der fehlenden „dritten Hand“ lösen, das vielen Heimwerkern und Bastlern bekannt sein dürfte. Trotzdem lässt sich die Anpresskraft dosieren – anders als bei der einfachen Metallfederzwinde (rechts).



Für das Zusammenzwingen von Rahmen eignet sich besonders die Seil- oder Bandverspannung. Je nach zu verspannendem Bauteil werden verschiedene Vorrichtungen angeboten, hier mit Unterstützung durch einen Ratschenmechanismus

Das gleiche Sägeblatt wie die Feinsäge hat die Gehrungssäge, aber sie ist eingespannt in ein „Gestell“, mit dem man alle Winkel in 5°-Stufen einstellen kann.



Kleine Bügelsäge oder Fuchsschwanz, elektrische Stichsäge oder stationäre Kreissäge: Wenns ums Zertrennen von Holzteilen geht, steht der Bastler vor der Qual der Wahl. Eines gilt jedoch immer: Eine Säge muss scharf sein! Stumpfe Sägen verursachen unsaubere Schnitte und Verdruss beim Bastler, denn das Sägen mit einer stumpfen Säge ist eine mühselige Quälerei.

Handsägen

Wer glaubt, durch die inzwischen preiswerten elektrischen Sägen seien Handsägen entbehrlich, der irrt sich. Es gibt noch viele Anwendungsbereiche, in denen man besser eine Handsäge einsetzt, weil man mit ihr genauer und zügiger arbeiten kann.

Um einen sauberen Sägeschnitt zu erhalten, sind einige Regeln zu beachten:

- Die Säge möglichst in einem sehr flachen Winkel zum Werkstück ansetzen, sodass möglichst viele Zähne im Eingriff sind.
- In gleichmäßigen, ruhigen Zügen sägen und dabei so weit wie möglich die gesamte Sägeblattlänge ausnutzen.

Für viele Handsägen gibt es unterschiedliche Sägeblätter. Mit groben Sägeblättern kann man sehr schnell sägen – entsprechend grob wird aber auch der Sägeschnitt. Je feiner das Sägeblatt, desto feiner auch der Schnitt. Die größte Säge im Modellbau ist sicher der be-

Per Hand oder elektrisch

Holz sägen

Ein paar Bretter oder Leisten zersägen? Das ist wohl kein großes Kunststück – vorausgesetzt man achtet auf einige grundlegende Hinweise und die Qualität seiner Arbeitsmittel.

kannte Fuchsschwanz. Er hat ein dickes und damit stabiles Blatt, das nicht durch einen Bügel oder Ähnliches gespannt werden muss. Er eignet sich um Holz schnell zu zerteilen oder Holzleisten grob abzulängen.

Eine Stufe feiner arbeitet die Rücken- oder Feinsäge. Mit ihr lassen sich sehr gut Leisten ablängen. Passend gibt es so genannte Gehrungsladen, in denen die Säge geführt wird um winklige Schnitte ausführen zu können. Mit einer Gehrungslade lassen sich Schnitte im 45°- und 90°-Winkel ausführen. Die Gehrungslade sollte mit Schraubzwingen an der Werkbank befestigt werden, damit man mit der einen Hand die Sägen führen und mit der anderen Hand das zu sägende Werkstück halten kann.

Um beliebige Schnittwinkel herzustellen, gibt es die Gehrungssäge. Hier wird das Sägeblatt in einem Gestell geführt. Das Sägeblatt kann man um eine vertikale Achse drehen und in 5°-Schritten feststellen. Das zu sägende Werkstück (z.B. eine Holzleiste) wird in einer integrierten Vorrichtung einge-

spannt. Das gesamte Gebilde sollte mit Schraubzwingen auf der Werkbank festgespannt werden.

Elektrosägen

Die verbreitetsten Elektrosägen im Modellbahnbereich sind die Stichsäge und die Kreissäge. Die Kreissäge ist dabei für alles zuständig, was gerade sein soll. Mit der Stichsäge kann man je nach eingesetztem Sägeblatt mehr oder weniger kurvige Schnitte durchführen.

Die Kreissäge ist wegen ihres kräftigen Motors und seiner hohen Drehzahlen ideal für Schnitte durch etwas stärkere Holzplatten. Vielseitig einsetzbar ist die Handkreissäge. Hier wird das Werkstück eingespannt und die Säge über das Werkstück geführt. Für viele Handkreissägen werden aber auch kleine Sägefische angeboten, sodass sie zu Tischkreissägen mutieren können.

Für uns Modellbahner interessant sind so genannte Pendelhaubensägen. Hier befindet sich das Sägeblatt im Ruhezustand in einer Haube, die dann



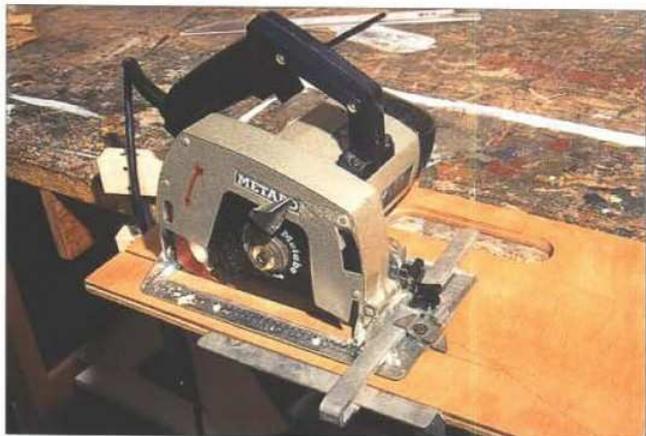
Für das Sägen von Holzleisten ist die Feinsäge ideal. Die Gehrungslade ermöglicht senkrechte Schnitte im 45- und 90-Grad-Winkel.



Ein Multitalent beim Anlagenbau ist die Stichsäge, vor allem in Verbindung mit einem kleinen Sägetisch.



Ein Spezialist für kreisrunde Löcher ist die Lochsäge mit kreisrund gebogenen Sägeblättern. Eingespannt wird die Lochsäge in eine Bohrmaschine.



Gerade Schnitte durch Holzplatten erzeugt eine Kreissäge. Für den Anlagenbau besonders nützlich und vielseitig ist die Handkreissäge.

durch das Werkstück zurückgeschoben wird. Dieser Sägeblattschutz klappt nach dem Sägevorgang durch eine Feder wieder zurück und schützt wieder die Finger des Bastlers. Beim Kauf einer Säge ist unbedingt darauf zu achten, dass sich dieser Sägeblattschutz leicht und ruckfrei zurückdrücken lässt, denn nur so ist ein sauberer Schnitt ohne Verkantungen möglich.

Entscheidend für ein sauberes Ergebnis sind die Sägeblätter, welche es für viele Zwecke gibt. Man sollte durchaus etwas tiefer in die Tasche greifen und sich Hartmetallblätter (HM) „gönnen“. Sie bleiben deutlich länger scharf als Chromvanadiumblätter (CV). Die Anzahl der Zähne und ihre Verschränkung richtet sich nach dem zu sägenden Material. Für die im Modellbahnbereich am häufigsten Holzplatten und Leisten eignet sich am besten ein relativ feines Hartmetallblatt.

Die Schnitttiefe kann bei den Kreissägen eingestellt werden. Damit die Zähne im richtigen Winkel ins Material „eintauchen“, sollte dies auch sorg-

fältig getan werden. Nur so wird der Schnitt sauber. Optimal sind etwa 5 bis 10 mm über die Materialstärke hinaus.

Das Multitalent für den Modellbahner schlechthin ist die Stichsäge. Man unterscheidet bei ihnen zwischen Pendelhubsägen und solchen ohne Pendelhub. Bei den Pendelhubsägen wird die Hubbewegung des Sägeblattes mit einer pendelnden Bewegung überlagert. Das führt zu einer erheblich höheren Sägeleistung – leider aber zu Lasten der Sauberkeit des Sägeschnittes. Stellt man den Pendelhub auf die kleinste Stufe, wird der Sägeschnitt schon recht sauber und der Pendelhub entfaltet trotzdem seine Wirkung.

Im Handel wird eine fast unübersehbare Zahl von verschiedenen Sägeblättern für Stichsägen angeboten. Sie unterscheiden sich in der Richtung der Zähne (je nachdem ob man ein Werkstück von vorne oder hinten bearbeitet), in der Größe und Anzahl der Zähne (feiner und damit langsamer Schnitt oder grober und damit schneller Schnitt), in der Länge des Sägeblattes

und vielem anderen mehr. Erwähnenswert sind noch die Sägeblätter die beidseitig mit Zähnen ausgerüstet sind. Sie sind speziell für das Sägen enger Bögen gedacht, wo ein normales Sägeblatt an seine Grenzen kommt.

Ein sehr nützliches Zubehör für die Stichsäge ist der Stichsägetisch. Die Säge wird dabei so eingespannt, dass das Sägeblatt nach oben aus dem Sägetisch herauschaut. So kann man sehr flott und flexibel die verschiedenen Werkstücke sägen, da man nicht jedes Teil wieder neu einspannen muss.

Der Spezialist: die Lochsäge

Mit ihr lassen sich kreisrunde Öffnungen in Platten schneiden bzw. sägen. Die Lochsäge besteht aus einem Teller, in den je nach gewünschtem Durchmesser kreisförmig gebogene Sägeblätter eingespannt werden. Dieser Teller sitzt auf einem Bohrer, der dann in eine normale Bohrmaschine eingespannt wird. Zentriert wird die Lochsäge durch einen Bohrer in der Mitte.

Für eine Dübelverbindung werden die ersten Zapfenlöcher mit einer schablonenähnlichen Hilfsvorrichtung mittig und senkrecht in das Stirnholz gebohrt.



Holzteile richtig verbinden

Dübeln und Schrauben

Wer Holzteile mechanisch miteinander verbinden will, also ohne oder zumindest nicht nur mit Leimeinsatz, muss zunächst entscheiden, ob die Verbindung dauerhaft oder wieder lösbar sein soll. Die Verbindungsmöglichkeiten mit Leim, Dübeln und Schrauben können dabei miteinander kombiniert werden.

Die Dübelverbindung ist eine der klassischen Verbindungsarten aus dem Möbelbau. Sie kommt zur Anwendung, wenn die Verbindung von außen nicht erkennbar sein soll (wie etwa eine Schraubverbindung), aber dennoch formschlüssig. Die Kraftübertragung vom einem zum anderen Teil übernimmt dabei der Holzdübel, ein kleiner Holzstab mit einem Durchmesser von 4 bis 8 mm je nach erforderlicher Stabilität und einer Länge von etwa 2 cm. Die Oberfläche des Dübels ist in der Regel längsgeriffelt, damit er sich besser ins Holz drücken kann.

Gut gedübelt

Eine passgenaue und stabile Dübelverbindung herzustellen ist nicht so einfach, wie man zunächst vermuten soll-

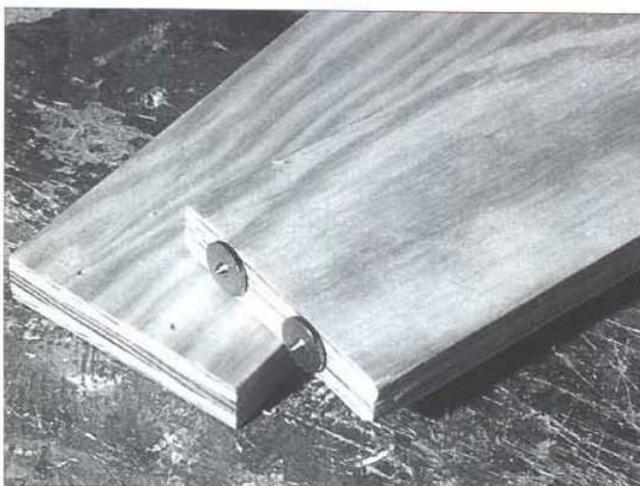
te. Wir zeigen beispielhaft die Verbindung von zwei Sperrholzplatten im rechten Winkel. Kurz gesagt, wird in beide Teile ein senkrecht Loch gebohrt, in eines der beiden Löcher wird der Dübel eingesetzt und das andere Teil wird darauf aufgesteckt. Die Löcher müssen natürlich senkrecht zur Verbindungsfläche sein, dürfen eine bestimmte Tiefe nicht überschreiten und müssen in beiden Teilen genau deckungsgleich gebohrt werden. Um die gewünschte Bohrloch-Tiefe einzuhalten, kann man einen Bohrständler verwenden. Darüber hinaus werden auf dem Markt zahlreiche Hilfsmittel angeboten, die sehr nützlich sind, wie zum Beispiel ein auf die Bohrmaschine aufschraubbarer Tiefenanschlag.

Eine Dübelverbindung besteht in der Regel immer aus zwei Dübeln – wegen

der Verdrehsicherheit. Die Löcher für jene Dübel werden als Erstes in die Stirnfläche des einen Brettes gebohrt. Hierzu bietet Proxxon ein Gerät an, das den Bohrer führt und ein hinreichend senkrecht Loch erzeugt. Das Gerät wird ähnlich wie ein Schraubstock auf das Werkstück aufgesetzt und so weit auf der Stirnfläche verschoben, bis die richtige Bohrlochführung entsprechend dem gewählten Dübeldurchmesser an der Stelle sitzt, wo wir das Loch in die Stirnfläche bohren wollen. Dann wird es festgespannt. Beim Bohren durch diese „Schablone“ sollte man dennoch die Bohrmaschine möglichst senkrecht ausrichten, damit Bohrer und Bohrlochführung nicht allzu sehr beansprucht werden. Weitere Dübelöffnungen entstehen auf dieselbe Art und Weise.

Die korrespondierenden Löcher in das gegenüberliegende Teil bohrt man am besten mithilfe eines Bohrständlers. Aber wo exakt kommen die Löcher hin? Messen und markieren ist zu ungenau – das wird bestimmt nichts. Dafür gibt es einen kleinen, aber wirkungsvollen Trick: Markierungspins. Man steckt sie in die bereits gebohrten Löcher der Stirnfläche, setzt das gegenüberliegende Teil dann in der gewünschten Lage auf, richtet es entsprechend aus und drückt es dann kräftig an. Der sich dabei ergebende Abdruck des Pindorns markiert genau die Stelle, wo die Dübellöcher zu bohren sind.

Dabei ist es wichtig, den Tiefenanschlag des Bohrständlers richtig einzu-



Kleine Markierungspins kommen in die Löcher. Die Spitzen drücken sich in das Gegenwerkstück als Markierung für die Dübellöcher.



An den so markierten Stellen werden die Löcher mithilfe eines Bohrständers senkrecht gebohrt. Wichtig hierbei ist das Einstellen des Tiefenanschlages.



Nun werden die Dübel in das zuletzt gebohrte Holzteil eingesetzt oder eingeschlagen. Das andere Holzteil wird dann mit den Löchern auf die Dübel aufgesetzt und kräftig aufgedrückt.



Wenn Holzteile sehr oft gelöst werden, wird die Verbindung am besten mit Maschinenschrauben hergestellt. Bei der Verwendung von Flügelmuttern ist noch nicht mal Werkzeug erforderlich.

stellen, damit man das Werkstück nicht durchbohrt. Es sollte bis maximal zwei Drittel der Materialstärke gebohrt werden. Wenn alle Löcher gebohrt sind, können die Teile zur Probe zusammengesteckt werden. Nun werden die Dübel in die zuletzt gebohrten Löcher gedrückt oder mit einem kleinen Hammer eingeschlagen. Das zweite Holzteil wird dann einfach draufgesteckt und fertig ist die Verbindung. Um die Verbindung dauerhaft zu fixieren, werden die beiden Teile aber noch miteinander verklebt.

Holzschrauben

Eine ähnliche Wirkung wie Dübelverbindungen erzielen Holzschrauben – nur weniger elegant, denn die Schraubenköpfe sieht man von außen (solan-

ge sie nicht versenkt und verspachtelt werden). In der Regel ist das beim Anlagenbau aber kein Problem. Größter Vorteil: Eine Schraubverbindung bleibt lösbar. Bei Holzschrauben gibt es zunächst die verschiedensten Kopfformen und „Schraubenantriebe“ (siehe Zeichnung). So nennt der Fachmann das, was der Laie als Schraubenschlitz bezeichnet. Für Holzschraubverbindungen sind Schnellbauschrauben (z.B. Spax) mit Senkkopf und Kreuzschlitz am verbreitetsten.

Aber Achtung: Kreuzschlitz ist nicht gleich Kreuzschlitz (siehe Zeichnung). Für jede Art werden besondere Schraubenzieher und Bits für den Elektro-schrauber angeboten. Man muss darauf achten, konsequent zueinander passende Schraubenköpfe und Schraubendreher zu verwenden. Wer fortwährend

die falschen Bits verwendet, demoliert den Schraubenkopf und ruiniert sein Werkzeug.

Holzschrauben gibt es mit durchgehendem Gewinde bis zum Schraubenkopf und mit einem glatten Schaft. Mit den Letzteren kann man sehr schnell gut verspannte Verbindungen herstellen und das funktioniert folgendermaßen:

Um etwa zwei 16 mm starke Tischlerplatten rechtwinklig miteinander zu verbinden, spannt man die Teile zunächst so ein, dass sie in der gewünschten Lage fest zueinander stehen. Als Schrauben kommen hier am besten 4x40-mm-Schrauben mit glattem Schaft zum Einsatz. Damit das Holz nicht splittert, wird mit einem 2-mm-Bohrer etwa 3 cm tief vorgebohrt. Dann setzt man die Schraube an und dreht



Schrauben sind das A + O in der Modellbau-Verbindungstechnik. Es gibt sie in unzähligen Formen und Größen sowie mit mehreren Kopfformen und Antrieben.

Schraubenköpfe nach DIN



Schrauben nach DIN



Schraubenantriebe nach DIN und Werksnormen



sie ein. Die Schraube greift dank ihres glatten Schafts am Kopf nur in das untere Werkstück, während das obere mit jeder Schraubenumdrehung fester an das untere herangezogen wird. Bei Schrauben mit durchgehendem Gewinde müsste man das obere Werkstück auf den Gewindedurchmesser, hier 4 mm aufbohren, damit das Gewinde nicht greift und beide Werkstücke zusammgezogen werden können.

Damit die Schraube auf jeden Fall komplett versenkt ist, also nicht über die Oberfläche des Werkstückes hinaussteht, kann man das vorgebohrte Loch mit einem speziellen Fräser (Ansenker) ansenken, der einfach in die Bohrmaschine eingespannt wird. Die damit erzeugte Vertiefung hat die Form des Kopfes einer Senkschraube.

Maschinenschrauben

Für eine Verbindung, die häufig gelöst und in gleicher Weise wieder geschlossen oder verspannt wird, eignen sich

Holzschrauben nicht. Sie schneiden sich ja ins Holz, das dabei entstandene Gewinde wird bei mehrmaligem Rein- und Rausdrehen aufgeweitet und hält nicht mehr. Hierfür gibt es Maschinenschrauben, die dann nicht in das Holz selber greifen, sondern durch die zu verschraubenden Teile gesteckt und auf der anderen Seite mit einer Mutter festgezogen werden.

Die für den Modellbau interessanten Schrauben sind solche mit metrischem Gewinde, erkennbar am vorgestellten „M“ in Verbindung mit dem Außendurchmesser in Millimetern. M6 bezeichnet also eine Schraube mit einem metrischen Gewinde mit 6 mm Durchmesser. Wie bei den Holzschrauben unterscheidet man eine Maschinenschraube aber nicht nur im Gewinde, sondern auch im Schraubenkopf. Die für den Modellbauer interessanten Schraubenköpfe sind in der Zeichnung dargestellt.

Wichtig: Das Loch, durch das die Schraube gesteckt wird, muss genau so

groß sein oder etwas größer als der Durchmesser der Schraube. Eine Schraubverbindung hält ohnehin nur über den Anpressdruck, den die Schraube auf die beiden zu verbindenden Teile ausübt. Um ebendiesen Anpressdruck ausüben zu können, müssen besonders große Unterlegscheiben verwendet werden, damit die Zugkraft, die durch das Anziehen der Mutter in der Schraube erzeugt wird, über ebendiese Scheibe auf eine möglichst große Fläche verteilt wird. Verwendet man eine zu kleine Scheibe, drückt sie sich in das Holz und die Verbindung lockert sich.

Für Verbindungen, die sehr oft gelöst werden sollen, lohnt sich der Einsatz von Maschinenschrauben mit Flügelmuttern. Der Anpressdruck reicht für den Modellbahnbereich völlig aus, die Verbindung lässt sich ohne Werkzeuge festziehen und das im Handumdrehen. Vor allem bei sich häufig ändernden Modulaufbauten bewährt sich diese Verbindungsmethode.



Klassische Holzbearbeitungswerkzeuge sind Hobel und Stechbeitel, welche in verschiedenen Breiten angeboten werden.

Hobeln, Stemmen, Raspeln, Schleifen

Nacharbeiten von Holz

Selten sehen Holzteile nach der ersten groben Bearbeitung mit Säge, Fräse oder Bohrmaschine optimal aus. Oft sind auch noch kleinere Maßabweichungen zu beheben. Je nach Einsatzzweck stehen also mehr oder weniger umfangreiche Nacharbeiten an. Ein knapper Überblick über Methoden und Werkzeuge.

Zu unterscheiden sind dabei das Nacharbeiten der Form wie etwa das Abrunden von Kanten, das Herstellen von Aussparungen, das „Dünnermachen“ von Holzleisten und andererseits das Nachbehandeln der Oberflächen. Sie können uneben, zu rauhfürs Lackieren oder manchmal auch zu glatt sein. In jedem Fall wird durch die Oberflächenbehandlung Material abgetragen.

Hobeln

Für den Modellbauer kommt eigentlich nur ein Handhobel in Frage. Es gibt natürlich auch elektrische Handhobel und Hobelbänke – aber schließlich betreiben wir keine Schreinerei.

Ein Fall für den Hobel ist eine in einer oder beiden Dimensionen zu dicke Leiste. Man spannt sie ein und hobelt

sie so lange ab, bis die gewünschte Dicke erreicht ist. Wichtig ist, den Hobel so einzustellen, dass die Schneide nur knapp aus dem Hobel heraussteht, damit man bei jedem Hobelvorgang nur ganz wenig Material abträgt. Ansonsten bleibt der Hobel möglicherweise im Holz stecken und die ganze schöne Oberfläche der Leiste ist dahin. Der Hobel wird in langen gleichmäßigen Zügen über das Werkstück geführt. Gleichmäßig Material abzutragen ist dabei gar nicht so einfach, da man insbesondere bei langen Werkstücken nicht in einem Zug arbeiten kann. Übung macht den Hobelmeister ...

Stemmen

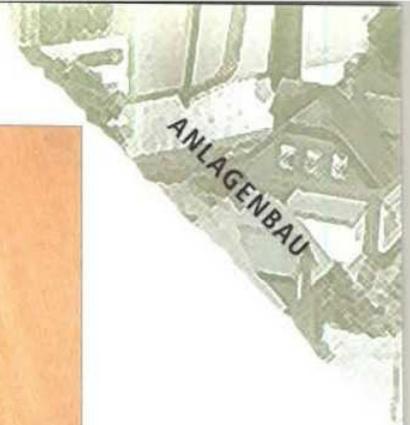
Der Stechbeitel (wird auch als Stemmeisen bezeichnet) trägt ebenfalls schichtweise das Material ab. Das Ab-

stemmen mit einem Stechbeitel ist immer dann gefragt, wenn nur auf einem kurzen Abschnitt des Werkstückes etwas abzutragen ist – beispielsweise um zwei Leisten miteinander zu verzapfen. Dann wird mit einer Feinsäge die Leiste bis zur gewünschten Tiefe angesägt, jeweils an den Enden der Verzapfungstelle. Das Holz dazwischen wird dann mit dem Stechbeitel ganz leicht ausgestemmt.

Gearbeitet wird dabei immer in Richtung der Holzmaserung. Wichtig: Immer mit der abgeschliffenen Fläche auf das Werkstück aufsetzen. Sonst besteht die Gefahr, dass man zu tief in das Holz „eindringt“. Den Stechbeitel hält man am besten mit dem Griff in der linken Hand und sorgt mit einem Holzhammer in der rechten für den notwendigen „Vortrieb“.

Raspeln

Mit einer Raspel lässt sich ziemlich zügig Material abtragen, z.B. um eine Kante abzurunden oder eine kleine Vertiefung in eine Leiste oder den Plattenrand hineinzuarbeiten. Die „klassische“ Raspel ist – laienhaft ausgedrückt – nichts anderes als eine grobe Feile und wird auch so gehandhabt. Mit der rechten Hand hat man den Griff in der Hand und mit der linken die Spitze. So wird die Raspel über das Werkstück geführt und zwar immer von der Mitte des Werkstückes zum Rand. Die Raspel funktioniert nur eine Richtung! Also muss die Feile nach jedem Hub wieder neu angesetzt werden. Da die Raspel





Ein sehr flexibles Werkzeug ist die Raspel. Mit ihr lässt sich Holz frei bearbeiten um beispielsweise Vertiefungen oder Rundungen einzuarbeiten.



Eine andere Ausführung von Raspel eignet sich hervorragend für das flächenhafte Bearbeiten von Styrodurflächen, beispielsweise im Landschaftsbau.

Den letzten Schliff gibt das Schleifen. Mühsam, aber präzise ist das Handschleifen.



Sehr praktisch sind kleine Handschleifmaschinen. Hier ein Exzentrerschleifer mit einem sich exzentrisch drehenden Schleifteller.



auf der einen Seite gerade und auf der andern etwas gewölbt ist, lassen sich mit ihr sowohl gerade Flächen als auch Rundungen herausarbeiten.

Oft sind nach ein paar Hüben die Zähne der Raspel mit Holzspänen zugesetzt. Sie ist dann nicht mehr in der Lage noch Material abzutragen und muss erst mit einer weichen Drahtbürste wieder gesäubert werden. Die Raspel ist ein verhältnismäßig grobes Werkzeug und hinterlässt nach der Bearbeitung eine noch recht unebene Oberfläche, die erst geschliffen werden muss.

Eine andere Art von Raspel ist äußerst nützlich etwa für das flächenhafte Bearbeiten von Styrodurflächen im Landschaftsbau. Es handelt sich dabei um eine Raspel mit auswechselbaren Stahlschneiden. Mit ihr lassen sich wunderbar Landschaftsformen aus Hartschaumblocken (z.B. Styrodur) herausarbeiten.

Schleifen

Der letzte Schliff ist bei den meisten Holzarbeiten beinahe unausweichlich: Die Kanten nach einem Sägeschnitt müssen geschliffen werden, je nach Sägeschnitt auch die Schnittfläche oder Holzoberflächen vor dem Lackieren. Auch hierbei besteht wieder die Wahl zwischen einem elektrischen Gerät und der althergebrachten Handarbeit. Nachdem das manuelle Schleifen mit Schleifpapier und Schleifklotz bereits behandelt wurde (S. 16ff.), wollen wir an dieser Stelle mehr auf die maschinellen Schleifprozesse eingehen.

Für umfangreichere Schleifarbeiten sollte man in jedem Fall eine elektrische Schleifmaschine verwenden. Die Heimwerkerindustrie bietet hier verschiedene preiswerte Geräte an. Für unsere Modellbahnwerkstatt kommen in Frage:

- Bandschleifer
- Schwingschleifer
- Exzentrerschleifer
- Deltaschleifer

Band- und Schwingschleifer eignen sich hervorragend für die Flächenbehandlung. Der Exzentrerschleifer ist ein flexibles Gerät auch für kleinere Flächen. Mit dem Deltaschleifer kommt man wegen seines kleinen dreieckigen Schleiftellers auch in Ecken hinein. Bei allen Schleifmaschinen muss man sehr darauf achten, dass keine Wellen und Wölbungen in der Oberfläche entstehen – gerade mit dem Bandschleifer geht das ruck, zuck.



Blick in die Anlagenbau-Werkstatt. Links ein Modul im Rohbauzustand, rechts ein fertig gestelltes Teilstück.

Ein bisschen Anlagenbau

Von der Planung bis zur Gestaltung: Hier entsteht ein Modulkasten – und dabei kommen die wichtigsten Utensilien aus unserer Werkstatt für den Anlagenbau zum Einsatz.

Vor dem Bau steht natürlich die Planung – selbst bei einem kleinen Modul. Wichtigster Schritt: Wenn man alle Ideen gesammelt und zu einem Konzept entwickelt hat, ist es immer sehr anschaulich, die Planung in 1:1 auszubreiten. Man legt sich also die

Modulfläche in ihrer späteren Ausdehnung zurecht und das fertig gebogene Gleis darauf. Das ergibt eine sehr gute Vorstellung von den echten Größenverhältnissen. Unschwer lässt sich so beurteilen, wie die weitere Ausstattung – z.B. mit Brücken, Bahnübergängen, Gebäuden, Baumgruppen und Ähnlichem – arrangiert werden muss. Nun sieht man, ob das, was man auf dem Papier geplant hat, auch wirklich überzeugend ist ohne überladen zu wirken.

Unser Modul besteht aus zwei Segmenten und weist links eine Ladestelle und rechts neben einer kleinen Brücke jede Menge Landschaft auf.

Der Rohbau

Der Rohbau von Modulen beginnt mit den Kopfprofilen. Diese kann man entweder fertig kaufen (etwa beim Fremo oder bei Nordmodul) oder selber anfertigen anhand vorgegebener Kopfprofillehren. Unsere Modulkästen bestehen aus 16-mm-Tischlerplatte, die Kopfstücke aus 10-mm-Sperrholz. Das Gesamtmodul umfasst zwei Segmente von je 80 x 40 cm.

Die beiden mittleren Profile sind frei, die beiden äußeren Kopfprofile entsprechen Fremo-Norm. Mit Bleistift wird die Profilform auf die 40 x 20 cm großen Plattenstücke übertragen. Für das Heraussägen dieser ungleichmäßig gekrümmten und gerundeten Form aus dem Brett ist eine in einen Sägetisch eingespannte Stichsäge ideal. Man kann mit ihr fast wie mit einer Dekupiersäge arbeiten.

Die beiden Profile in der Mitte der Segmentgruppe erhalten eine Sonderbehandlung. Da das Gelände im Bereich dieser Mittelkopfstücke nicht eben verläuft, wird mit einer Raspel die Neigung herausgearbeitet. Die beiden Kopfstücke werden mit einer Holzklemmzwinde aufeinander gespannt und gemeinsam bearbeitet.

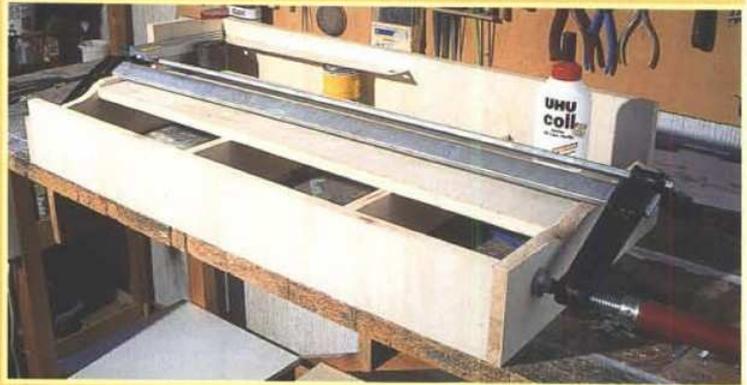
Für den Zusammenbau des Modulkastens wird das Trassengrundbrett



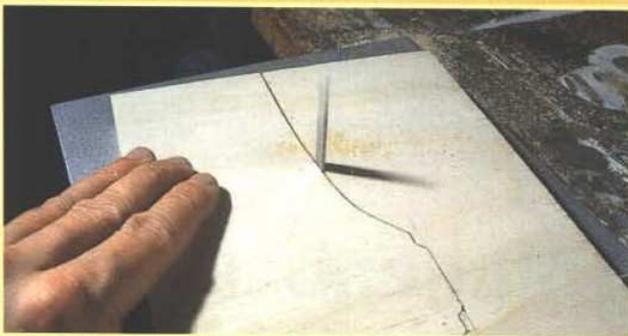
Planung ist der Anfang jedes Bauens. Und irgendwann sollte man auch einen „fliegenden Aufbau“ in 1:1 arrangieren. Die Gleise werden provisorisch ausgelegt und die Modulfläche mit Leben – sprich Brücken, Bächen, Bäumen – „gefüllt“.



Übertragen des Profils von der Profillehre auf das Kopfprofilbrett mit dem Bleistift. Für einige Normen gibt es auch vorgefertigte Kopfprofile.



Große Schraubzwingen pressen die Modulkastenseitenwände nach dem Verleimen zusammen, damit der Leim unter Druck abbinden kann.



Ein Stichsägtisch ist für gebogene Schnitte, wie sie hier benötigt werden, sehr gut geeignet. Die Säge steht fest und man führt das Werkstück entlang der markierten Linie.



Mit einem Senker, einem HSS-Fräser, werden die Bohrlöcher ange-senkt, so dass der Senkkopf der Holzschraube nicht aus der Oberfläche hervorsteht.



Die beiden nicht genormten Zwischenprofile werden entsprechend dem Geländeverlauf an der Oberseite abgeschrägt, was am besten mit einer Raspel vorstatten geht.



Nach dem Eindrehen der Schrauben werden die Schraubenöffnungen mit Holzkitt zugespachtelt, nach dem Trocknen und vor einem eventuellen Anstrich werden sie verschliffen.

zunächst noch in seiner ursprünglichen „Überbreite“ belassen und nur auf die Querspannen aufgelegt. Da wir es im Baumarkt exakt rechtwinklig haben zuschneiden lassen, können wir es als Ausrichtehilfe verwenden, damit der Modulkasten auch rechtwinklig wird. Alle Teile des Modulkastens werden an den Kontaktflächen mit Leim versehen und zusammengesetzt. Den für das Abbinden notwendigen Anpressdruck erzeugen große Schraubzwingen.

Nachdem die Klebung des äußeren

Kastens ausgehärtet ist, wird auch das Trassengrundbrett endgültig zugeschnitten und anschließend eingeklebt. Für das exakte Zusägen des Trassenbrettes eignet sich aufgrund des gekrümmten Verlaufs die Stichsäge. Abschließend wird der Kasten noch verschraubt. Jeweils zwei 4-mm-Holzschrauben kommen an jede Ecke. Die Löcher werden mit einem 2-mm-Holzbohrer vorgebohrt.

Damit das Holz im Bereich des Schraubenkopfes nicht unkontrolliert

eingedrückt wird, haben wir das Schraubloch mit einem Senker ange-senkt. Das ist ein kegelförmiger Fräser aus Hochleistungs-Schnell-Stahl (HSS), der einfach in die Bohrmaschine eingespannt wird. Der Senkkopf der Schraube verschwindet komplett darin. Beim Eindrehen der Schrauben muss man etwas aufpassen: Wenn der Widerstand beim Eindrehen zu groß wird, besteht die Gefahr, dass das Gewinde, welches durch die sich eindrehende Schraube ins Holz geschnitten wird, überdreht

wird. Man sollte dann die Schraube wieder herausdrehen und etwas stärker vorbohren. Wer am Ende nicht mal den versenkten Schraubenkopf sehen will, spachtelt etwas Holzkitt drüber.

Jetzt werden noch die Modulvorder- und -rückseiten mit einer Stichsäge entsprechend der Geländekontur abgesägt – und damit wäre der erste Teil des Rohbaus schon erledigt.

Geländebau

Eine sehr rationelle und gewichtssparende Möglichkeit, die Geländekontur zu erstellen, besteht in der Verwendung von Hartschaumplatten (z.B. Styrodur). Die je nach Hersteller gelben, grünen oder blauen Platten lassen sich mit Bastelmesser und Raspelhobel gut bearbeiten.

Mit dem Messer schneidet man die Platten grob zu. Dabei sollte aber unbedingt eine absolut neue, scharfe Klinge zum Einsatz kommen, da sich der Schaumstoff sonst nur mit viel Gebrösel oder überhaupt nicht schneiden lässt. Die Klinsen werden beim Schneiden sehr schnell stumpf, können aber noch gut für andere Arbeiten weiterverwendet werden – fürs Schneiden von Holz oder Polystyrol sind sie allemal noch scharf genug.

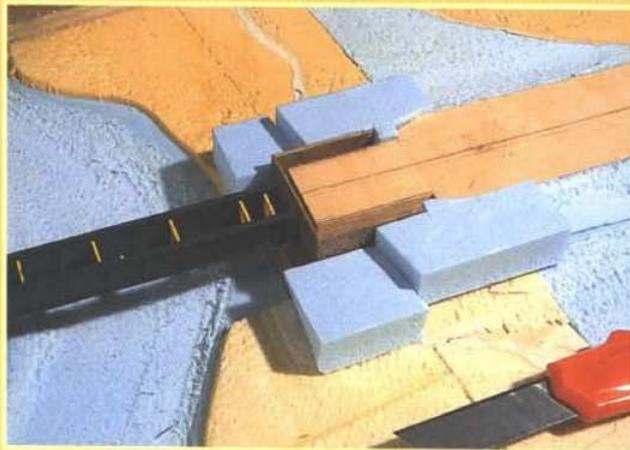
Nachdem die Platten eingeklebt sind und der Klebstoff getrocknet ist, schlägt die große Stunde des Raspelhobels. Mit ihm wird der Hartschaumkörper bearbeitet, bis die gewünschte Geländestruktur entstanden ist.

Brückenwiderlager

Bei Bau der Brückenwiderlager haben wir darauf Wert gelegt, dass die einzelnen Steine und Fugen um die Ecke herumlaufen. Mit einer kleinen Tischkreissäge sägt man dazu die Mauerplatte auf Gehrung im 45-Grad-Winkel zunächst einmal längs durch. Von dem zweiten Teil muss noch ein weiterer Streifen abgeschnitten werden um die richtige Neigung der Gehrung zu erhalten. Beide Teile sollte man dann nebeneinander legen um die Übereinstimmung der Fugen zu überprüfen.

Der Sägetisch ist im Übrigen auch hervorragend geeignet als ebene Arbeitsfläche, beispielsweise um hier das Widerlager zusammenzukleben.

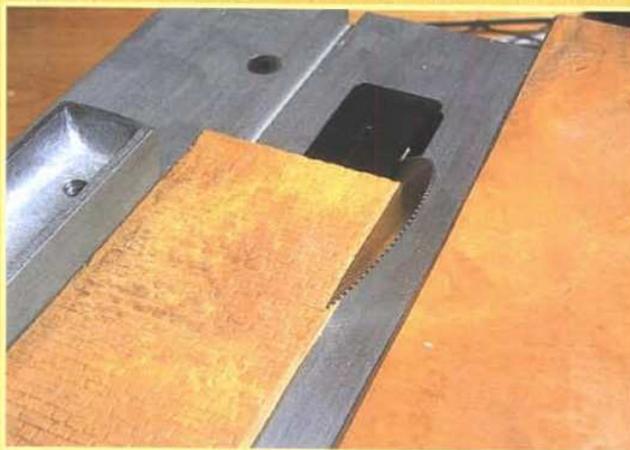
Trotz der sauber gesägten Gehrung lässt es sich nicht vermeiden, einige Ecken abzuspachteln. Fehlende Fugen werden später mit dem Bastelmesser in das recht weiche Polystyrol geritzt.



Die Hartschaumplatten können mit einem stabilen Bastelmesser grob zurechtgeschnitten werden. Hier immer eine scharfe Klinge verwenden, weil eine stumpfe Klinge zu viele „Krümel“ produziert.



Das Herausarbeiten der Geländeoberfläche erfolgt mit diesem praktischen Raspelhobel, dessen Klinsen auswechselbar sind.

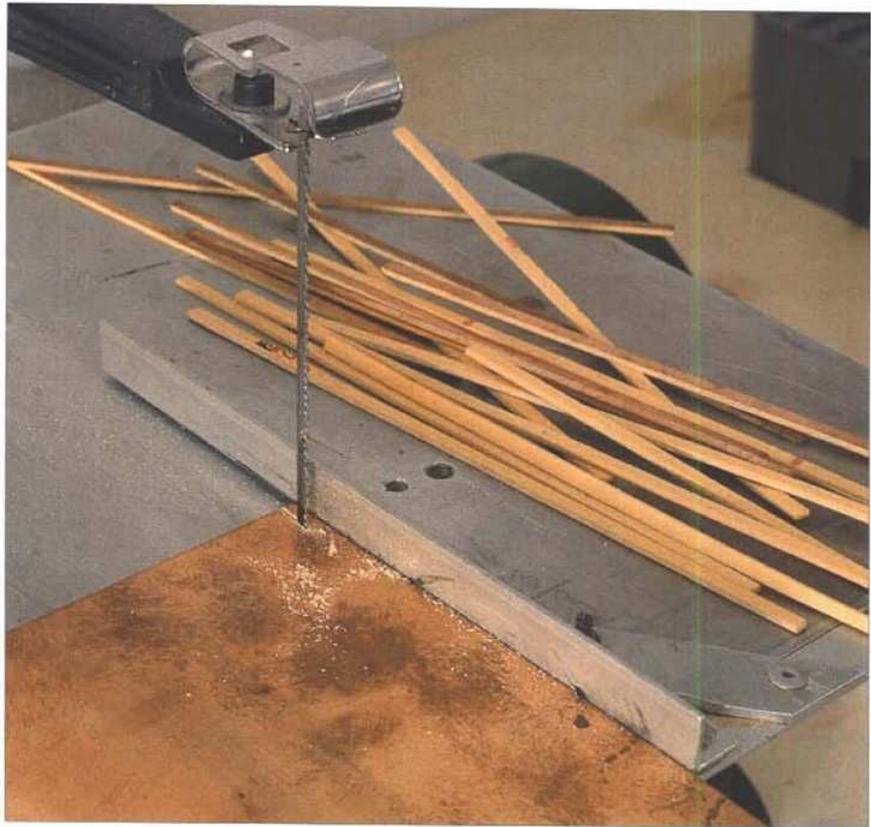


Bau der Brückenwiderlager. Nur mit einer Tischkreissäge mit kippbarem Sägeblatt kann man Gehrungen so exakt in einem Arbeitsgang herstellen.



Einige Nacharbeiten wie das Ritzten der Mauerfugen werden nach dem Verspachteln mit einer Feile und einem Bastelmesser erledigt.

Das Sägen von Pertinaxstreifen für den Gleisbau auf der Dekupiersäge (Pendelhubsäge).



Sägen und Schneiden

Metalle trennen

Holz und Kunststoff, Gießharz und Schaumstoff – das sind die bevorzugten Werkstoffe, wenn es um den Anlagenbau geht oder um bestimmte Bastelprojekte. Ein weites Feld, bei dem mit Metallen ein weiteres Material ins Spiel kommt, ist der Fahrzeugbau. Und wieder gibt es einige „Tools“, die in unserer Modellbahn-Werkstatt nicht fehlen dürfen.

Handsägen

Laub- und Bügelsäge, Puk- und Roco-Säge kennt wohl fast jeder Modellbauer. Die folgenden allgemeinen Hinweise gelten auch fürs Sägen von Metall:

- Das Sägeblatt immer in Stoßrichtung einspannen – also Zahnung zeigt vom Griff weg.
- Je länger das eingesetzte Sägeblatt ist, umso besser ist auch das Sägeergebnis.
- Immer auf einen exakten und sichtbaren Anriss achten.
- Das Werkstück möglichst nahe am Sägeschnitt fest einspannen, dabei Schutzbacken verwenden.
- Immer knapp neben dem Anriss sägen.
- Für dünnwandige Materialien feine

Sägeblätter verwenden, dünne Bleche besser zwischen zwei Holzplatten spannen und sägen.

Der häufigste Fehler beim Sägen wird wohl beim Anschnitt gemacht. Um hierbei nicht abzurutschen und die gesamte Oberfläche des Werkstückes mit Riefen zu versehen, setzt man die Säge leicht schräg auf die Kante des Werkstückes und den Daumennagel der linken Hand auf den Anriss. Die Säge lässt sich für den Anschnitt leicht entlang des Daumennagels führen und so das Abrutschen vermeiden.

Bei Laubsägen wird das Sägeblatt grundsätzlich ziehend – Zähne zeigen zum Griff – eingesetzt, für Metall gibt es fein verzahnte Sägeblätter. Der größte Vorteil der Laubsäge besteht in der

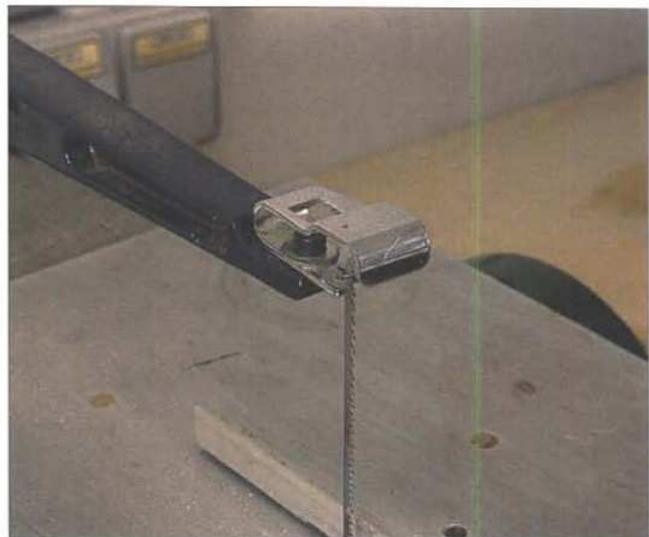
Möglichkeit, Löcher in nahezu jeder Form und Größe in dünne Werkstoffe zu schneiden. Hierfür ist neben dem Umriss der Kontur nur ein Loch zum Einfädeln des Sägeblattes nötig. Für noch feinere Arbeiten gibt es die Goldsäge mit entsprechenden Sägeblättern.

Maschinensägen

Zum Trennen vom Metall eignen sich Dekupier-, Band- und Kreissägen – natürlich nur mit geeigneten Sägeblättern. Sie haben wesentlich feinere Zähne als etwa ihre Schwestern fürs Holzsägen. Deswegen ist auch nur ein langsames Arbeiten, also ein langsamerer Vorschub, möglich, als man dies von Holz gewohnt ist.

Bandsägen

Beim Kauf einer Bandsäge sollte man darauf achten, dass der betreffende Hersteller auch zur Säge passende Sägeblätter für unterschiedliche Materialien anbietet. Ein weiteres Qualitätsmerkmal ist die Blattführung. Sehr gut sind auf die Blattdicke einstellbare Führungen mit Kugellagern, schlechter sind nicht einstellbare geschlitzte Führungsklötze. In jedem Fall sollte auf der Rückseite des Sägeblattes ein Kugellager den Druck auffangen, der von



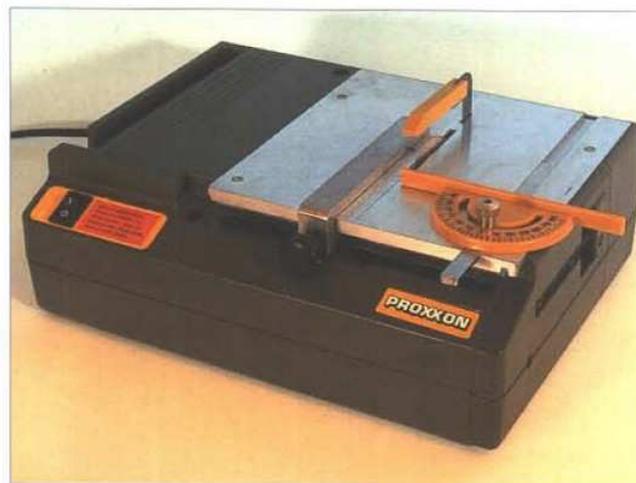
vorne auf das Blatt ausgeübt wird. Eine Regelung der Schnittgeschwindigkeit ist ebenfalls notwendig, da diese je nach Material sehr unterschiedlich ist. Für das Sägen von Metallen ist eine Einrichtung zur Kühlung und Schmierung, wie sie an einigen Maschinen vorhanden ist, von Vorteil (grobe Werte siehe Tabelle). Für Modellbauer bezahlbare Bandsägen sind oft nicht oder nur unzureichend für die Bearbeitung von Stahl geeignet.

Dekupiersägen

Dekupiersägen sind nichts anderes als angetriebene Laubsägen. Wegen der Auf- und Abbewegung des Sägeblatts ist die Schnittleistung um einiges geringer als bei Bandsägen. Auch erwärmt sich das Sägeblatt beim Sägen stark, da immer der gleiche Abschnitt des Sägeblattes genutzt wird. Dies kann gerade beim Sägen von Kunststoffplatten zum Verschmelzen der Späne mit dem Sägeblatt und dem Werkstück führen. Der größte Vorteil liegt in der Möglichkeit, Löcher in ansonsten geschlossene Flächen zu sägen.

Kreissägen

Dass mit einer Kreissäge auch Nicht-Eisen-Metalle (NE), also kein Stahl, gesägt werden kann, hat sich noch nicht überall herumgesprochen. Mit einem speziellen, fein verzahnten Sägeblatt lassen sich sehr präzise und gerade Schitte ausführen, wobei dickes Material gekühlt werden muss. Dünne Bleche lassen sich ebenfalls sägen, wenn sie zuvor auf eine Holzplatte befestigt (z.B. geklebt) werden. Dies verhindert ein Verbiegen oder Einziehen des Bleches. In jedem Fall ist vor dem Sägen



Obere Aufnahme der Dekupiersäge für normale Maschiensägeblätter, daneben verlängert für Puk-Sägeblätter

Die 220-Volt-Kreissäge von Proxxon eignet sich, bei Verwendung entsprechender Sägeblätter, auch für Arbeiten mit Metallen.

von Metallteilen die Gebrauchsanweisung der jeweiligen Maschine zu studieren. Es ist nicht jede fürs Sägen von Metallen geeignet.

Scheren

Für unsere Zwecke sind spezielle Blechscheren erhältlich. Exemplare aus dem Baumarkt sind für die Bearbeitung von Stahlblech gedacht und dementsprechend groß und grob ausgelegt. Wesentlich besser sind Feinblech- oder Goldblechscheren für die Schmuck-

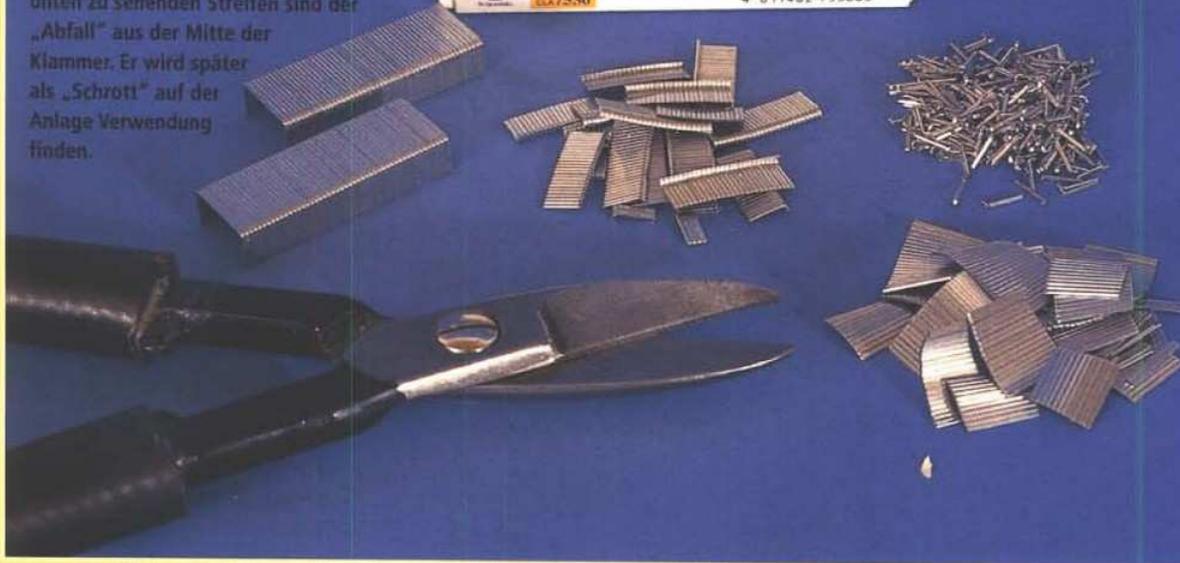
herstellung. Für wenig Geld sind sie bei Werkzeughändlern erhältlich. Mit einer Schneidenbreite von ca. 1 mm lassen sich damit aus Tackerklammern schnell einige tausend H0-Schienenenägeln herstellen (siehe folgende Doppelseite). Für größere Bleche gibt es Hebelscheren.

Ein Warnhinweis am Schluss: Durch das Bearbeiten bildet sich am Werkstück, gerade bei dünnen Blechen, ein extrem scharfer Grat. Dieser lässt sich leicht mit einer Feile entfernen. Zum Entgraten wegen der Verletzungsgefahr niemals Schmirgelleinen verwenden!

WOMIT KÜHLEN UND SCHMIEREN?

MATERIAL	SCHNITTGESCHWINDIGKEIT IN METER/MINUTE	KÜHLUNG/SCHMIERUNG
Stahl, weich	25	Schneidöl oder Bohremulsion
Stahl, mittel	15	Schneidöl oder Bohremulsion
Stahl, hart	10	Schneidöl oder Bohremulsion
Grauguß	25	Kühlemulsion
Bronze, Rotguß	120	Schneidöl oder Bohremulsion
Kupfer, Messing	300	Schneidöl oder Bohremulsion
Aluminium (Massiv)	400	Spiritus oder Petroleum
Aluminium (Profile)	1000	Spiritus oder Petroleum
Holz	1000 und mehr	ohne

Mit der Feinblechschere von Fohrmann und den „teuersten“ Tackerklammern gings ganz leicht. Dank des festeren Lacküberzugs bleiben die Schienennägel im Streifen erhalten. Die im Bild rechts unten zu sehenden Streifen sind der „Abfall“ aus der Mitte der Klammer. Er wird später als „Schrott“ auf der Anlage Verwendung finden.



Tackerklammern zu Schienennägeln

Die meisten guten Ideen werden aus der Not geboren – so auch diese. Für ein neues Modul mit Selbstbaugleis wurden dringend Schienennägel benötigt, die gerade mal wieder nicht lieferbar waren. Mehr als Gag tauchte die Frage auf, ob sich die nicht auch aus Tackerklammern herstellen ließen ...

Schienennägel aus Tackerklammern? Eine Schnapsidee – oder? Die Dinge nahmen ihren Lauf, denn auf dem Schreibtisch stand ein Tacker griffbereit herum. Kawumm – eine Klammer rausgedrückt. Leer! Also die Schachtel mit den Nachfüllklammern gesucht – auch leer! Ab ins Schreibwarengeschäft: Tackerklammern in Massen, von jeder Größe und von jedem Hersteller ein Paket mit 1000 Stück gegratscht, da wird die richtige schon bei sein. An der Kasse gabs schon die ersten Unterschiede, denn so eine Packung kostete zwischen Euro 0,26 und 1,25. Wo da wohl der Unterschied ist?

Die „Schneidevorrichtung“

Im Bastelkeller fand sich eine Feinblechschere von Fohrmann mit gerade mal 1 mm breiter Schneide. Wenn man also den Streifen Tackerklammern außen an die Schneide drückt, steht der Haken des Schienennagels gerade mal 1 mm vor – zufällig genau das Maß der käuflichen Schienennägel.

Der Streifen mit je 50 verklebten Tackerklammern wird in vier Teile mit ungefähr 12 Klammern zerlegt. Einen solchen Teilstreifen drücke ich nun mit dem Daumen an die untere Schneide der Schere. Mit der anderen Hand schneide ich den restlichen Teil des Streifens in Sekundenbruchteilen ab. Der so hergestellte Abschnitt lässt sich leicht in einzelne Nägel zerlegen und diese sehen wirklich aus wie Schienennägel. Außer dem Erfinder der Tackerklammer wird sich wohl kaum jemand mehr über diesen kleinen Drahthaken gefreut haben als ich in diesem Moment ...

Schnell sind auch die anderen Teilstücke in Schienennagelstreifen verwandelt. Einen ganzen Streifen zu zerteilen gelingt mir freilich nicht, denn die Schneide der Schere ist hierzu nicht lang genug. Aber einen halben Streifen zu zerteilen ist wahrhaftig nur eine Sa-

che von wenigen Sekunden. Begonnen hatte ich mit den teuersten Klammern, jetzt wollte ich natürlich auch die Billigversion testen.

Klammerstreifen festgehalten, ein schneller Schnitt – und der Streifen zerlegt sich in seine Bestandteile. Es ist die Lackschicht, die den Tackerstreifen zusammenhält, welche die Preisdifferenz ausmacht. Aber lassen sich die billigen Klammern wirklich nicht verarbeiten? Klar: Einen einfachen Tesastreifen über die Klammerstreifen kleben und so die Klammern am Auseinanderfallen hindern – das geht flott und ist einfach. Schnell ist eine Schachtel voll Klammern mit Tesastreifen beklebt und zerschnitten. Nur das Zerbröseln der Streifen in einzelne Nägel ist etwas mühsamer.

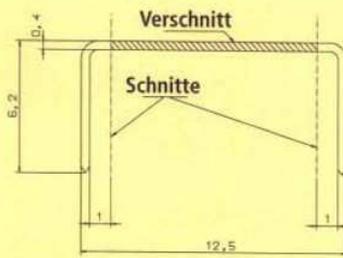
Einfacher und sauberer lässt sich das mit Verdünnung machen. Normalerweise benutze ich Azeton um mit Sekundenkleber zusammengeklebte Bauteile wieder voneinander zu trennen. Ich fülle es in ein leeres, sauberes Marmeladenglas, gebe die Schienennagelstreifen hinein und schraube es zu. Nach einer Einwirkzeit von ungefähr einer Minute wird das Glas heftig geschüttelt. Die meisten Nägel schwimmen jetzt schon als Single durchs Azetonbad. Nach einer weiteren Minute

und erneutem Schütteln fülle ich das Azeton bis zum nächsten Einsatz wieder in die Dose um. Die im Glas verbliebenen Schienennägel kommen auf ein Küchentuch zum Trocknen.

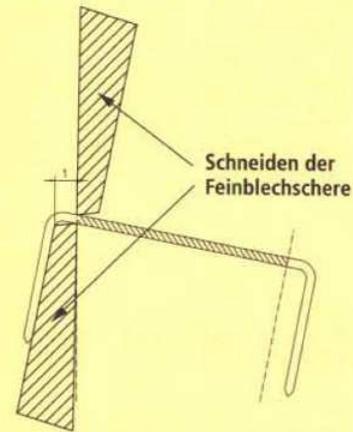
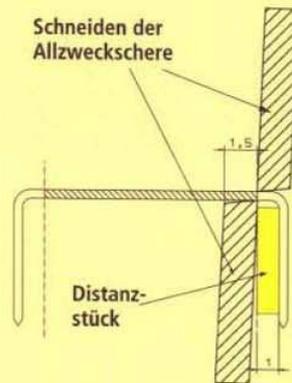
Die trockenen Nägel werden nun direkt neben ein paar gekaufte gelegt. In mir regt sich der Verdacht, dass die auch nicht anders entstanden sind. Außer dem Radius des Hakens sind Form und Maße absolut identisch, nur die selbst gefertigten sind rostfrei, die Tackerklammern sind vollverzinkt. Die konfektionierten Schienennägel sind zudem schwarz brüniert. Diesen Arbeitsgang könnte ich auch noch machen, eine Brünierbeize hätte ich – doch wozu? Mein Gleisbett besteht aus Holz und Pertinaxschwellen und muss ohnehin angemalt werden. Da spielt die Farbe der Nägel keine Rolle. Die Herstellung von 2000 Schienennägeln hat keine halbe Stunde in Anspruch genommen und für Euro 0,26 Material gekostet. Das soll mal einer unterbieten!

Die unterschiedlichen Größen der Tackerklammern führen zu zwei verschiedenen Varianten: Während die großen einen Querschnitt von 0,7 x 0,4 mm aufweisen, verfügen die kleineren über einen Querschnitt von 0,5 x 0,3 mm. Ob sich dieser Unterschied auch später am Gleis bemerkbar macht, muss ich noch herausfinden. Die kleinen Nägel passen jedoch sehr schön zu den Code-40-Gleisen, welche ich in meinen Abstellgleisen verwende.

Wie ich inzwischen erfahren habe, verwendeten andere Gleisselbstbauer sogar billige Allzweckscheren aus dem Baumarkt um ihre Heftklammern zu zerteilen – obwohl die Schneide der Schere mit 1,5 mm Breite ein nicht ganz so komfortables Arbeiten zuließ.



Darstellung einer Klammer mit den beiden notwendigen Schnitten



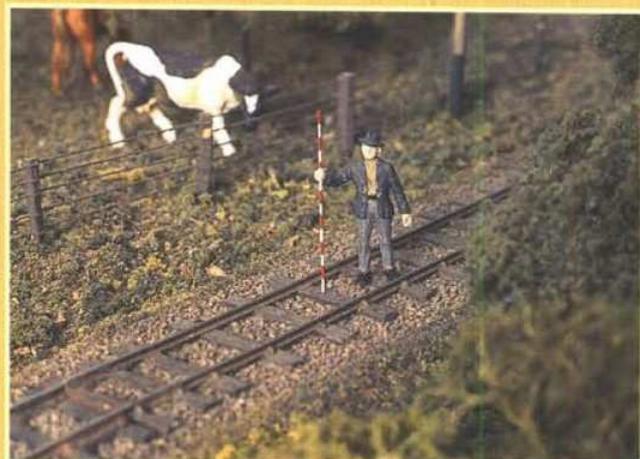
Darstellung des Schnittes mit einer Universalschere (links) und der Feinblechscherer von Fohrmann (rechts).



Das Ergebnis der Versuche: 8000 große und 6000 kleine Schienennägel. Genug für eine ganze Menge Selbstbaugleise – bei verschwindend geringem finanziellem und zeitlichem Aufwand.

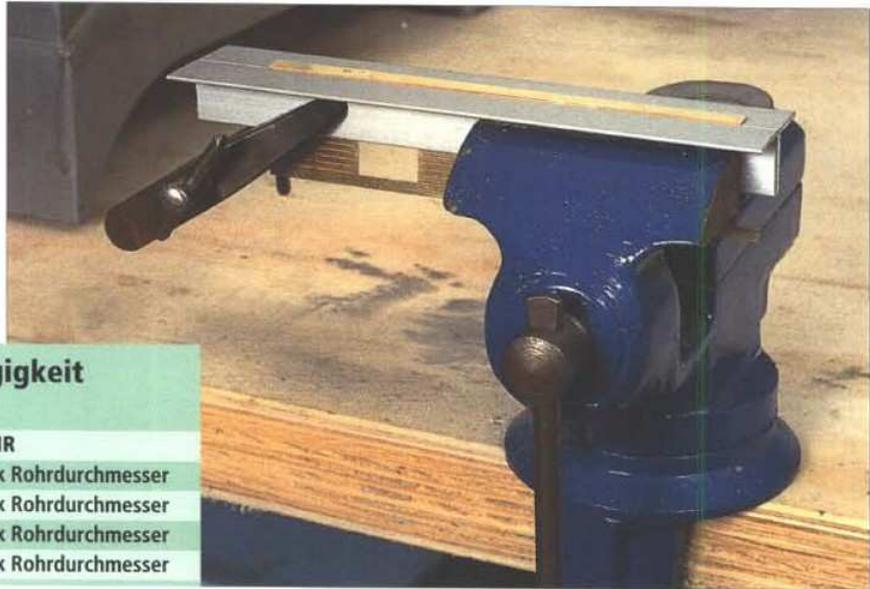


Der „Nietenzähler“ vergleicht die selbst gemachten Nägel (silber, links) mit den gekauften (schwarz, rechts). Der Pfennig symbolisiert die Kosten und dient als Größenvergleich.



Angemalt mit Abtönfarbe, eingeschottert und reichlich befahren sieht man hier das Selbstbaugleis mit den Tackerklammer-Schienennägeln in der Nahaufnahme.

Biegevorrichtung aus Alu-Winkelprofil im Schraubstock



Mindestbiegeradius in Abhängigkeit von Material und Größe

MATERIAL	BLECH ODER PROFIL	ROHR
Stahl	1,0 x Blechdicke	1,5 x Rohrdurchmesser
Aluminium	2,0 x Blechdicke	2,5 x Rohrdurchmesser
Messing	2,5 x Blechdicke	2,0 x Rohrdurchmesser
Kupfer	1,5 x Blechdicke	1,5 x Rohrdurchmesser

Mit Zange und Schraubstock

Biegen von Metallteilen

Schmale Messingblechstreifen, Profile und dünne Rohre lassen sich mit der Zange in Form bringen. Für größere Metallbauteile muss ein Schraubstock herhalten.

Die Zange übernimmt bei kleinen Teilen die Funktion des Schraubstocks und der Biegevorrichtung in einem. Geeignete Zangen mit glatten Backen sind Rund-, Flach-, Spitzzangen. Es gibt aber auch spezielle Zangen zum Biegen von Draht wie Rosenkranz- und Hohlkehlzange.

Bauteile, die für eine Zange zu groß sind, werden mithilfe eines Schraubstocks gebogen. Die Biegekante wird in-

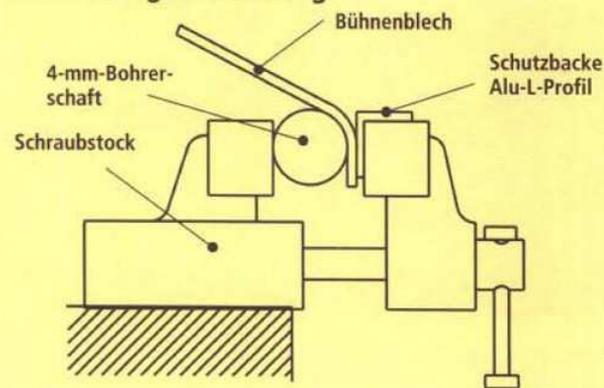
nen auf dem Blech angerissen, außen verwendet man einen weichen Bleistift um einem Einreißen vorzubeugen. Die Biegelinie liegt quer zur Walzlinie des Bleches, erkennbar an den feinen Riefen in der Oberfläche. Eingespannt wird das Blech genau entlang des Anrisses in einem Schraubstock. Da Schraubstöcke geriefte Backen haben und sich dieses Muster beim Biegen unübersehbar in das zu bearbeitende Blech

drückt, muss man für eine glatte Zwischenlage sorgen. Für modellbahnerische Belange sind Abschnitte aus einem Aluminium-Winkel ausreichend.

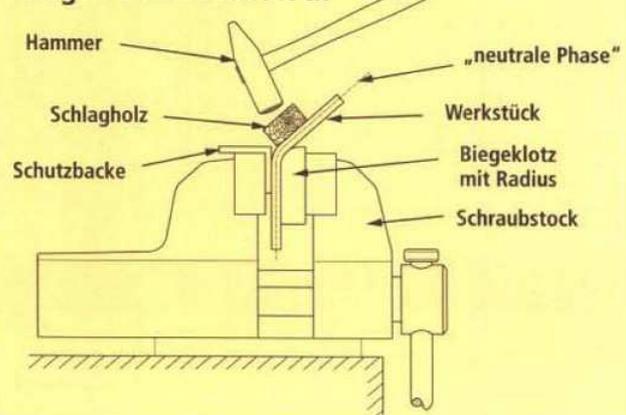
Anschließend wird das Blech auf voller Länge mit einem Holzklötz umgebogen. Ist dies mit der Hand nicht möglich, wird mit einem Hammer auf den Holzklötz, niemals auf das Blech, geschlagen. Sollen die Bauteile nicht scharfkantig, sondern mit einem bestimmten Radius gebogen werden, ist ein dickwandiges Rohr oder eine Welle entsprechenden Durchmessers zu verwenden. Vor dem Ausspannen den erreichten Winkel kontrollieren, denn jedes Blech biegt sich etwas zurück.

Dünnwandige Rohre neigen bei engen Biegeradien zum Knicken. Dies wird durch eine Befüllung mit feinem Sand verhindert. Damit der Sand nicht wieder herausläuft, wird das Rohr an beiden Enden verschlossen. Die Rohre sind vor dem Biegen etwas länger zuzusägen um sie anschließend auf das exakte Maß zuschneiden zu können.

Bühnenbiegevorrichtung



Biegen im Schraubstock





Bohrersätze mit
Stiftenklöbchen und
Handhaltern

Bohren und Gewindeschneiden

Löcher im Metall

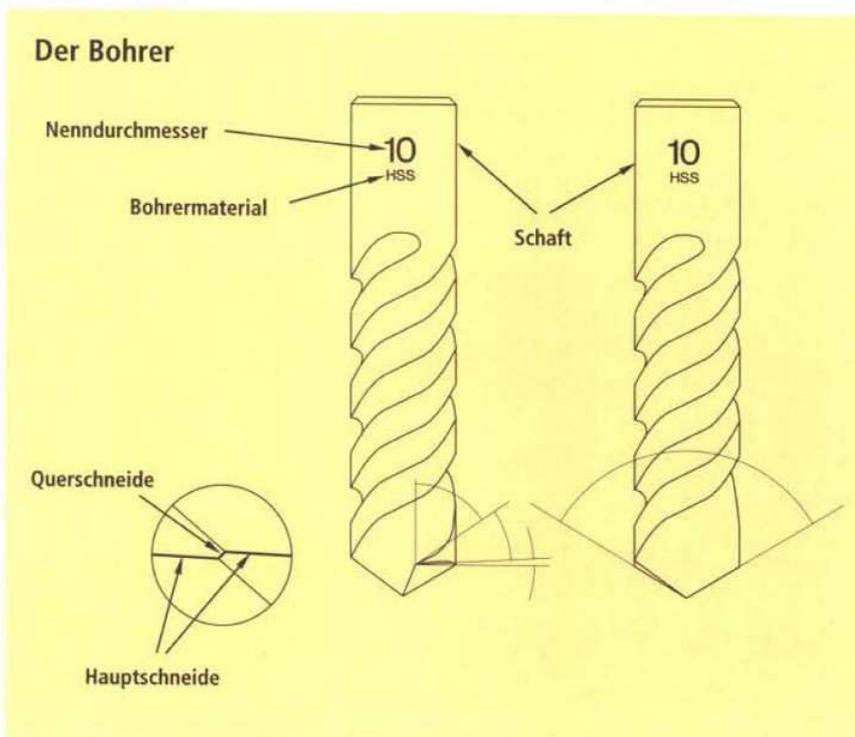
Bohren und Schrauben dürften mit zu den häufigsten Tätigkeiten in der Hobbywerkstatt zählen. Bei der Bearbeitung von Metallen sind jedoch einige besondere Regeln zu beachten. Nur mutige Bastler trauen sich ans Gewindeschneiden – zu Unrecht.

Die Zahl an Bohrern, Bohrmaschinen und notwendigen Vorrichtungen hierfür ist schier unübersichtlich. An dieser Stelle wollen wir uns in erster Linie auf die für die Metallbearbeitung geeigneten Bohrwerkzeuge beschränken. Diese sind in der DIN 338 Spiralbohrer zusammengefasst. Eine erste wichtige Anschaffung ist ein guter HSS-Bohrersatz von 0,5 mm bis 10 mm, in Zehntelmillimeter-Schritten steigend. Wichtig für ein gutes Bohrerergebnis ist die korrekte Drehzahl des Bohrers. Diese richtet sich nach dem zu bohrenden Material und dem Durchmesser des Bohrers. Als Faustformel gilt: Kleiner Bohrer gleich große Drehzahl und festes Material gleich kleine Drehzahl. Grobe Anhaltswerte gibt die Tabelle.

Senker

Der wohl bekannteste Senker ist der 90°-Senker. Er wird zum Entgraten von Bohrungen wie auch zum Versenken von Schraubenköpfen nach DIN 95 oder DIN 97 verwendet. Er ist erhältlich mit einer oder mehreren Schneiden, als Maschinensenker oder Handsenker mit Griff. Darüber sind auch Zapfensenker zum Versenken von Imbusschrauben sehr gebräuchlich. Sie ähneln in der Form einem Fingerfräser mit einem schneidenlosen Zapfen in der Mitte, der den Senker in dem Schaftloch der Schraube führt.

Der Zentrierbohrer ist ein sehr kurzer steifer Bohrer, der zum Vorbohren



Empfohlene Drehzahlen in Abhängigkeit von Material und Bohrdurchmesser

MATERIAL	BOHRDURCHMESSER IN MILLIMETER														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Stahl	4500	2200	1500	1100	900	740	630	550	500	450	400	370	340	320	300
Grauguss	2900	1400	950	710	570	470	410	360	320	290	260	240	220	200	190
Messing	11000	5600	3700	2800	2200	1800	1600	1400	1200	1100	1000	900	850	800	740
Kupfer	13000	6300	4200	3200	2500	2100	1800	1600	1400	1300	1100	1000	980	900	850
Aluminium	12000	5900	4000	3000	2300	2000	1700	1500	1300	1200	1100	980	900	840	780
Thermoplast	3500	1700	1200	870	700	580	500	440	390	350	320	290	270	250	233
Hartpapier	5100	2500	1700	1300	1000	850	730	640	570	510	460	420	400	360	340
Glas	3800	1900	1300	950	760	630	540	480	420	380	350	320	300	270	250

UMDREHUNGEN DES BOHRERS PRO MINUTE

Tipps fürs Bohren in Metall

- Das Werkstück zum Bohren immer einspannen, niemals ein Werkstück in der Hand halten und durchbohren.
- Beim Bohren von Werkstücken aus Metall entwickelt sich eine enorme Wärme, daher ein geeignetes Kühlschmiermittel oder Schneidöl verwenden.
- Größere Durchmesser immer mit einem kleineren Bohrer vorbohren.
- Bei Entstehung von langen Fließspänen die Bohrer kurz aus der Bohrung herausziehen, ansonsten besteht Verletzungsgefahr an den scharfen Spänen.
- Dünne Bleche bohrt man am besten zwischen zwei Holzplatten.
- Größere Löcher in Blechen entstehen mit sogenannten Schälbohrern.
- Wenn der Bohrer rattert, so ist er stumpf oder die Drehzahl zu hoch.
- Niemals verbogene Bohrer verwenden.
- Aluminium mit Spiritus oder Petroleum kühlen.
- Werkstücke vorher kornen oder Zentrierbohrer verwenden.
- Bohrungen im Glas mit viel Wasser kühlen und mit äußerst wenig Druck arbeiten.
- Gewindeschneider senkrecht aufsetzen und nach jeder Umdrehung eine halbe Umdrehung zurückdrehen um den entstandenen Span zu brechen.
- Zum Gewindeschneiden Schneidöl benutzen.

benutzt wird und damit das Ankörnen überflüssig macht. Er hat an beiden Seiten einen Anschlag mit einem kurzen Bohrer, an den sich ein 60°-Senker anschließt. Für alle Senker gilt: Nur mit kleinstmöglicher Drehzahl und geringem Vorschub arbeiten.

Bohrmaschinen

Eine Handbohrmaschine mit Pistolengriff ist vermutlich in fast jedem Haushalt vorhanden. Im Modellbau haben sich auch handgeführte 12-V-Kleinbohrmaschinen durchgesetzt. Steigen aber die Anforderungen an die Genauigkeit und Rechtwinkligkeit der Bohrungen, ist man mit ihnen schnell am Ende der Möglichkeiten angelangt. Eine gute und preiswerte Alternative ist die Ständerbohrmaschine. Sie ist in Aufbau und Konstruktion jedem noch so guten Bohrständler für Handbohrmaschinen überlegen. Schon die Laufruhe des Induktionsmotors und die stabilere Lagerung der Bohrspindel mit der damit verbundenen Rundlaufgenauigkeit sind

mit einem Bohrständler nicht machbar. Nicht sparen sollte man an dem Maschinenschraubstock.

Schrauben

Wann immer zwei Bauteile lösbar miteinander verbunden werden sollen, kommen Schrauben zum Einsatz. Dies gilt ganz besonders für die Metallbearbeitung. Die für den Modellbau interessanten Gewinde sind die metrischen ISO-Regelgewinde, erkennbar am Buchstaben „M“ und nachfolgend dem Außendurchmesser in mm. Für einige Spezialanwendungen werden Feingewinde verwendet, deren Steigung kleiner ist als bei den Regelgewinden.

Die Steigung ist ein Maß für die Einschraubtiefe je Schraubenumdrehung. Eine M6-Schraube hat als Regelgewinde 1 mm Steigung, als Feingewinde 0,75 mm. Diese Steigung wird als Zu-

Gewindebohrer und Außengewindeschneider mit Windeisen



satz hinter die Gewindebezeichnung gesetzt, also M6x0,75 beim Feingewinde.

Ist das Gewinde noch recht einfach zu unterteilen, so wird es bei den Schrauben schon aufwändiger. Hierbei werden verschiedene Schraubköpfe und Antriebe sowie Längen, Festigkeiten und Material unterschieden. Für uns Modellbauer reicht aber schon ein kleiner Teil hiervon völlig aus:

- Sechskantschraube nach DIN 931, 933
- Zylinderschrauben mit Schlitz DIN 84
- Senkschrauben mit Schlitz oder Kreuzschlitz DIN 963 u. 965
- Zylinderschrauben mit Innensechskant DIN 912
- Gewindestifte DIN 417, 438, 551, 913, 914, 916, 916

Auch bei den Muttern und Scheiben reichen uns die Standardtypen leicht aus:

- Scheiben DIN 125 (Form A ohne Fase, Form B mit Fase)
- Sechskantmutter DIN 555
- Flache Sechskantmutter DIN 439

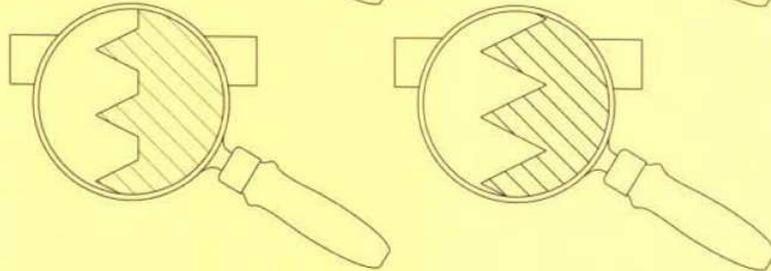
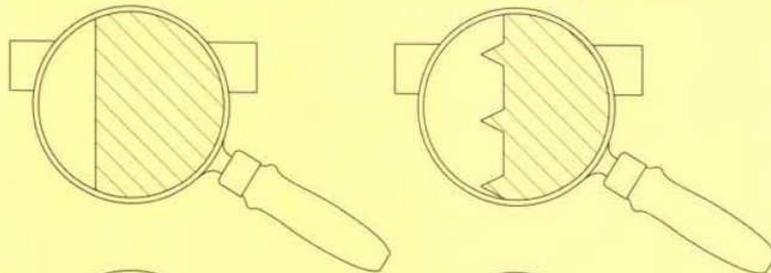
Gewindeschneiden

Der Gewindebohrer ist der einzige Bohrer im Hobbybereich, der rein manuell betrieben wird. Zum Schneiden eines Gewindes wird neben dem Gewindebohrer auch noch ein spezieller Halter benötigt, das Windeisen. Um in ein Werkstück ein Gewinde schneiden zu können, ist erst mal ein Loch mit dem Kerndurchmesser des Gewindes notwendig. Für metrische Gewinde errechnet sich der Kerndurchmesser, indem man den Nenndurchmesser des Gewindes mit 0,8 multipliziert (siehe Tabelle).

Gewindeschneiden mit dreiteiligem Gewindeschneidsatz

Vorbohren mit 0,8 x Nenndurchmesser

Vorschneider (1 Ring am Schaft)

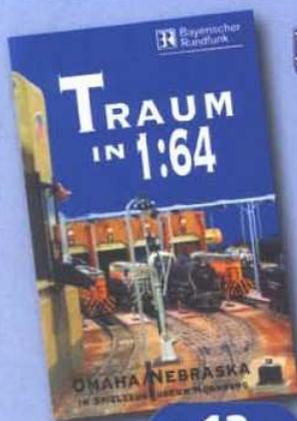


Zweiter Vorschneider (2 Ringe am Schaft)

Fertigschneider (kein Ring am Schaft)

Nenn- und Kerndurchmesser beim Gewindeschneiden

NENNDURCHMESSER	KERNDURCHMESSER	STEIGUNG (MM/UMDREHUNG)
M1	0,8 mm	0,25
M1,2	1 mm	0,25
M1,6	1,3 mm	0,35
M2	1,6 mm	0,4
M2,5	2 mm	0,45
M3	2,4 mm	0,5
M3,5	2,8 mm	0,6
M4	3,2 mm	0,7
M5	4 mm	0,8
M6	4,8 mm	1,0
M8	6,4 mm	1,25
M10	8 mm	1,5
M12	9,6 mm	1,75



€ 12,-

US-Delikatessen -

jetzt wieder lieferbar!

VIDEO

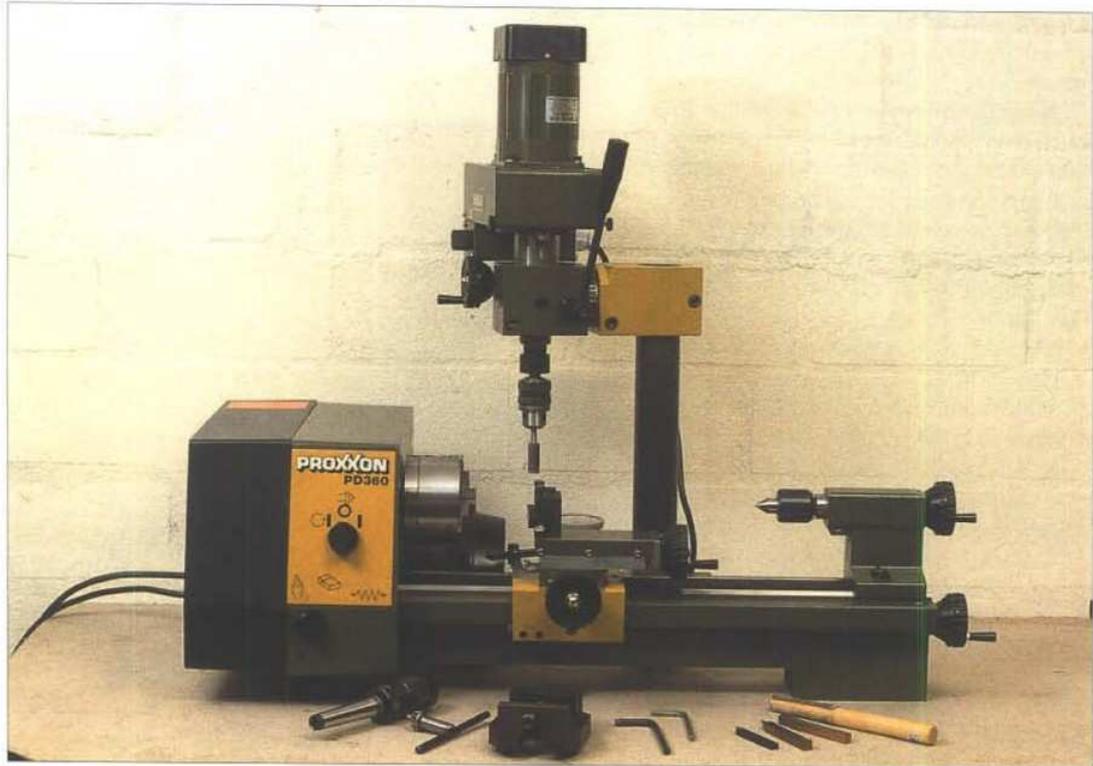
Zwischen 1950 und 1974 schuf der Nürnberger Geologe Dr. Wolfram Bismarck eine unglaublich detaillierte 30 qm große Modellbahnanlage des amerikanischen Eisenbahnknotenpunkts Omaha in Nebraska in der Baugröße S (1:64). Alle Gebäude, 300 Figuren, 37 Lokomotiven und 89 Güterwagen, selbst die über 12 000 Schwellen der 172 m langen Gleisanlage mit zahlreichen Weichen wurden ausschließlich von Hand gefertigt (Anlagenbericht in MIBA 8/94). Auf Anregung des Nürnberger Spielzeugmuseums, wo dieses Meisterwerk bestaunt werden kann, schuf der Filmemacher Ernst Gortner zusammen mit dem BR eine Dokumentation der Extraklasse. Hochmodern durch spezielle Aufnahmetechnik, unterstützt durch Speziallinsen und fernsteuerbare Spiegel, genießen Sie die Welt der Modellbahn in Augenhöhe. Nominiert für den Deutschen Kamerapreis in der Kategorie „Dokumentation“. Laufzeit ca. 20 Minuten.

Best.-Nr. 152 87196

Erhältlich im Fachhandel oder direkt beim MIBA-Bestellservice, Am Fohlenhof 9a, 82256 Fürstenfeldbruck, Tel. 0 81 41/5 34 81 34, Fax 0 81 41/5 34 81 33, E-Mail bestellung@miba.de

MIBA
DIE EISENBahn IM MODELL
www.miba.de

Hervorragend für den Einsatz in der Modellbahnwerkstatt geeignet ist diese Drehmaschine mit Fräsaufsatz von Proxxon.



Für die Hobbywerkstatt unverzichtbar

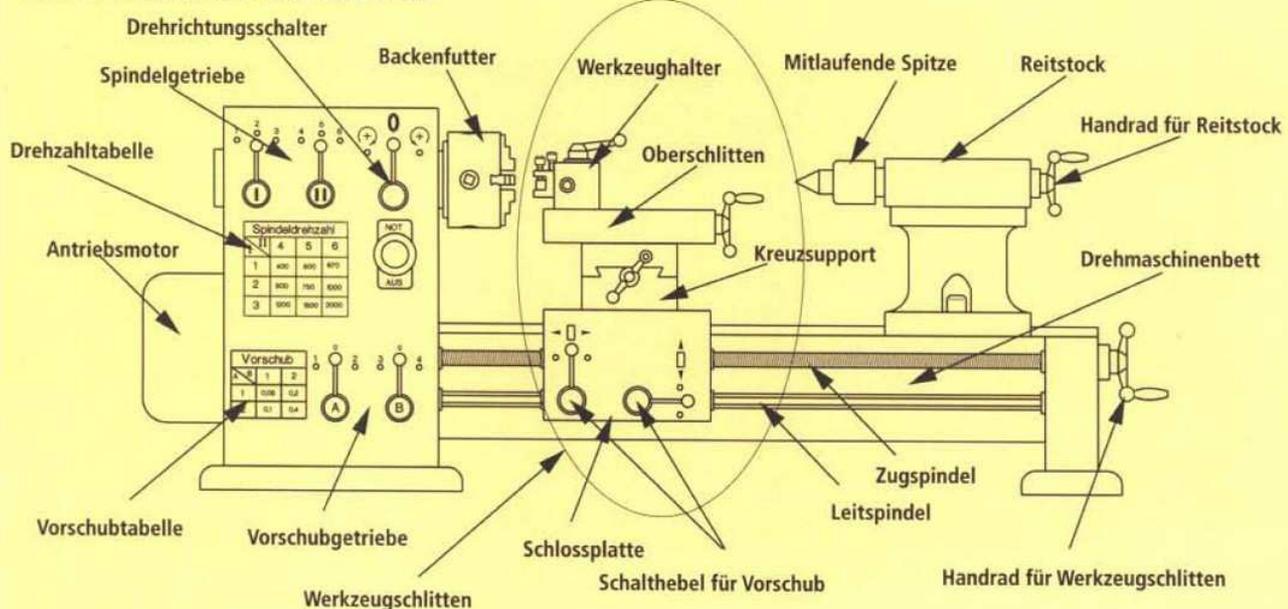
Die Drehmaschine

Die von den Älteren unter uns auch als „Drehbank“ – der Begriff „Bank“ kommt noch aus der Schreinerzunft – bezeichnete Maschine ist eines der universellsten Werkzeuge überhaupt. Für ambitionierte Modellbauer wird eine gute Drehmaschine schon bald unverzichtbar sein.

Hier gilt eine alte Gourmet-Weisheit: Der Appetit kommt beim Essen. Sprich: Je länger man dreht, umso mehr unterschiedliche Zurüstteile und Dreh-Stähle werden sich im Laufe der Zeit ansammeln. Vieles davon wird auf der eigenen Drehmaschine entstanden sein.

Die Qualität einer Drehmaschine hängt von den Lagern und Führungen ab. Wichtigstes Teil ist die Führung der Spindel und des Werkzeugschlittens. Vorwiegend aus Grauguss bestehend,

Die Drehmaschine und ihre Teile

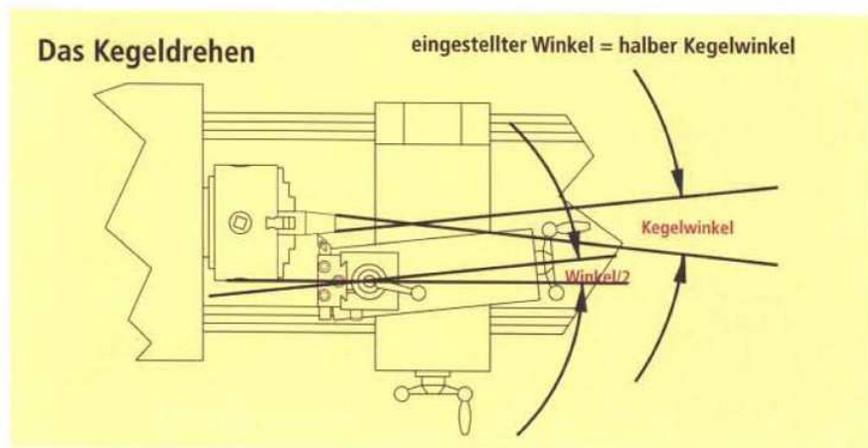


trägt deren Fertigungsgüte und die Stabilität ganz wesentlich zum Drehergebnis bei.

Die auf dem Bett fest montierte Lagereinheit besteht aus hochwertigen und nachstellbaren Lagern für die Aufnahmespindel sowie der gesamten Antriebseinheit inklusive Zahnradvorgelege für den automatischen Vorschub des Werkzeugschlittens bzw. die Gewindefräseleinrichtung.

Die Arbeitsspindeln für den Kreuzsupport und den Querschlitzen (Oberschlitten) sind nicht minder wichtig, da auf ihnen die Spanneinrichtung für die verschiedenen Werkstücke montiert werden. Während des Betriebs werden sie hoch belastet und sind ständig im Einsatz. Daher sollten sie als Trapezgewinde ausgeführt sein, das weniger Verschleiß und Reibung bei hoher Belastbarkeit gewährleistet. Gegen Schmutz und Beschädigung sollten die Arbeitsspindeln verkleidet sein.

Wer unbedingt auf präzise und kleine Gewinde angewiesen ist, benötigt einen Rädersatz für verschiedene Steigungsmöglichkeiten. In der Regel kommt man mit dem metrischen DIN-Bereich von 0,2 bis 3,0 mm/Umdrehung aus. Wichtig für das Gewindefräsen ist auch eine schnelle und exakte Motorumkehrung sowie eine möglichst niedrige Spindeldrehzahl von



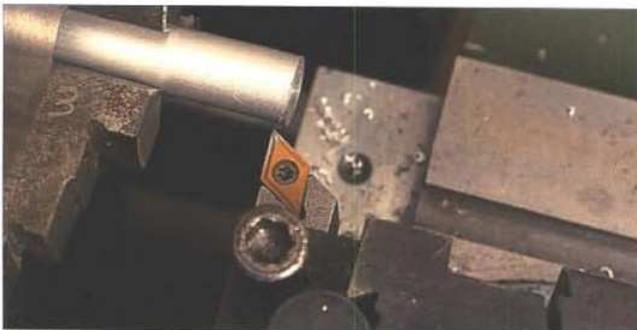
unter 100 Umdrehungen pro Minute. Die wichtigste Spannvorrichtung ist das Dreibackenfutter, das in etwa wie ein Bohrfutter funktioniert. Hiermit werden die Werkstücke schnell und zentrisch gespannt. Durch das Umdrehen der Spannbacken wird der Spannbereich erweitert.

Das Vierbackenfutter dient der Aufnahme viereckiger oder unrunder Werkstücke. Teilweise lassen sich die vier Backen einzeln verstellen, wodurch aber keine automatische Zentrierung mehr gegeben ist. Planscheiben dienen dem Aufspannen großer, unregelmäßig geformter Teile, die mit Spannpratzen befestigt werden. Die Drehzahl muss dann wegen der Unwucht sehr klein ge-

wählt werden. Die höchste Präzision wird mit einer Spannangenvorrichtung erreicht, die direkt auf bzw. in die Spindel montiert wird.

Auf dem Werkzeugschlitten, der auf dem mit Prismen versehenen Bett verfahrbar geführt ist, wird der Kreuzsupport montiert, auf dem wiederum der Drehstahl befestigt wird. Die um 90 Grad versetzte Anordnung der Zustellschlitten (daher die Bezeichnung Kreuzsupport) ermöglicht das Drehen von Kegeln, da der obere Schlitten auf die erforderliche Winkellage eingestellt werden kann.

In gleicher Zentrumshöhe wie die Spindel befindet sich rechtsseitig eine auf dem Bett verschiebbare und



Die eingespannte Aluminiumwelle wird angekratzt.



Die Welle wird im Radius um 0,5 mm abgedreht (längsgedreht), der Durchmesser also 1 mm kleiner.



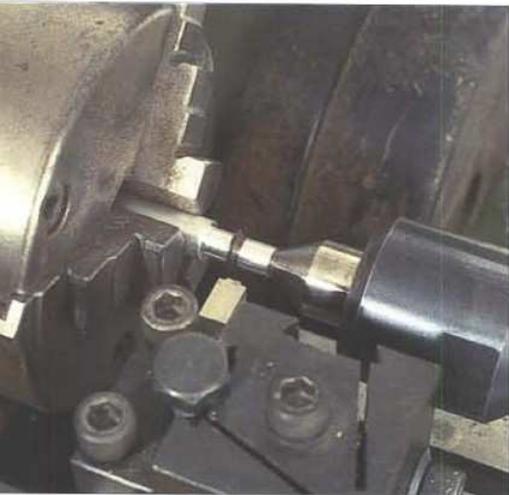
Der eingespannte Zentrierbohrer bohrt nur den Einstich für den Bohrer.



Eingesetzt werden ganz normale Spiralbohrer. Für Sacklöcher mit ebenem Grund können auch Fräser verwendet werden. Das Bohren erfolgt mit ganz wenig Vorschub.



Zum Abdrehen von Rädern wird der RP-25-Formstahl eingespannt, im Dreibackenfutter ist bereits das Klemmstück gespannt.



Mit der mitlaufenden Spitze im Reitstock wird das Rad zentrisch zwischen Druckstück und Mitnehmer geklemmt.



Mit dem Formdrehstahl wird der Spurkranz erst an der Lauffläche, dann an der Radrückseite abgedreht.

Die Drehmaschine: Kenndaten-Katalog

Was ist beim Kauf einer Drehmaschine zu beachten? Die wichtigsten Kriterien enthält diese Aufstellung. Da die Anschaffung einer Drehmaschine vermutlich nur einmal im Modellbahnerdasein erfolgt, sollte man sich die Entscheidung nicht leicht machen.

- Das **Maschinengewicht** ist ein wesentliches Merkmal, denn je schwerer die Maschine ist, desto höher sind Standfestigkeit, Stabilität und vor allem Vibrationsfreiheit. Genaue muss die Maschine aber deswegen nicht unbedingt arbeiten. Die Konstruktion sollte gut verrippt sein und gehärtete und geschliffene Führungen aufweisen.

- Die **Spitzenlänge** entscheidet über die maximale Einspannlänge einer Welle zwischen den beiden Körnerspitzen, es ist also abzüglich der Länge des Dreibackenfutters die maximale mögliche Bearbeitungslänge.

- Die **Spitzenhöhe**, der Abstand zwischen Drehmitte und Unterkante Maschinenbett, gibt Aufschluss über den maximalen Werkstück-Drehdurchmesser. Auch die Angabe, wie groß der Durchmesser „über Support“ ist, bestimmt in der Regel den maximal zu drehenden Durchmesser.

- Die beste und teuerste **Schlittenführung** ist aus Stahl geschliffen und gehärtet. Die Bettqualität lässt sich schwer beurteilen, einen Hinweis liefert hier das Gewicht der Drehmaschine. Gute Drehbänke führen beweglichen Schlitten in nachstellbaren Schwalbenschwanz-Führungen.

- Ohne **Drehfutter** ist die Drehma-

schine praktisch wertlos. Dank Umkehr- oder Wechselbacken lassen sich auf kleinen Drehmaschinen auch durchaus Werkstücke weit über 80 mm Durchmesser einspannen. Wichtige Angaben für Drei- und Vierbackenfutter sind der Innenspannbereich und der Außenspannbereich. Der Innenbereich lässt die sicherste Spannung im freien Spannen zu, also ohne Spitzen- oder Lünettenunterstützung.

- Die **Werkzeugaufnahme** auf dem Support (oder auch „Querschlitzen“) muss unbedingt aus Stahl sein, ansonsten würde sie bei häufigen Werkzeugwechseln schnell verschleifen.

- Für ein vernünftiges Arbeiten ist ein leiser und antriebsstarker **Antrieb** der Drehmaschine wichtig. Die Leistung sollte zwischen 300 und 500 Watt betragen. Hierbei ist dem Kondensatormotor unbedingt Vorrang vor dem Kollektormotor (Universalmotor) einzuräumen.

- Auch bei der **Drehzahl** sind eine sechsfache Stufung und ein Drehzahlbereich von 200 bis 3000 Umdrehungen pro Minute sinnvoll. Für maschinelles Gewindeschneiden sollte sich die Drehzahl auf 70 bis 80 Umdrehungen pro Minute reduzieren lassen (siehe Tabelle „Materialien und Drehzahlen“).

- **Zubehör** sollte passend nachkaufbar sein: Spannzangeneinrichtung, Vierbackenfutter für unregelmäßige Teile, Steh- und Mitlauflunette, Planscheibe, Frätsch, Maschinenschraubstock, Feinvorschub – um nur einige zu nennen.



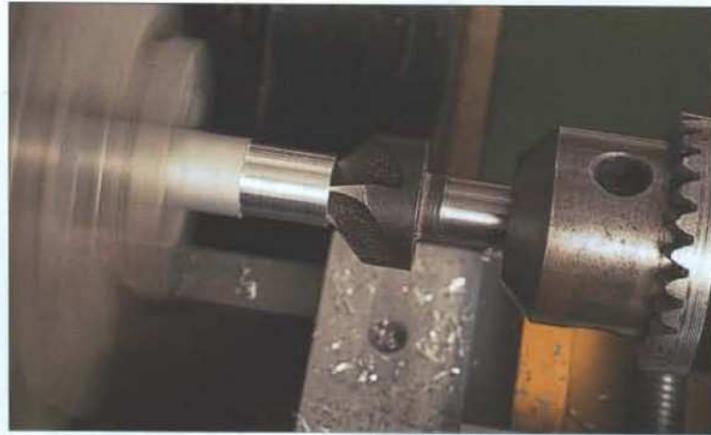
Die linken beiden Räder haben noch NEM-Profil, die beiden rechten entsprechen dem RP-25-Profil – jeweils eines poliert und das andere schwarzvernickelt (H0e-Radsätze).



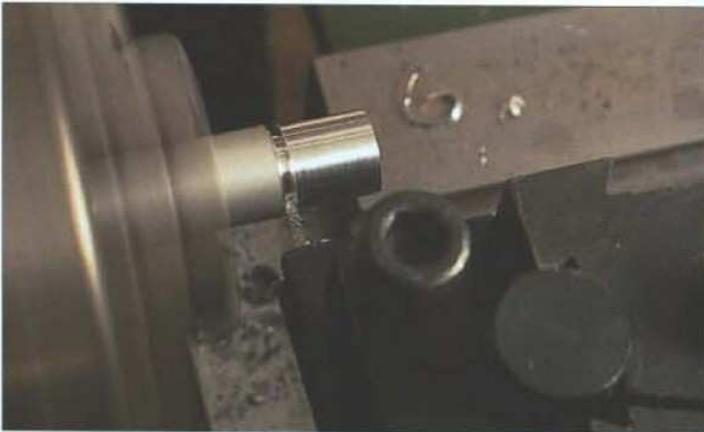
Die Spannvorrichtung fürs Räderabdrehen: links der Mitnehmer, rechts das Druckstück.



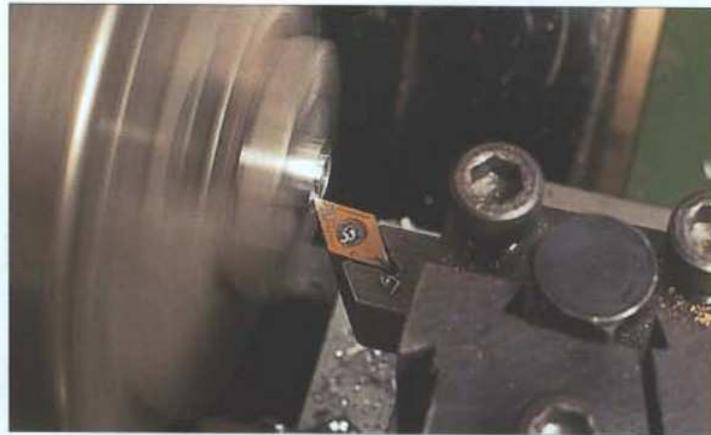
Exakte Innendurchmesser lassen sich nur durch Ausdrehen mit einem Innendrehmeißel bewerkstelligen.



Zum Entgraten kommt ein 90°-Senker zum Einsatz. Beim Arbeiten mit dem Senker muss man sehr vorsichtig zustellen und die geringste Drehzahl wählen, sonst gibt es Rattermarken.



Zum Abtrennen von Drehteilen benutzt man einen Abstechstahl, wobei man nur die geringste Drehzahl und viel Kühlschmiermittel (Bohremulsion) einsetzen sollte.



Das stirnseitige Bearbeiten nennt der Fachmann „Planen“ oder „Plandrehen“. Nach innen sollte der Vorschub immer langsamer werden, da mit dem Radius auch die Schnittgeschwindigkeit abnimmt.

klemmbare Aufnahme, der Reitstock. Er sollte möglichst breit und satt aufliegen und auch solide arretierbar sein sowie eine DIN-gerechte Innenkegel-Aufnahme aufweisen. Der Reitstock ist für ein Bohrfutter vorgesehen oder für einen Drehspitzeneinsatz, der in mitlaufender Ausführung auch „mitlaufende Spitze“ genannt wird. Sie wird beim Drehen längerer Wellen als sicherer Gegenhalt benutzt.

Zum Drehen brauchen wir natürlich auch Drehstähle. Am besten geeignet sind Wendeplatten- und Hartmetall-

drehstähle. Aber auch HSS-Schneidstoffe oder HSS-Rohlinge sind sehr zu empfehlen. Da man sich diese selbst anschleifen kann, sind sie für Formdrehstähle gut geeignet.

Sicherheit und Unfallschutz

Die größte Gefahren geht beim Drehen von dem rotierenden Spannfutter auf der Hauptspindel und dem darin eingespannten Werkstück aus. Man sollte daher versuchen immer seitlich versetzt vom Futter zu stehen um von ei-

nem gelösten Werkstück nicht getroffen zu werden. Lose oder herabhängende Kleidungsstücke oder Schmuck werden schnell vom rotierenden Futter erfasst. Eine Drehmaschine bleibt deshalb nicht stehen ... Eine häufige Unfallursache ist ein durch Unachtsamkeit im Futter stecken gelassener Spannschlüssel. Beim Einschalten der Maschine fliegt dieser dann in hohem Bogen durch die Werkstatt. Man sollte sich daher von Anfang an daran gewöhnen, den Spannschlüssel niemals im Futter stecken zu lassen!

Materialien und Drehzahlen

MATERIALSTÄRKE IN MM

	2	4	6	8	10	12	15	20	30	50	80	100	150
Stahl	2200	1100	740	550	450	370	300	220	150	90	60	50	30
Grauguss	1400	710	470	360	290	240	190	140	100	60	40	30	20
Messing	5600	2800	1800	1400	1100	900	740	560	370	220	140	110	70
Kupfer	6300	3200	2100	1600	1300	1000	850	640	430	260	160	130	90
Aluminium	5900	3000	2000	1500	1200	980	780	590	390	240	150	120	80
Thermoplast	1700	870	580	440	350	290	233	180	120	70	50	40	30
Hartpapier	2500	1300	850	640	510	420	340	260	170	100	70	50	30

UMDREHUNGEN ARBEITSSPINDEL PRO MINUTE

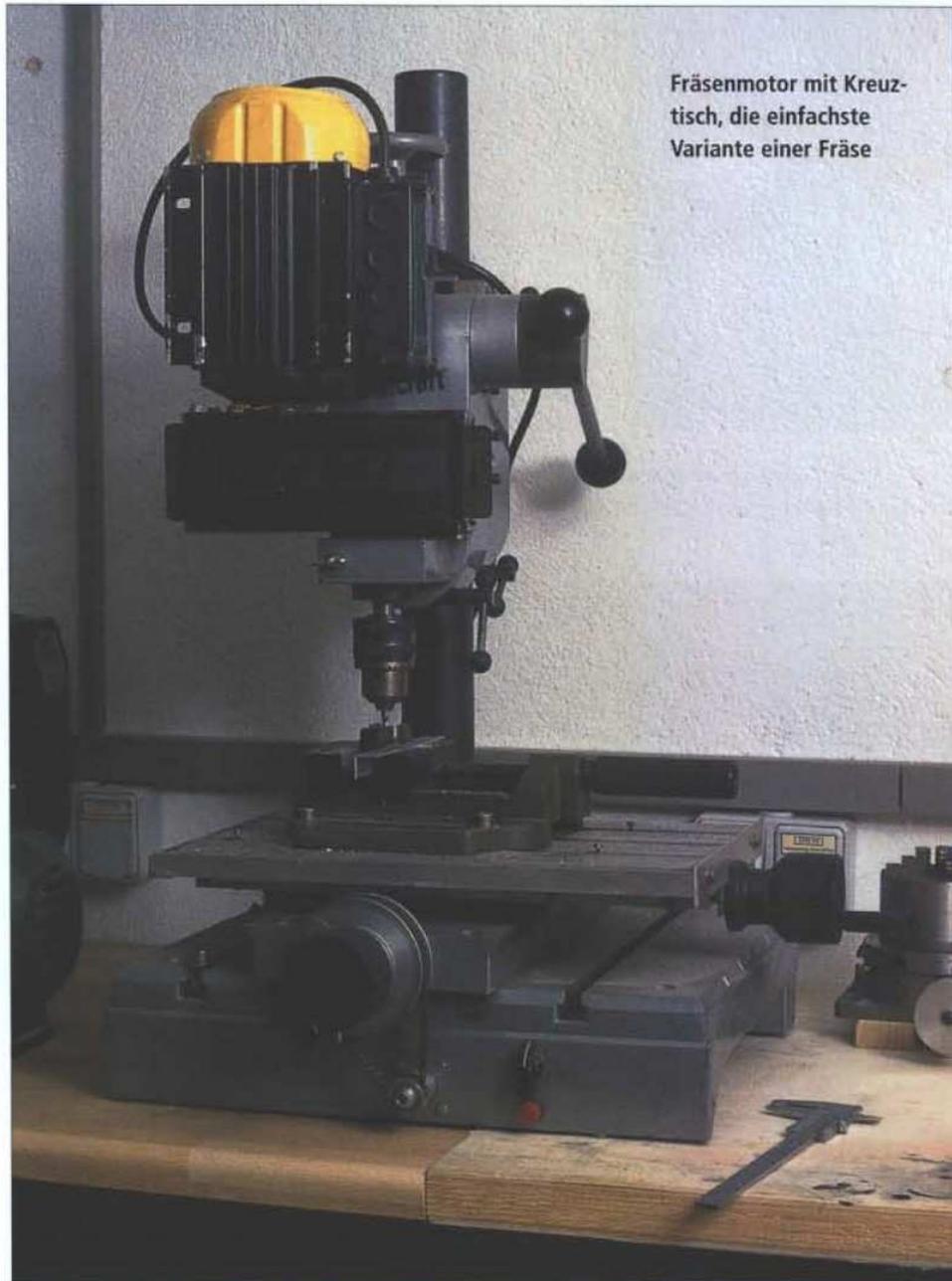
Eine Universalfräsmaschine ist in der Hobbywerkstatt die ideale Ergänzung zur Drehmaschine. Die häufigste Spannvorrichtung auf dem Frästisch ist der Schraubstock. Hierbei sollte auf eine möglichst parallele Bewegung der Backen und eine Spiel- und Wackelfreiheit der bewegten Backe geachtet werden.

Für das Bearbeiten runder Werkstücke oder zur rotationssymmetrischen Bearbeitung (z.B. Zahnräder, Bohrungen im Zylinderdeckel) wird ein Teilkopf benötigt. Sein runder Arbeitstisch wird mit Hilfe eines Schneckengetriebes über ein Handrad exakt verdreht.

Darüber hinaus gibt es noch Spannpratzen für die Aufnahme sehr großer oder ungleichförmiger Werkstücke. Diese sind in unterschiedlicher Größe und Ausführung erhältlich. Kleinere Ausführungen lassen sich mithilfe der Fräse und einer Gewindestange leicht selber herstellen.

Man unterscheidet Gleich- und Gegenlaufräsen, je nachdem ob der Vorschub in oder gegen die Schnittrichtung des Fräasers erfolgt. Die im Hobbybereich anzutreffenden Fräsen dürften in der Regel nicht für das Gleichlaufräsen geeignet sein. Hierfür sind spezielle, teure Vorschubspindeln erforderlich.

Ein massiver Maschinenschraubstock – ohne den geht nix!



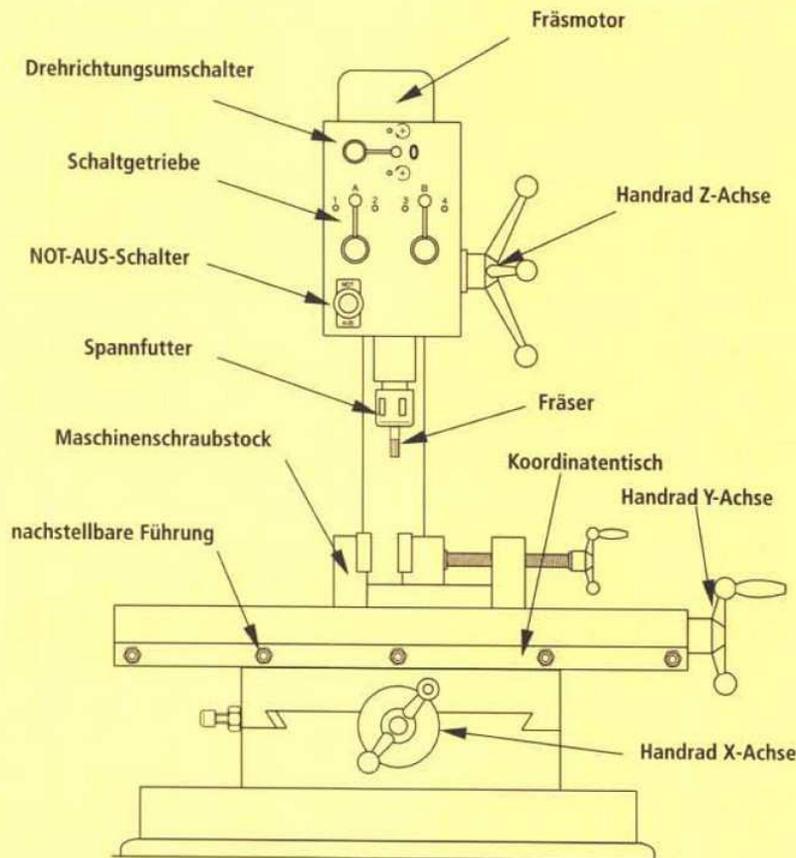
Fräsenmotor mit Kreuztisch, die einfachste Variante einer Fräse

Die Fräsmaschine

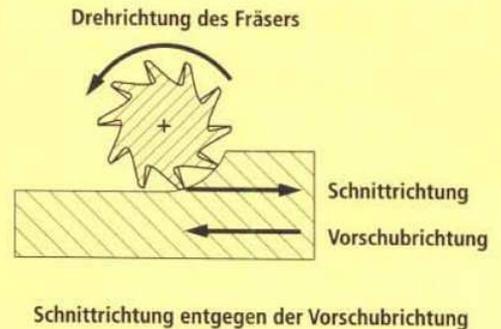
Im Gegensatz zur Drehmaschine rotiert bei der Fräsmaschine das Werkzeug, während das Werkstück in meist linearer Bewegung daran entlanggeführt wird. Die mit der Fräse gefertigten Werkstücke werden also in der Regel quaderförmig sein oder präzise Bohrbilder aufweisen.



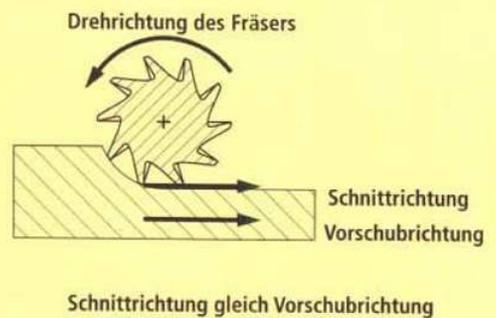
Die Fräsmaschine



Gegenlaufräsen



Gleichlaufräsen



Fräswerkzeuge

Für den Modellbau am geeignetsten sind die sog. Fingerfräser. Diese kleinen Walzenstirnfräser, mit denen am Fräserumfang wie auch an der Stirnseite gearbeitet werden kann, sind besonders gut geeignet. Es sind auch kleinere Durchmesser, Scheibenfräser und sogar Planköpfe erhältlich, deren Anschaffung aber nur sinnvoll ist, wenn auch die Fräsmaschine von der Stabi-

lität und Leistung ein solches Werkzeug verkraftet.

Sicherheit und Unfallschutz

Die größte Gefahr geht beim Fräsen von dem schnell rotierenden Fräser im Spannfutter aus. Man sollte daher beim Fräsen immer eine Schutzhaube verwenden um von Spänen oder einem gelösten Werkstück nicht getroffen zu werden. Lose oder herabhängende

Kleidungsstücke oder Schmuck werden schnell vom rotierenden Fräser erfasst. Ein Fräser ist äußerst scharf und verursacht üble Schnittwunden, selbst ein nur 2 mm großer Fräser. Bei der Verwendung eines Bohrfutters kann ein versehentlich im Futter stecken gelassener Spannschlüssel beim Einschalten der Maschine durch die Werkstatt kaputt gemacht werden – daher sollte man sich angewöhnen, den Spannschlüssel niemals im Futter stecken zu lassen.

Fräser und Materialien

FRÄSERDURCHM. IN MM	SCHAFTFRÄSER (FINGERFRÄSER)										AUSSPINDELKOPF				
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	30	40	60
Stahl	2200	1500	1100	900	740	630	550	500	450	370	300	220	150	110	70
Grauguss	1400	950	710	570	470	410	360	320	290	240	190	140	100	70	50
Messing	5600	3700	2800	2200	1800	1600	1400	1200	1100	900	740	560	370	280	180
Kupfer	6300	4200	3200	2500	2100	1800	1600	1400	1300	1000	850	640	430	320	210
Aluminium	5900	4000	3000	2300	2000	1700	1500	1300	1200	980	780	590	390	300	200
Thermoplast	1700	1200	870	700	580	500	440	390	350	290	233	180	120	90	60
Hartpapier	2500	1700	1300	1000	850	730	640	570	510	420	340	260	170	130	80

UMDREHUNGEN DES FRÄSERS PRO MINUTE

LötKolben und
Lötstation für
Weichlot sowie ein
Gasbrenner für
Weich- und Hartlot



Wenn Metallteile verbunden werden

Weich- und Hartlötten

Die haltbarsten Verbindungen für Bauteile aus Metall untereinander entstehen durch Weich- und Hartlötten. Es lassen sich allerdings nicht alle Werkstoffe verlöten und die Handhabung von Lot und Lötgerät ist etwas komplizierter als beim Kleben.

Weichlötten lassen sich alle NE-Metalle und Stähle, mit Ausnahme von Aluminium. Für Aluminium sind teure Speziallote erhältlich, deren Verarbeitung nicht einfach ist. Auch die spätere Lötstelle ist weit weniger belastbar. Zum Lötten werden LötKolben oder Flammlötgerät, Lot und Flussmittel benötigt.

Weichlötten

Weichlötten bedeutet nicht nur, dass das dafür erforderliche Lötzinn weich ist, sondern auch, dass die Löttemperaturen die nur zwischen 180 °C und 450 °C liegen. Die Komplettausstattung einer Modellbauwerkstatt besteht aus:

- Flammlötgerät
- LötKolben mit gut 80 W Leistung für größere Arbeiten
- Lötgriffel mit ca. 30 W Leistung für feinere Arbeiten und Elektronik

- Lötzinn (Durchmesser 1-2 mm) mit eingebettetem Flussmittel
- Lötpaste für feine Lötstellen
- Löt fett für größere Verbindungen
- hitzebeständige Löt-Unterlage

Unbedingt achten sollte man auf eine speziell beschichtete, auswechselbare Lötspitze. Lötspitzen aus Kupfer neigen zum Verzundern und nehmen dann kein Lot an, wodurch man schnell die Lust am Lötten verliert. Eine hitzebeständige Lötunterlage (zum Beispiel jene von Fohrmann) ist ebenfalls äußerst hilfreich. Zangen, Klammern, Feilen, Stecknadeln und ähnliche Werkzeuge dienen der Fixierung der Bauteile beim Lötten. Zum Reinigen dienen kleine Drahtbürsten und Stahlwolle sowie Schmirgelleinen für grobe Arbeiten.

Die sorgfältige Vorbereitung der Verbindungsstellen und das geeignete Lot, aber auch die richtige Größe des Löt-

kolbens sind entscheidend für die Haltbarkeit der Lötverbindung. Jedes Metall oxidiert unter Luft- und Wärmeeinwirkung. Vor jedem Lötvorgang muss die harte Oxidschicht an den Oberflächen mit einer Stahlbürste oder dem Roco-Rubber so lange behandelt werden, bis sie metallisch blank ist. Andere Verschmutzungen wie Öl, Fett oder auch nur Fingerabdrücke sind mit Spiritus oder Azeton zu entfernen.

Bei elektronischen Bauteilen sollte als Flussmittel nur Kolophonium eingesetzt werden. Fittingslotpasten oder Lötwasser enthalten Säuren, welche die elektronischen Bauteile und sogar die Leiterbahnen beschädigen können. Bei Blechen mit größeren zu verlötenden Flächen hingegen sind Löt fett und Lötwasser gut geeignet. Für kleine Bauteile wie z.B. Messingussteile eines Bausatzes ist Lotpaste ideal, da hierbei nicht zu viel Lot aufgetragen wird.

Schlacken oder Krusten bilden sich nach längerem Gebrauch auch bei den besten Lötspitzen. Da sie das Lötten erheblich erschweren, werden sie mit einem weichen Lappen oder einem angefeuchteten Schwamm abgewischt. Viele Lötstationen haben bereits einen im LötKolbenständer integrierten Reinigungsschwamm. Für verzundernde Lötspitzen aus Kupfer ist ein Salmiakstein die letzte Möglichkeit zur Reinigung. Die derart gereinigte Spitze muss anschließend mit Löt fett benetzt und

mit Lot verzinnt werden. Ist die Löttemperatur erreicht, fließt das Lötzinn von selbst über die Lötspitze. Große Tropfen überflüssigen Zinns werden in das feuchte Schwämmchen oder in einen Lappen gewischt. Unvorsichtiges Wegschleudern des heißen Lötzinns kann hässliche Brandflecken verursachen.

Jetzt werden beide Lötstellen auf die erforderliche Schmelztemperatur des Lotes gebracht. Das Lötzinn muss unbedingt an der Verbindungsstelle aufgeschmolzen werden, und nicht nur an der Lötspitze. Ansonsten werden die Bauteile nur miteinander verklebt – man spricht dann von einer „kalten“ Lötstelle. Sie ist nur schlecht elektrisch leitend und von geringer Festigkeit.

Das Zinn muss von selbst auf die Oberfläche und in die Ritzen und Spalte kriechen. Hierhin wird es durch die Kapillarkraft wie von selbst gesaugt, wenn vorher alles blank war. Oberstes Gebot beim Löten: Je weniger Lot, desto besser!

Also: Zu verlötende Bauteile gut vorbereiten, sicher auf hitzebeständiger Unterlage fixieren, die mit Lötlut benetzte Lötspitze erwärmen und erst zuletzt das Lot der erwärmten Lötstelle zuführen. Immer nur so wenig Lot wie nötig verwenden!

Hartlöten

Im Gegensatz zum Weichlötvorgang wird beim Hartlöten die Verbindung erheblich fester und haltbarer. Anstelle der weichen Zinnlegierungen werden Messing- oder Neusilberlote verwendet. Die Löttemperaturen liegen wesentlich höher, etwa zwischen 650 und 900 °C. Hier ist für den LötKolben endgültig Schluss, für das Hartlöten benötigen wir:

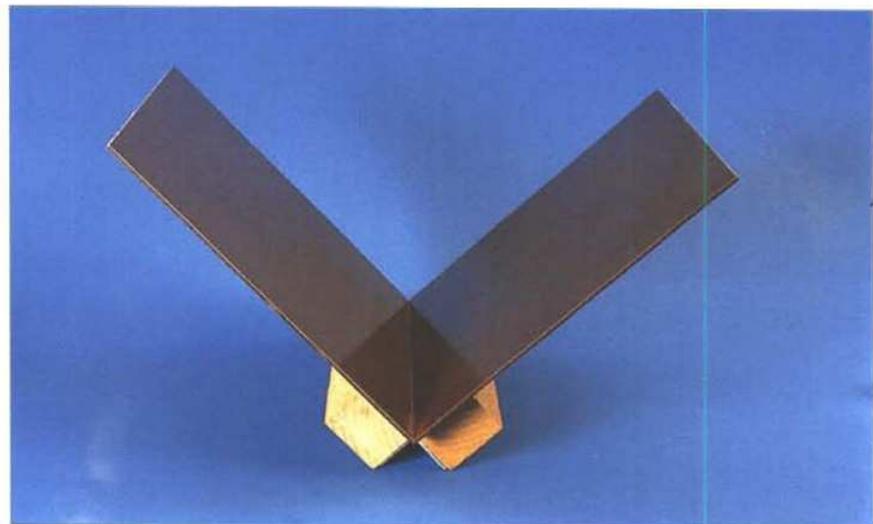
- einen geeigneten Gasbrenner mit regulierbarer Flamme
- speziellen Lötendraht
- spezielles Flussmittel
- eine hitzebeständige Löt-Unterlage

Der Gasbrenner sollte mindestens eine Temperatur von über 650 °C erreichen.

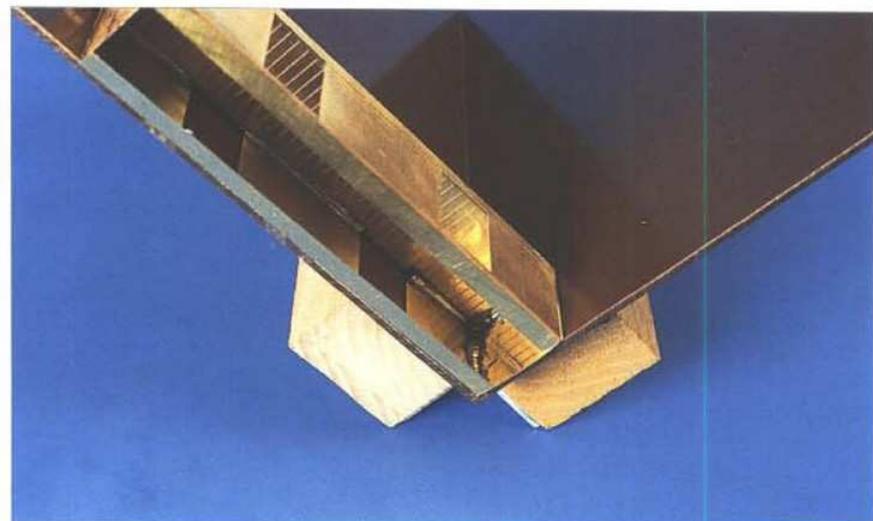
Prinzipiell taugt auch Messingdraht als Hartlot. Für unsere Zwecke sind aber die recht teuren Silberhartlotstäbe mit und ohne Flussmantelummhüllung wegen ihrer geringen Arbeitstemperatur von ca. 620 °C besser geeignet. Obwohl die Temperatur der Flammkronen selbst bei einem einfachen Butangasbrenner etwa 1400 °C beträgt, reicht die Wärmeenergie zum Hartlöten größerer Werkstücke nicht aus.



Löten sollte man auf einer Lötunterlage, diese ist für das Kolben- und Flammlöten geeignet.



Aus Pertinaxplatten entsteht eine Vorrichtung zum exakt rechtwinkligen Verlöten von Blechen.



Sie eignet sich etwa dazu, Wagenkästen von Kleinserien-Messingbausätzen sauber und maßhaltig zu verlöten.

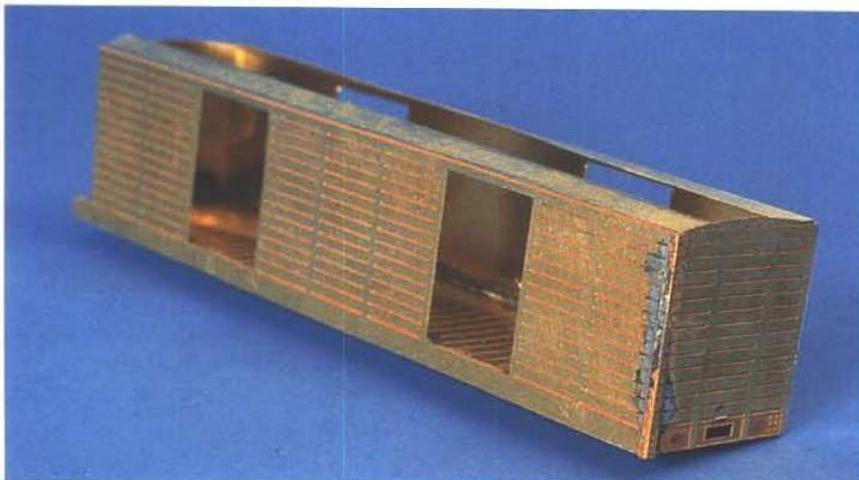
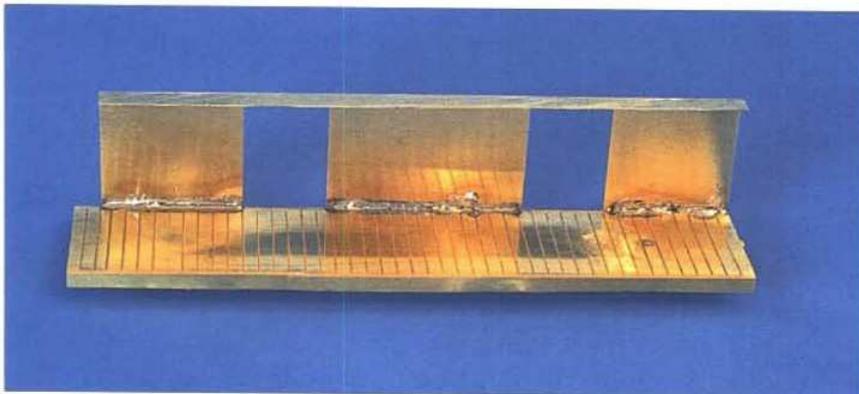
Lote und Temperaturen

KURZ-BEZEICHNUNG	ZUSAMMENSETZUNG	LÖT-TEMPERATUR
Weichlote		
L-PbSn25Sb	74 % Blei, 25 % Zinn, Antimon	260 °C
L-PbSn40	60 % Blei, 40 % Zinn	235 °C
L-Sn60Pb	60 % Zinn, 40 % Blei	183 °C
L-Sn60PbAg	60 % Zinn, ~36 % Blei, Rest Silber	180 °C
Hartlote		
L-CuP8	92 % Kupfer, 8 % Phosphor	710 °C
L-CuZn40	60 % Kupfer, 40 % Zink	900 °C
L-CuZn46	54 % Kupfer, 46 % Zink	845 °C
L-Ag75	75 % Silber, 22 % Kupfer	770 °C
L-Ag40Cd	40 % Silber, 20 % Cadmium, 19 % Kupfer, Rest Zink	610 °C
L-Ag20	20 % Silber, 44 % Kupfer, 0,2 % Silicium Rest Zink	810 °C

Das Flussmittel ist fürs Hartlöten unerlässlich, da es Oxidation an den Oberflächen verhindert. Da diese gerade bei höheren Temperaturen sehr rasch stattfindet, geht ohne geeignetes Flussmittel so gut wie nix.

Auch beim Hartlöten sollte eine Lötunterlage zur Hand sein, will man Brandspuren auf dem Arbeitstisch vermeiden. Wie beim Weichlöten müssen die Lötstellen blank geputzt und absolut fettfrei sein. Außerdem müssen die Bauteile die höheren Temperaturen natürlich schadlos verkraften.

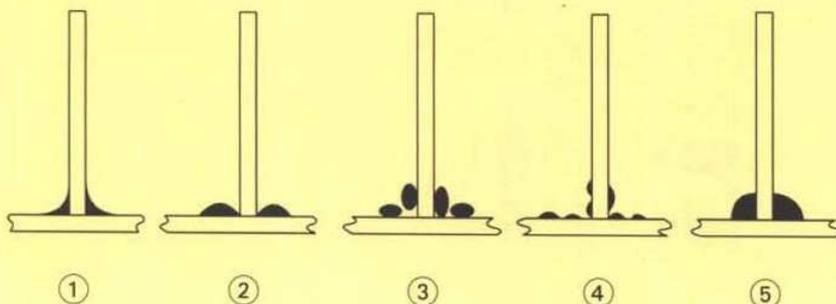
Die beiden zu verlötenden Bauteile werden mit der Flamme vorsichtig dunkelrot erhitzt. Gleichzeitig wird der Lötstab herangeführt, damit sich durch die Wärme das Flussmittel auf der Lötstelle verteilt. Bei richtiger Vorgehensweise bildet sich sofort eine Schutzschicht, die bei steigender Wärmezufuhr das Lot in die Ritzen und Fugen fließen lässt. Ist der Hartlotvorgang nicht erfolgreich verlaufen, muss man wieder ganz von vorne (mit Reinigen, Blankmachen usw.) beginnen. Das Flussmittel lässt sich kalt nur schwer entfernen. Daher sollte man die noch heiße Lötstelle schnell unter heißem Wasser abschrecken, die meisten Flussmittelreste springt dadurch sofort ab.



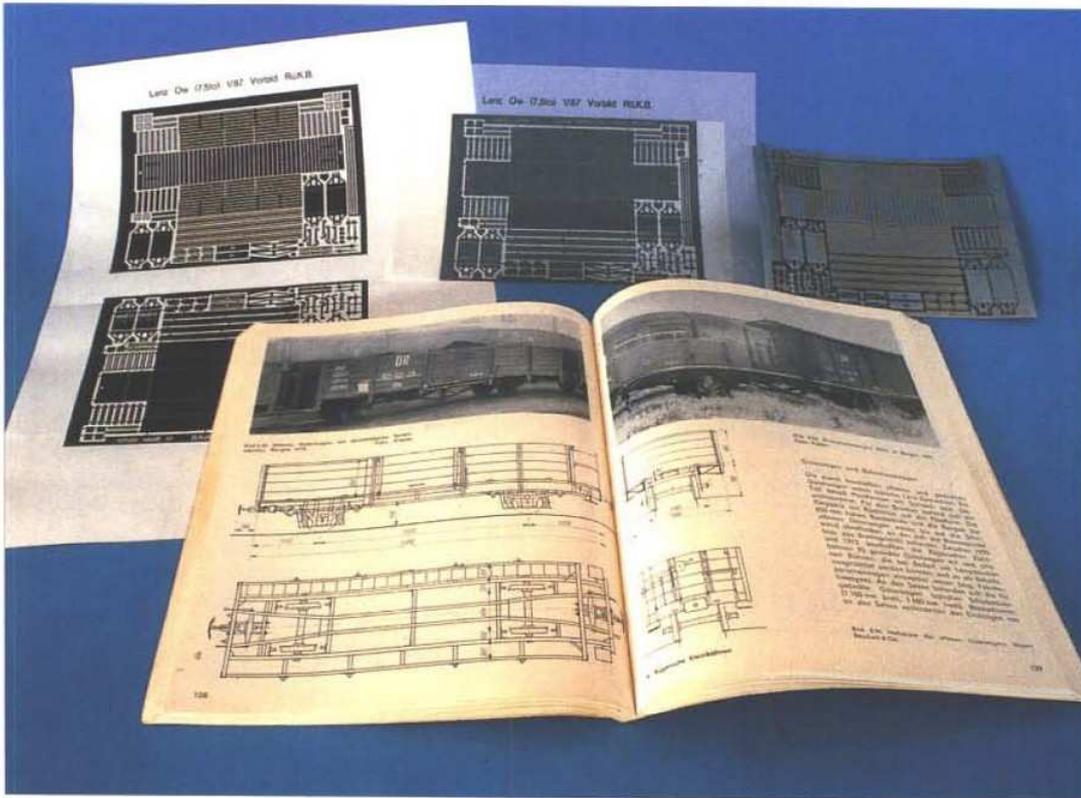
Das erste Seitenteil ist an die Bodengruppe gelötet (links Mitte).

Der fertig verlötete Wagenkasten

Lötstellen und Lötfehler



- ① gute Lötstelle
- ② Lot nur einseitig angenommen, unverlötetes Teil nicht sauber oder nicht heiß genug
- ③ Lot klebt in Tropfen, Lötstelle nicht sauber oder nicht heiß genug
- ④ Lötstelle mit nicht verlöteten Bereichen, nicht komplett sauber
- ⑤ Lötstelle mit zu viel Lot



Das Ergebnis einer Ätzaktion: Die geätzten Messingbleche für den Selbstbau eines offenen H0e-Schmalspurwagens. Anhand einer Zeichnung und Fotos im Buch „Rügensch Kleinbahn“ entstand im PC die Ätzvorlage.

Filigrane Teile – selbst erstellt

Metallätzen

Der individuelle Fahrzeug- und Gebäudemodellbau ist eine Domäne der Ätztechnik. Fein detaillierte und filigrane Teile entstehen hierbei auf fotochemischem Wege aus beschichteten Kupfer-, Messing- oder Neusilberblechen. Und Gründe, dem Ätzen skeptisch gegenüberzustehen, gibt es heute nicht mehr.

Ätzen ist keine Hexerei für den Keller verrückter Chemiker und setzt auch sonst keine speziellen handwerklichen Fähigkeiten voraus. Bei sorgfältigem Vorgehen und pfleglichem Umgang mit den Materialien ist die Metallätztechnik von jedermann beherrschbar. Alle notwendigen Utensilien gibt es übrigens bei Saemann Ätztechnik oder auch bei Conrad Elektronik (siehe S. 81/82).

Die Ätzbleche

Zunächst ein Blick auf den Aufbau der fertig beschichteten Ätzbleche. Auf dem Blech ist beidseitig eine dünne Schicht Fotolack (Fotoresist) aufgebracht. Bei Blechen mit positiver Beschichtung handelt es sich um einen Nassresist: Der Fotolack wird entweder im Tauch-, Sprüh- oder Walzenauftragsverfahren

auf das Blech aufgetragen. Bei Blechen mit negativer Beschichtung spricht man von einem Trockenresist. Dieser wird als dünne Folie mittels heißer Walzen auf das Blech aufgebracht.

Fertig beschichtete Bleche haben eine selbst klebende Lichtschutzfolie, die verhindert, dass Licht ungewollt auf den Fotoresist fällt. Diese Klebefolie muss natürlich vor dem Belichten der Bleche abgezogen werden.

Die Bleche werden mit silikonfreiem Scheuerpulver oder feinem Schmirgelleinen blank gemacht. Nachdem das Blech matt glänzt, spülen wir es unter viel fließendem Wasser ab. Das Wasser muss einen zusammenhängenden Wasserfilm auf der Oberfläche bilden ohne abzuperlen. Mit einem fusselfreien Tuch wird das Blech trocken gerieben und bis zur anschließenden Beschichtung an einem staubfreien Ort gelagert.

Das Aufsprühen des Fotolackes „Positiv 20“ (ebenfalls von Saemann) muss bei gedämpftem Licht erfolgen. Im Kreuzgang wird das waagrecht liegende Blech aus ca. 20 cm Abstand dünn und gleichmäßig besprüht. Zum Trocknen kommt das Blech waagrecht an einen trockenen, staubfreien und dunklen Ort. Für nur einseitig geätzte Bleche wird die Rückseite nicht mit Fotolack, sondern mit „Plastik Spray 70“ besprüht.

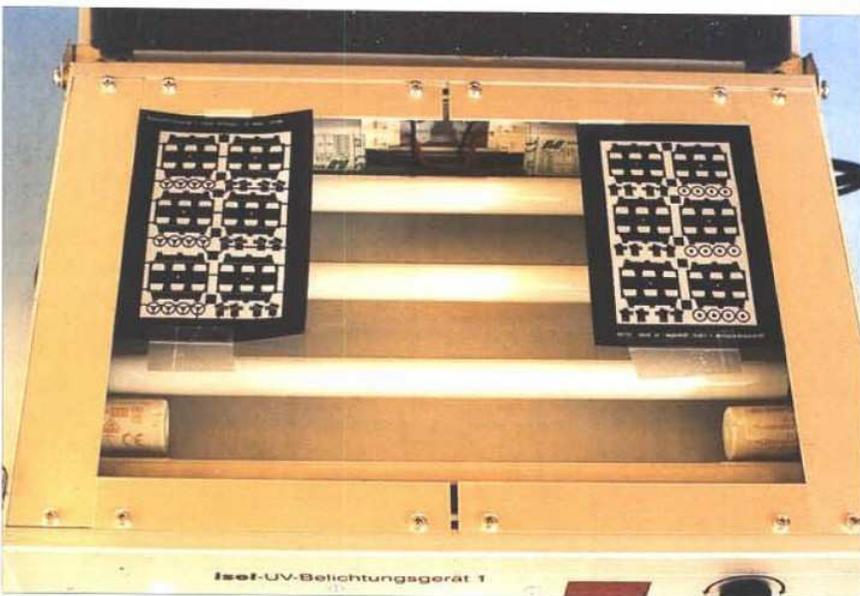
Die Vorlagen

Bei dem von uns gewählten Positivverfahren bleiben alle gezeichneten Flächen und Linien als Metall erhalten. Ist bereits eine Vorlage vorhanden, kann diese in einem Copy-Shop leicht auf eine Folie kopiert werden. Erstellen wir die benötigte Vorlage selber, so zeichnen wir die Teile mit einem Tuschefüller in Originalgröße auf Transparentpapier oder Folie. Grundregel: Das spätere Ätzteil ist immer nur so gut wie die Vorlage!

Bessere Vorlagen erhält man bei einem Reprobetrieb oder in einer Druckerei. Sie geben die Zeichnungen auf so genanntem Repro-Film aus. Noch viel bessere Möglichkeiten bietet der PC. Mit einem Zeichenprogramm und einem Drucker hoher Auflösung (am besten Laserdrucker) lassen sich sehr gute und maßhaltige Vorlagen er-



Das Belichtungsgerät von Saemann mit Zeitautomatik



Beidseitige Belichtung, links die Unterseite, rechts die Oberseite. Die Gerätekanten bilden den Anschlag.

stellen. Der Ausdruck sollte aber auf speziellen Folien erfolgen. Bei der Zeichnung der Vorlagen darf man auf keinen Fall die kleinen Haltestreben zwischen Bauteil und Blechrahmen vergessen, ansonsten fallen die fertigen Ätzteile aus dem Blech in das Ätzbecken.

Das Belichten

Alle Arbeiten können bei stark gedämpftem Tageslicht ausgeführt werden. Durch die Belichtung wird die Zeichnung auf das Blech übertragen. Die lichtdichte Zeichnung deckt den Fotolack auf dem Blech ab und das Licht

der UV-Lampen trifft durch die Folie nur auf die nicht abgedeckten Stellen des Fotolackes. Im Entwicklerbad wird nur diese Schicht vom Entwickler weggespült und deswegen bleibt nur das genaue Abbild der Zeichnung auf dem Blech erhalten. Der nicht entwickelte Fotolack schützt das Blech vor der Ätzflüssigkeit, die das ungeschützte Metall auflöst.

Ist das einseitige Belichten noch mit einer UV-Birne und einer Glasscheibe möglich, benötigen wir für das zweiseitige Ätzen quasi eine „Folientasche“ aus den Vorlagen für Vorder- und Rückseite. Hierfür werden die Folien deckungsgleich aufeinander gelegt und an

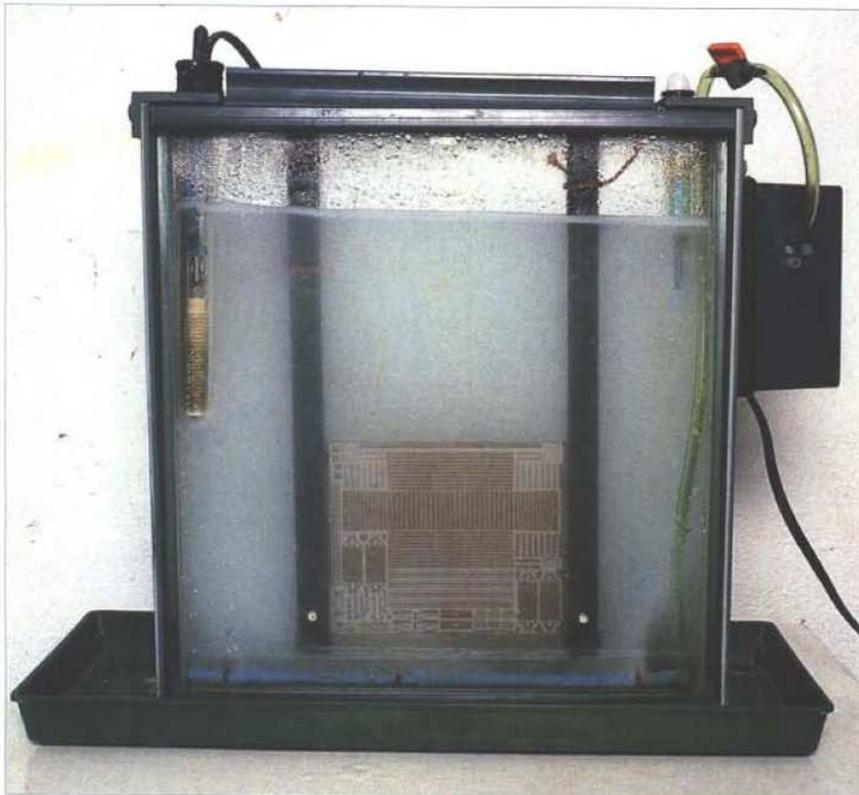
Falsch geätzt? Das ist passiert:

- ☛ **Fotосchicht nicht vollständig entwickelt.** Die Belichtungsdauer war zu kurz, was beim Entwickeln an einem rötlichbraunen Farbumschlag der belichteten Bildpartien zu erkennen ist. Die Konturen der Teile sind auch nicht scharf abgegrenzt. Diese Schicht lässt sich im Entwicklerbad nur sehr schwer entfernen.
- ☛ **Kompletter Bildverlust** hat seine Ursachen in zu langer Belichtung, einer lichtdurchlässigen Zeichnung oder einer Zeichnung, die nicht völlig plan auf dem Blech aufliegt. Die Zeichnung erscheint beim Entwickeln kurz und wird danach aufgelöst.
- ☛ **Dauert das Entwickeln sehr lang,** dann wurde zu kurz belichtet. Oder die Entwicklerlösung ist zu schwach oder verbraucht. Es bleibt ein Restschleier der Fotосchicht auf dem Blech und das Ätzmittel greift das Blech nicht an.
- ☛ **Geht das Entwickeln zu schnell,** dann ist das Entwicklerbad zu heiß oder die Konzentration zu hoch. Hier kann der gesamte Fotolack weggeschwemmt werden.
- ☛ **Dauert das Ätzen zu lang,** ist das Bad verbraucht oder die Temperatur zu gering. Bei unterschiedlichem Materialabtrag wurde das Ätzbad nicht gleichmäßig bewegt. Dies gilt auch, wenn Teile unter- oder gar weggeätzt werden, während andere Stellen fast keinen Abtrag zeigen.

den linken und rechten Rändern mit Klebestreifen fixiert. In diese Tasche schieben wir das Blech. Auf keinen Fall dürfen Folien oder Blech beim Belichten verrutschen. Beim Belichten die Anleitung des Geräts beachten!

Das Entwickeln

Wir füllen den Entwickler in eine flache Schale und legen ein belichtetes Blech hinein. Nach spätestens einer Minute sollte sich die Zeichnung allmählich zeigen. Die Schärfe des Entwicklers ist von der Konzentration und von der Temperatur abhängig. Ist das Bad richtig temperiert und stimmt die Konzen-



Das belichtete und entwickelte Blech im Ätzbad von Saemann, die Luftblasen bewirken eine Zirkulation des Ätzbades.

Die benötigten Chemikalien und das Blech gibt es aus einer Hand bei Saemann Ätztechnik.

tration, so ist das Entwickeln nach etwa einer Minute beendet und man spült das Blech unter fließendem Wasser ab.

Das Ätzen

Standard-Ätzmittel ist Eisen-III-Chlorid, eine undurchsichtige, braungelbe Flüssigkeit. Sie ist preiswert und bringt schon bei Raumtemperatur gute Ergebnisse. Dauert der Ätzvorgang zu lange, dann wird das Ätzbad auf 40 °C bis 50 °C aufgeheizt und aktiviert so die Lösung, damit sie wieder Metall abträgt. Die Metallaufnahme liegt bei ca. 50 Gramm je Liter Ätzflüssigkeit. Bei Sättigung bilden sich beim Eisen-III-Chlorid grüne, hoch giftige Kristalle!

Ein alternatives Schnell-Ätzmittel ist das wasserklare Ammoniumpersulfat. Der Ätzvorgang kann von außen gut beobachtet werden. Es ist etwas teurer als Eisen-III-Chlorid und nimmt ca. 40 Gramm Kupfer je Liter auf. Es bekommt während des Gebrauchs eine dunkle grünblaue Farbe.

Das Ätzen in Kunststoffschalen ist für den Einsteiger in die Ätztechnik die einfachste und billigste Lösung. Da die Ätzlösung bei 40 °C bis 50 °C ihre volle Kraft entfaltet, ist das Bad vorher auf diese Temperatur zu erwärmen. Das Blech kommt mit der belichteten Seite nach oben in die Kunststoffschale mit der Ätzlösung und wird ständig bewegt. So werden eventuelle Blasen von der



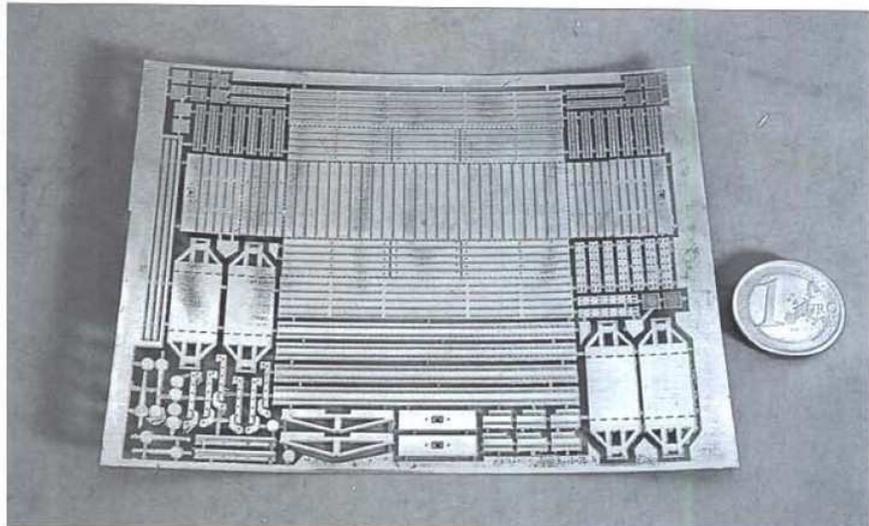
Oberfläche entfernt. Weil die Unterseite schneller ätzt als die Oberseite, müssen beidseitig belichtete Bleche ständig gewendet werden. Nach einigen Minuten sollten deutliche Anätzungen zu sehen sein. Die gesamte Ätzzeit hängt von der Blechdicke, der Konzentration des Ätzbades, der Temperatur und dem Zustand des Bades ab. Sie kann sich bis zu einer halben Stunde hinziehen.

Komfortabler arbeitet es sich mit einer Ätzmaschine mit Heizung und Umwälzpumpe. Hierbei wird das Blech in eine Haltevorrichtung aus Kunststoff geklemmt und in das Ätzbad eingetaucht. Der geregelte Heizstab hält das Ätzbad auf konstant 45 °C und die Um-

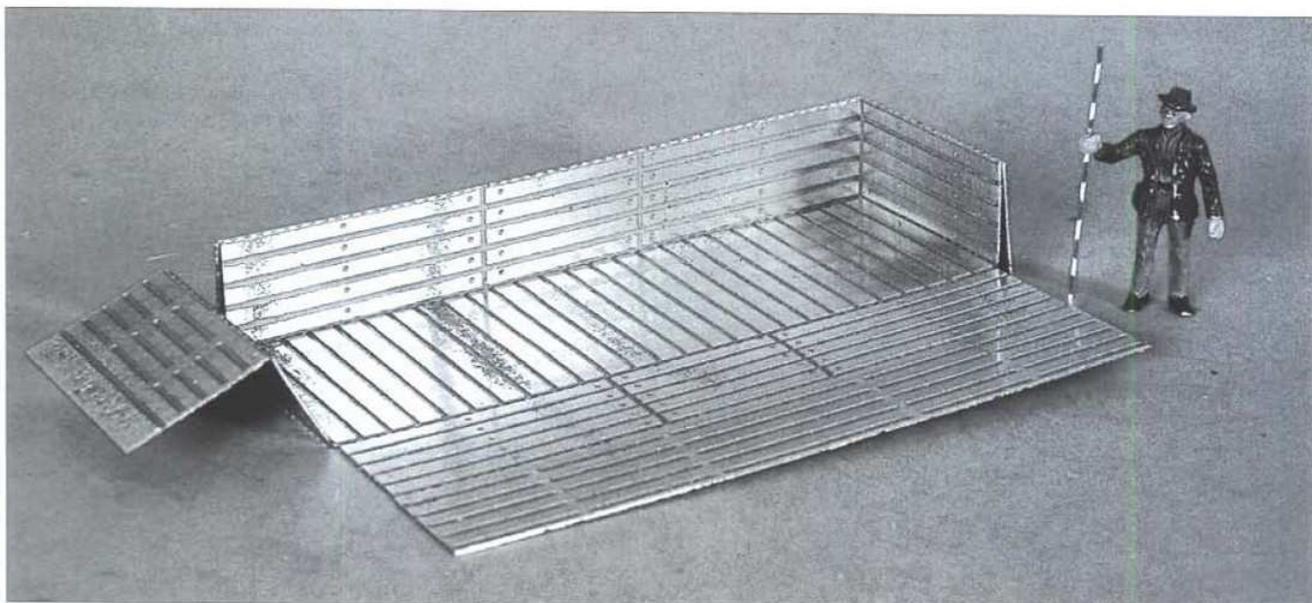
wälzpumpe sorgt durch Einblasen von Luft für Bewegung im Ätzmittel. Hierdurch wird ein gleichmäßiger Materialabtrag von beiden Seiten erreicht und der Ätzvorgang beschleunigt. Das Ätzteil sollte von Zeit zu Zeit herausgenommen und auf auftretende Schichtfehler untersucht werden. Diese können nach Abspülen und Trocknen mit Folientusche oder Eddingstift ausgebessert werden.

Nachdem der Ätzvorgang abgeschlossen ist, holen wir das Blech aus dem Ätzbad heraus und spülen es unter fließendem Wasser gut ab. Nach dem Trocknen wird das Blech in Azeton entschichtet.

Aus Neusilberblech von Saemann geätzte Teile für den Bau eines O-Wagens. Der Platz auf dem Blech wurde optimal ausgenutzt.



Der geätzte Wagenkasten wird zusammengefaltet, dank der angeätzten Knickstellen ist dies kein Problem.



Sicherheit und Entsorgung

Vermeiden Sie den Kontakt der Chemikalien mit Haut, Augen und Schleimhäuten. Ziehen Sie beim Arbeiten auf jeden Fall alte Kleidung, Gummihandschuhe und eine Schutzbrille an, um sich vor Spritzern zu schützen. Nach jedem Arbeitsgang Hände waschen. Bei Haut- oder Augenkontakt sofort mit viel

Wasser spülen, eventuell den Arzt aufsuchen. Bei Verschlucken sofort viel Wasser trinken und den Arzt aufsuchen. Verschmutzte Kleidung sollten Sie wechseln. Die Chemikalien nur in geschlossenen, gekennzeichneten Behältern (kein Metall!) und für Kinder und Tiere unzugänglich aufbewahren. Natürlich nicht mit Lebensmitteln zusammen lagern.

Die oft vorgeschlagene „Neutralisation“ ist sehr fragwürdig. Ebenso das Einleiten von kleinen Mengen zusammen mit viel Wasser in die Kanalisation – denn was heißt „klein“ und „viel“? Der sicherste Weg: Geben Sie die verbrauchten Chemikalien in gekennzeichneten Gefäßen zum Sondermüll. Nur hier kann die giftige Flüssigkeit fachgerecht entsorgt werden.

Messing- u. Neusilberbleche ab 0,1mm zum Selbstätzen, beidseitig m. Fotolack beschichtet u. m. Schutzfolie abgeklebt ab € 4,50, Ätzanlagen ab € 74,20, Lohnätzen z.B. Ms 0,2x200x300 ab € 22,50, Filmbeleuchtung, Belichtungsgeräte, Chemikalien, Ätzteile f. Z, N, TT, H0, 0, Schwarzätzen f. versch. Metalle, Messing-Profilen, Sandstrahl-Set, CAD-Programm und sehr viel mehr...

Ätztechnik

Ausführlicher und informativer "Katalog MB" (bitte angeben) gegen € 5,- (Schein/Scheck, wird bei Kauf angerechnet)

SAEMANN Modell- u. Ätztechnik
Zweibrücker Str. 58 • D-66953 Pirmasens
Tel. 06331/12440 • Fax 06331/608508 • saemann-aetztechnik@t-online.de

MONDIAL - Vertrieb **SYSTEME LAUER**
M. Brämer · Am Beckerfeld 12 · 58456 Witten
Tel. 0 23 02 / 97 23 21 · Fax: 0 23 02 / 97 23 22 Internet: www.mondial-braemer.de

Wir sorgen für Sicherheit auf Ihrer Modellbahnanlage.
Schattenbahnhof- und Blockstellensysteme für den Analog- und Digitalbetrieb. Kehrschleifen- und Pendelautomatik, Leistungsfahrregler für Großbahnen, elektronische Umschalter von Gleich- auf Wechselstrom und weitere Produkte. Unser Katalog ist gegen Einsendung von € 4,10 (DM 8,-) in Briefmarken erhältlich.



Der fertig umgebaute Liliput-Rollwagen hat einen Regelspur-O-Wagen geladen und bewährt sich im Betriebseinsatz mit perfektem Laufverhalten und Äußeren.

Umbau eines Rollwagens

Liliput brachte den ersten Serienrollwagen in HOe nach einer in Österreich sehr verbreiteten Bauart Mitte der 80er-Jahre heraus. Der Rollwagen wird bis heute hergestellt und besteht im Wesentlichen aus Zinkdruckguss. Er weist ein recht hohes Gewicht auf. Leider sind die eingeklippten Drehgestelle und die auf den Achsen gelagerten Radsätze nicht sonderlich leicht laufend, auch die eingeklippten Vorlegekeile sind wohl nur für den Vitrinenbetrieb bestimmt. Aufgrund des günstigen Preises und des sehr guten Erscheinungsbildes lohnt sich hier ein Umbau.

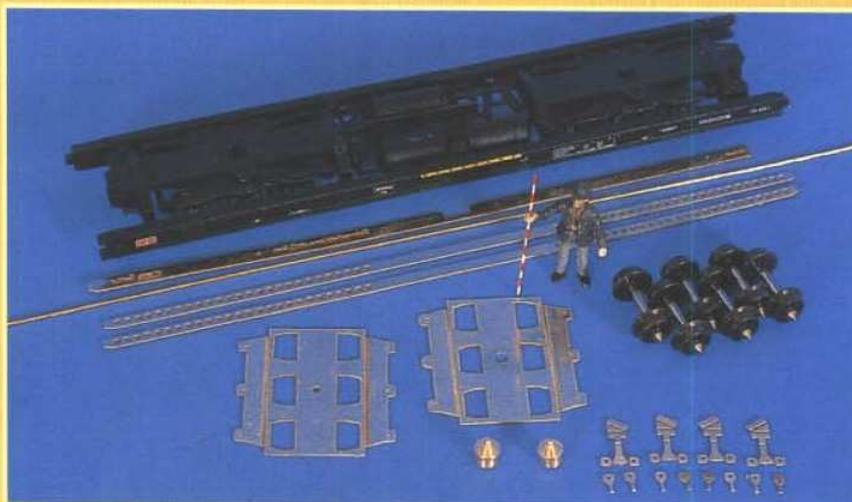
Alle Teile neu: Drehgestelle, Auflegbleche, Vorlegekeile zum Klappen, Bohrschablone, Handrad und Drahthalter vor dem noch umzubauenden Rollwagen.

Ein Vergleich mit anderen Rollwagen zeigt, dass ein großes Übel in der Lagerung der Radsätze liegt. Hier muss ein neues Drehgestell mit spitzengelagerten Radsätzen Abhilfe schaffen. Auch lassen sich einige Kupplungsbauformen der Regelspurwagen nur schlecht über die Rollwagen schieben, eine Auflage auf den Fahrbahnen wird hier für mehr Luft sorgen. Die Vorlegekeile werden auf Klappkeile umgerüstet, die seitlich am Rollwagen auf einer Welle geführt werden, wie es auf den sächsischen Schmalspurbahnen die Regel war.

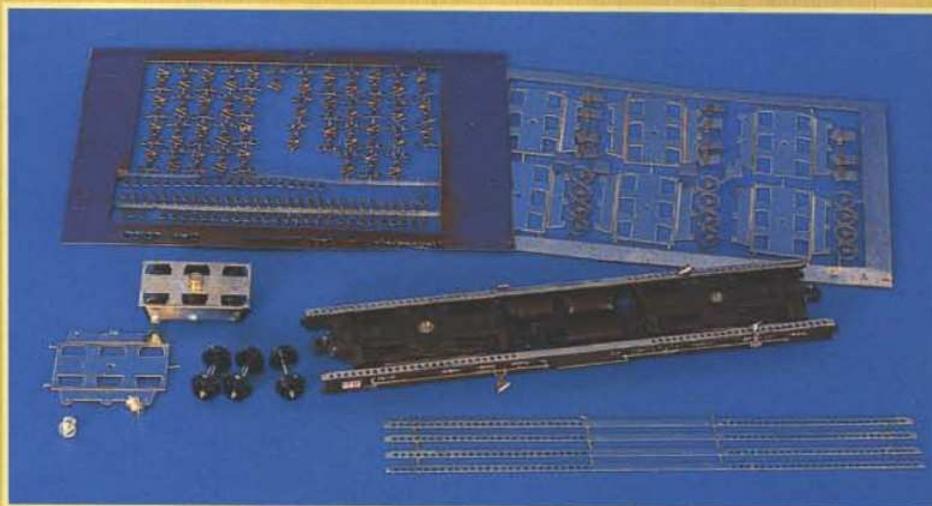
Das Drehgestell

Zunächst galt es, neue spitzengelagerte Achsen im richtigen Durchmesser zu finden. Frank Tümmeler (Höninger Weg 36, 50354 Hürth, Tel. 02233/66108) hat Achsen mit einer Spitzenweite von 15 mm und RP-25-Profil im Programm, die eigentlich für N-Fahrzeuge gedacht sind.

Aus dem Raddurchmesser und der Spitzenweite ergeben sich die erforderlichen Daten für die Wangenhöhe und Ausschnitte der Drehgestellabwicklung auf dem Ätzblech. Auch die Knickkante



Die beiden Ätzbleche, die Drehgestelle in verschiedenen Fertigungsstadien und ein schon umgebauter Liliput-Rollwagen.



Die Entstehung der Drehgestelle von oben links: Ätzblech entgratet, Ätzblech für Spitzenlagerung gesickt, Wangen hochgebogen, mit Drehzapfen und verlöteten Wangen, rechts unten schließlich mit Achsen.



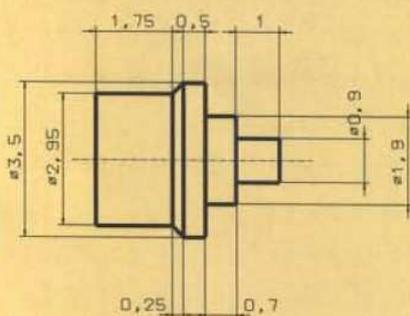
Nach Demontage des Rollwagens wird das Zapfenlager für die neu gedrehten Zapfen aufgebohrt.

Der Zapfen wird in das Drehgestell gesteckt (rechts). Ein Papierstreifen mit Loch kommt zwischen Drehgestell und Haltescheibe. Er sichert beim Lötten den Abstand und verhindert den Lotdurchstieg zum Drehgestell. Anschließend wird mit dem LötKolben die Haltescheibe auf den Drehzapfen gelötet.



Der Drehzapfen entsteht entsprechend dieser Zeichnung als Messing-Drehteil.

Der Drehzapfen



wird auf diese Weise ermittelt, schließlich soll das Drehgestell aus einem Teil entstehen. Da die alten Drehgestelle eingeklipst waren, können die neuen nicht einfach mit einer Schraube befestigt werden – das vorhandene Loch ist für ein kleines Gewinde einfach zu groß.

Daher wird im Drehgestell nur ein Loch vorgesehen, denn die weitere Verwendung der „Klipse“ des alten Drehgestells scheidet aus geometrischen Gründen aus. Um das äußere Erscheinungsbild nicht zu verändern, wird um die Spitzenlager nur ein ringförmiges Band von 1 mm Breite ange-

sehen. Über den Achsen werden möglichst große Aussparungen vorgesehen um auch hier das Erscheinungsbild nicht zu trüben. Mit einem guten Zeichenprogramm ist dies recht schnell zu erledigen. Zum Befestigen wird die dafür notwendige Scheibe gleich mitgezeichnet.

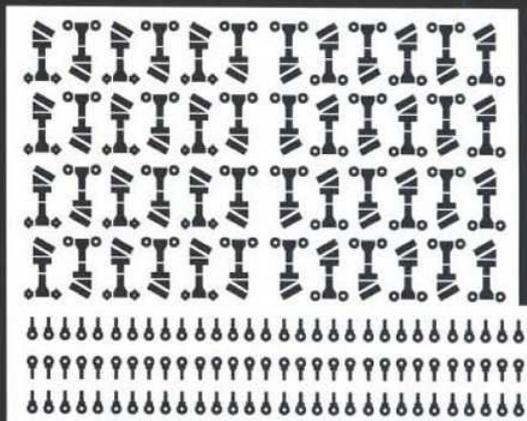
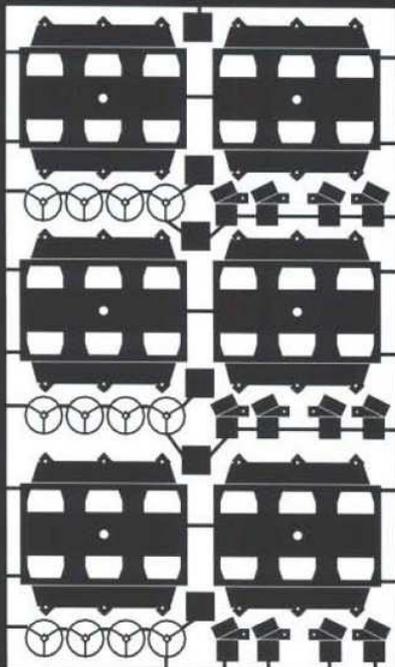
Der Drehzapfen

Die vorhandenen Öffnungen mit Bund zum Einrasten des Drehgestells werden mit einem 3-mm-Bohrer aufgebohrt. An der Unterseite bleibt noch eine 45°-

der neue Drehgestellzapfen passen. Es wird also ein Zylinder nötig sein, an dessen Ende eine 45°-Schräge ange-dreht ist. Hieran schließen sich ein Absatz vor 2 mm Durchmesser und 0,7 mm Höhe und ein Lötzapfen für die Haltescheibe von 1 x 0,5 mm an. Von diesem Drehzapfen werden für jeden Rollwagen zwei Exemplare benötigt.

Die Auflagebleche

Dies sind im Grunde einfache Streifen, auf denen ich einseitig eine Lochreihe vorgesehen habe. Somit kann man sie



Vorlegekeile für Liliput Rollwagen

Stehr 03/00

Die am PC gezeichneten Ätzworlagen für die Drehgestelle (links) sowie die Klapp-
teile und etliche Kleinteile (oben) im Maßstab 1:1. Um Kosten, Arbeit und Mate-
rial zu sparen, sind die einzelnen Teile möglichst eng auf der Vorlage und damit
auch später auf dem geätzten Messingblech angeordnet.



Der Rollwagen und die Drehgestelle: links die neu angefertigten, rechts die alten
mit den eingeklippten Achsen.

he nach oben aufkleben – beim Original war beides im Einsatz. Auch von den Fahrbahnauflagen werden für jeden Rollwagen zwei Stück benötigt

Klappkeile und Kleinteile

Diese einzeln zurechtzufummeln wäre allenfalls eine Lösung für Einzelstücke. Hier zeigt sich der Vorteil der Ätztechnik. Der einzelne Keil besteht aus einem Stück und verfügt über sieben aneinander hängenden Einzelflächen. Vier Flächen bilden den Keil, drei weitere die Aufhängung für den Draht. Die Keile sind nicht symmetrisch. Es wer-

den für jeden Rollwagen zwei rechte und zwei linke Keile benötigt.

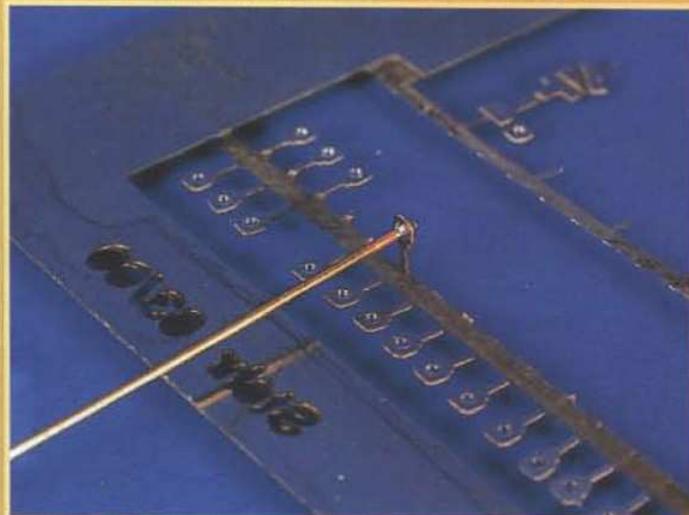
Und noch etwas kommt auf die Ätzworlage: Einfache Drahthalter, ähnlich wie Griffstangenhalter, und zwar je Rollwagen acht Stück – das erspart das manuelle Biegen einzelner Drahtstücke. Um die Positionen nicht an jedem Rollwagen individuell anzeichnen zu müssen, wird noch eine Bohrschablone mit den markierten Löchern mitgeätzt. Hier reicht eine für alle Rollwagen.

Zu guter Letzt habe ich auch noch die Handräder auf die Ätzworlage gezeichnet um die ewig abbrechenden Kunststoffhandräder zu ersetzen.

Die Vorlage

Die fertig beschichteten Ätzbleche von Saemann haben eine Größe von 100 x 160 mm. Größer als dieses Maß darf die Vorlage nicht sein. Um ein gleichmäßiges Ätzen zu erzielen, hat sich bei mir die halbe Blechgröße als ideal erwiesen. Letztendlich ist dies aber auch stark von der verwendeten Ätzanlage abhängig!

Daher erstelle ich die Ätzworlage im Format 100 x 80 mm und versuche dabei, so viele Bauteile unterzubringen und die abzuätzenden Flächen möglichst klein zu halten. Dann hält das



Der Werdegang der Vorlegekeile (links): Ätzblech entgraten, falten, verlöten und Bohrungen aufbohren. Die Drathalter (oben) werden noch am Ätzblech entgratet, gebohrt und hochgebogen. Nach dem Verlöten des Drahtes wird der Drahalter abgekkniffen.

Ätzbad länger und die Kosten für Blech und Chemie verteilen sich auf mehrere Bauteile.

Die Drehteile

Zum Drehen der Drehzapfen werden der Plandrehmeißel, ein rechter Längsdrehmeißel und der Abstechstahl benötigt. Meine Drehmaschine verfügt über ein Werkzeug-Schnellwechselsystem, sodass jeder Meißel in je eine Kassette gespannt werden kann. Das

Werkzeug muss nur einmal in der Höhe an der mitlaufenden Spitze im Reitstock ausgerichtet werden. Das erleichtert das Anfertigen gleich mehrerer Drehzapfen nacheinander.

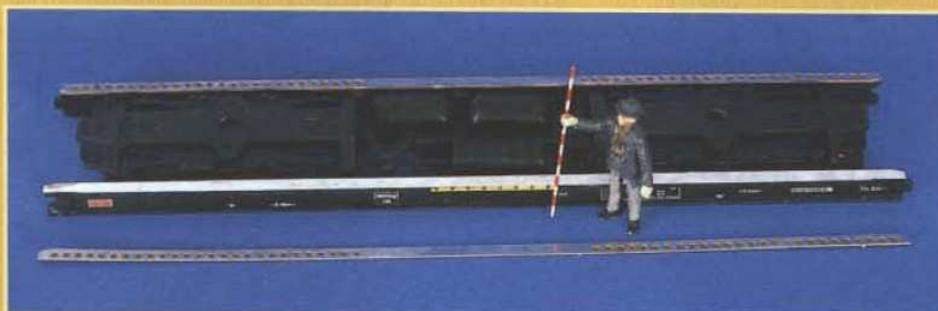
Zunächst wird ein 4-mm-Rundmessing in das Dreibackenfutter gespannt und mit dem Plandrehmeißel an der Stirnseite plan gedreht. Jetzt wird der Plandrehmeißel gegen den Längsdrehmeißel getauscht und das Messingwerkstück an der Stirnseite leicht angekratzt. Das Handrad für den Längs-

vorschub wird dann auf „0“ gestellt. Auch an der Mantelfläche der Welle wird angekratzt und das Handrad des Quervorschubs (der Oberschlitten) auf „0“ gestellt. Am Quervorschub wird die Spantiefe eingestellt, doch Achtung: 0,5 mm zugestellt verringert den Durchmesser der Welle um 1 mm. Mit dem automatischen Vorschub oder von Hand drehen wir die gesamte Welle auf ihren größten Durchmesser, danach jeden einzelnen Absatz. Die Maße des Werkstücks sind nach jedem Arbeitsgang zu prüfen. Ist der Drehling fertig, wird er auf das Endmaß abgestochen. Der Längsdrehmeißel wird gegen den Abstechstahl getauscht. Auch hier wird an der Stirnseite des Drehlings angekratzt und der Längsvorschub auf „0“ gestellt. Zur Länge unseres Drehzapfens müssen wir noch die Breite des Abstechstahls hinzurechnen und am Längsvorschub zustellen. Mit der langsamsten Drehzahl der Maschine und viel Kühlschmiermittel (Bohremulsion) wird der Drehzapfen abgestochen.

Das fertige Teil sollte sich von unten in den Rollwagen stecken lassen und mit dem 45°-Bund an der 45°-Fase der Bohrung aufliegen.

Die Montage

Zuerst wird der Rollwagen komplett zerlegt. Die alten Vorlegekeile und Drehgestelle wandern samt Achsen in die Restekiste. Im verbleibenden Rahmen werden nun die Zapfenlager für die neu gedrehten Zapfen auf 3 mm aufgebohrt. Dem schließt sich die Mon-



Die Auflagen des Rollwagens werden mit dem Poliergummi gereinigt. Dann wird das geätzte Auflageblech aufgeklebt.



Nachdem seitlich die Bohrschablone angelegt und die Löcher für die Drathalter gebohrt wurden, werden die Vorlegekeile auf die Drähte gefädelt und die Drathalter in die Löcher

Die Ätzbleche werden aus dem Blech herausgetrennt und entgratet. Mit der Nietvorrichtung und einem speziell geschliffenen Werkzeug für Lagersicken werden die Spitzenlager gesickt. Anschließend biegen wir die Seitenwangen um 90° nach oben und verlöten sie im Falz zur besseren Stabilität.

Anschließend kommt der Zapfen ins Drehgestell. Ein Papierstreifen mit Loch kommt zwischen Drehgestell und Haltescheibe; er sichert beim Lötten den Abstand und verhindert den Lotdurchstieg zum Drehgestell. Mit dem LötKolben wird die Haltescheibe auf den Drehzapfen gelötet. Nachdem das Papier entfernt ist, hat das Drehgestell etwas Spiel und lässt sich leicht drehen. Der Drehzapfen wird jetzt in den Rahmen des Rollwagens gesteckt und von oben mit dünnflüssigem Sekundenkleber eingeklebt.

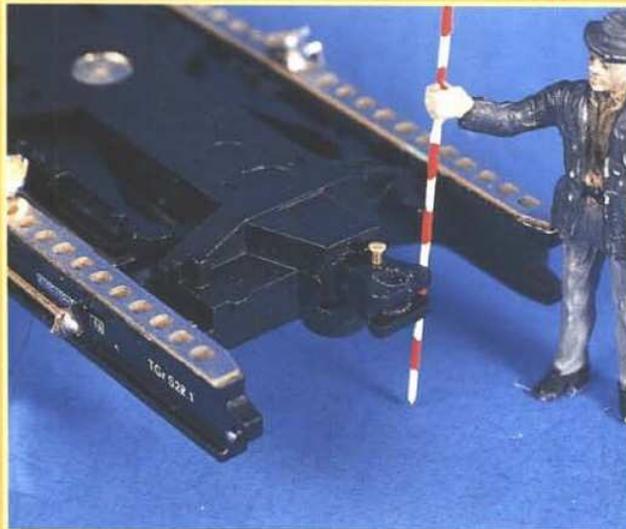
Nun kommen die Bleche der Vorlegekeile dran. Sie werden aus dem Blech herausgetrennt und entgratet, anschließend mit einer kleinen Spitzzange die Führungsösen hochgebogen und der Vorlegekeil gefaltet. Das Verlöten erfolgt mit dem LötKolben, gehalten wird der Keil dabei mit einer LötPinzette. Die Lagerstellen der Führungsösen werden hiernach gemeinsam durchbohrt. Die Drahthalter werden noch am Ätzblech entgratet, gebohrt und hochgebogen. Nach dem Verlöten des Drahtes kann der Drahthalter abgekniffen werden. Es ist erst einmal nur ein Drahthalter an den Draht zu löten, ansonsten lassen sich die Vorlegekeile nicht mehr aufstecken. Nun die Bohrschablone seitlich anlegen und die Löcher für die Drahthalter in den Rahmen des Rollwagens bohren.

Auf die Drähte werden die Vorlegekeile aufgefädelt und die Drahthalter in die Löcher gesteckt und verklebt. Die inneren Drahthalter werden mit den Drähten verlötet und die überstehenden Drähte abgekniffen. Die Vorlegekeile lassen sich nun auf dem Draht seitlich wegklappen und nach vorne oder hinten schieben.

Als Nächstes werden noch die Handräder der Feststellbremse auf Messingdrähte gelötet und diese in die dafür vorhandenen Löcher des Rahmens geklebt. Zu guter Letzt wird in die Kupplung noch ein 0,5-mm-Messingniet eingeklebt um das Fahrzeug mit normalen Kuppelstangen bewegen zu können. Nach einer farblichen Behandlung ist der Rollwagen voll einsatzfähig, lässt sich gut befahren und läuft deutlich leichter als das Original.



Die mittig sitzenden Drahthalter werden mit den Drähten verlötet und die überstehenden Drähte hinten abgekniffen. Mit montiertem Handrad und aufgelegten Keilen präsentiert sich ein schon deutlich gewandelter Rollwagen.



In die Kupplung wird noch ein 0,5-mm-Messingniet eingeklebt um das Fahrzeug mit normalen Kuppelstangen bewegen zu können.

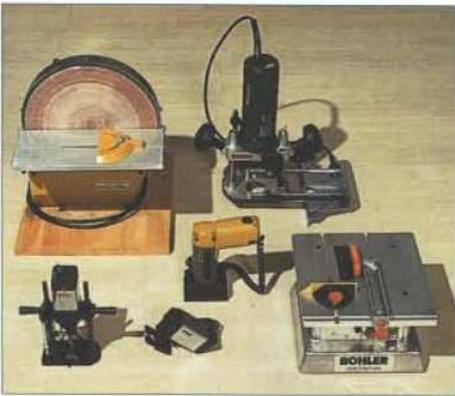


Die Kuppelstangen stammen von Bemo-Rollböcken (schwarz), aus einfachen Drähten mit Haken oder sind aus MS-Rohr und Draht selbst gebaut.



Rollwagen gekuppelt mit langen Eigenbau-Kuppelstangen

Rechts die Grundausstattung der Modellbahn-Werkstatt. Vieles davon dürfte in den meisten Haushalten bereits vorhanden sein. Unten einige nützliche Geräte für die „2. Stufe der Werkstattreform“: Tischkreissäge, Tellerschleifer, Oberfräse, 12-V-Stichsäge, Schwingschleifer.



Ganz klar: Die folgenden Aufstellungen erheben weder Anspruch auf Vollständigkeit noch auf Objektivität. In jedem Bastelkeller werden andere Schwerpunkte gesetzt, wie dies im Übrigen auch bei den Autoren dieser Broschüre der Fall war.

Für den Anfang sind folgende Werkzeuge sinnvoll:

- Stahllineale 20 und 30 cm
- Zollstock
- Messschieber
- Bandmaß
- Wasserwaage 40 cm
- Geodreieck mit 20 cm Kantenlänge
- kleiner Standwinkel
- mittelgroßer Blechwinkel
- Druckbleistift und superfeine wasserfeste Faserstifte
- Bastelmesser mit Abbrechklinge
- Bastelmesser mit Spitzklinge
- kleine Bastelschere für feine Arbeiten
- größere Papierschere für lange Schnitte
- Bastelsäge mit feinem Sägeblatt
- Feinsäge evtl. mit Gehrungslade
- Laubsäge
- Satz Nadelfeilen
- Satz Schlüsselfeilen
- Messingbürste zum Reinigen der Feilen
- Schleifklotz aus Kork mit passendem Schleifpapier
- Glasradierer
- Satz Pinzetten
- Satz kleine Klemmzwingen
- verschiedene Schraub- oder Einhandzwingen
- kleiner Schraubstock

Welche Werkzeuge wann besorgen?

Schritt für Schritt zur Werkstatt

Braucht der Modellbahner wirklich eine Werkstatt, die voll gestopft ist mit den tollsten Werkzeugen? Muss man die alle auf einmal kaufen? Wenn nicht: Welche Werkzeuge sollte man sich nun wann zulegen? Ein letztes Kapitel will Bastlern und Anlagenbauern ein paar Hinweise geben, was in die Erstausrüstung gehört und wann welche Ergänzungen wirklich sinnvoll sind.

- kleiner und mittlerer Seitenschneider, ggf. watenfreier Schneider
- mittelgroße Kombizange
- Abisolierzange
- Satz Uhrmacherschraubenzieher
- Satz mittelgroße Schraubenzieher (Flach und Kreuz)
- Satz Imbus- (Außensechskant-) Schlüssel
- Satz Maulschlüssel
- kleiner und mittelgroßer Hammer
- Stechbeitel
- Satz Spachtel
- 12-Volt-Kleinbohrmaschine mit Einsatzwerkzeugen, passend dimensioniertem Trafo und Bohrständler
- Heimwerker-Bohrmaschine mit Drehzahlregelung
- je ein Satz Holz- und HSS-Bohrer
- Stichsäge mit Drehzahlregelung
- Schwingschleifer

Mit diesen Werkzeugen dürften sich schon die meisten Projekte aus der Modellbahnpraxis bewerkstelligen lassen. An manuellen Werkzeugen ist der Bestand dann auch weitgehend komplett.

Nach und nach können noch einige Elektrogeräte dazukommen:

- 12-Volt-Tischkreissäge
- 12-Volt-Stichsäge
- 12-Volt-Oberfräseinrichtung
- 12-Volt-Schwingschleifer
- Heimwerker-Oberfräse mit Drehzahlregelung
- Tellerschleifer

Alles Weitere ist zu speziell um hier allgemeine Empfehlungen machen zu können. Ein passionierter Fahrzeugbauer braucht andere Werkzeuge als ein Elektrotechnik-Freak und dieser wiederum setzt andere Akzente als ein



DIE WERKSTATT

In dieser Werkstatt von Volker Hamburger hat alles auf 1,5 x 1,5 m seinen Platz. Eine Werkstatt muss nicht groß sein!

Wie viel Ordnung muss sein?

Werkzeuge richtig aufbewahrt

Kennen Sie das? Sie müssen etwas messen und suchen den Zollstock. Auf der Werkbank, denn da sollte er eigentlich sein. Ist er aber nicht. Auf dem Dachboden, denn da haben Sie letzte Woche Maß genommen. Im Keller, wo Sie vorgestern den Hammer wieder gefunden haben. Sie finden den Zollstock schließlich in der Küche, denn dort haben Sie zuletzt die Lücke für den Herd ausgemessen. Was tun, um solche Situationen in Zukunft zu vermeiden? Ganz klar: Vier Zollstöcke kaufen – einen für die Werkbank, einen für den Dachboden, einen für den Keller und einen für die Küche!

Man kann sicher geteilter Meinung darüber sein, wie viel Ordnung in Bastelkeller und Werkstatt erforderlich ist. Jeder möge seinen eigenen Weg finden zwischen kreativem Chaos und peinlicher Baumarktsortierung. Für alle Wege gibt es jedenfalls Hilfsmittel zur Werkzeugaufbewahrung, auf die wir hier natürlich nur einen flüchtigen Blick werfen können.

Da ist zunächst die „normale“ Werkzeugkiste. Früher bestand sie aus Metall und ließ sich an der Oberseite mithilfe von zwei Griffen ziehharmonikaartig auseinander klappen. Neben

diesen gibt es heute Werkzeugkisten aus Kunststoff. Nach dem Öffnen findet man oben meistens einen Einsatz, den man mit einer variablen Facheinrichtung, etwa für kleinere Werkzeuge, versehen kann. Darunter gelangt man zu einem größeren Abteil für die Aufbewahrung von größeren oder selten gebrauchten Werkzeugen. An der Vorderseite dieser Kunststoffboxen findet man oft kleinere Schubladen oder ähnliche Einsätze, die man wiederum mit einer Facheinteilung versehen kann und in denen man dann Kleinteile wie Schrauben, Nägel und Ähnliches ver-

stauen kann. Praktischerweise lassen sich diese Kästen überallhin mitnehmen ohne groß umräumen zu müssen. Nachteilig ist allerdings die geringe Kapazität.

Ein Verwandter der Werkzeugkiste ist der Werkzeugkoffer, in der Regel als Alukoffer. Aus Aluminium ist aber nur der Beschlag, das Gerüst des Koffers besteht aus Holz und die Inneneinrichtung aus Kunststoff. Der untere Teil des Koffers verfügt über eine (variable) Facheinteilung, während sich in der Oberseite Taschen oder Einschübe für Werkzeuge befinden. Nachteilig ist, dass viele Teile beim Aufstellen des Koffers aus ihren Fächern und Halterungen herauspurzeln können, sodass ein heilloses Durcheinander entsteht. Dieses lässt sich mit kleinen Sortierkästen beheben, die in unzähligen Größen und Einteilungen erhältlich sind. Sie lassen sich natürlich nicht nur im Koffer, sondern auch einzeln verwenden.

Wenn man auf die Mobilität keinen Wert legt, kann man die Werkzeuge auch stationär aufbewahren. Es steht mehr Platz zur Verfügung, die Werkzeuge lassen sich übersichtlicher ordnen.

Steht die Werkbank vor einer Wand, so sollte man dort eine dicke Holzplatte (etwa aus billiger Tischlerplatte) anbringen. Hier lassen sich mittels verschiedenster Haken und Nägel die Werkzeughalterungen anbringen. Da man alles stets vor Augen hat, findet man alles sehr schnell und merkt sofort, wenn was nicht am rechten Platz

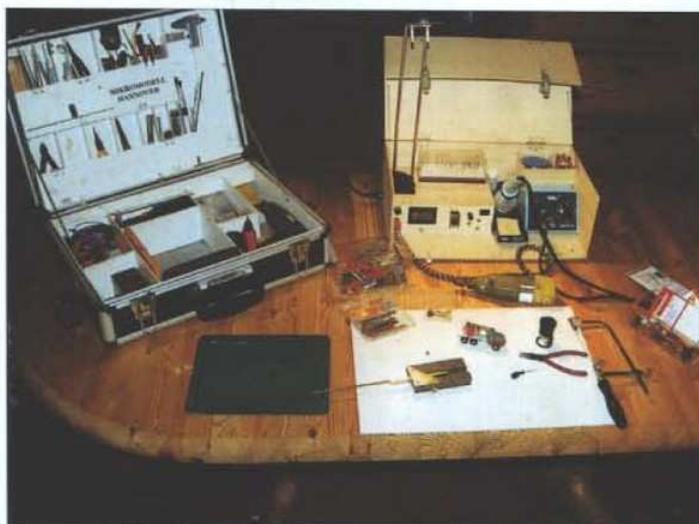


An diesem preiswerten Werkzeugbord sind die wichtigsten Werkzeuge übersichtlich angeordnet.

Werkzeug und Ausstattungsteile zur Detaillierung finden sich in diesem preiswerten Aluminium-Koffer. Ein eingelegetes Kleinteilemagazin verhindert, dass alles lose herumpoltert (links Mitte).



Hier wurde ein Metall-Schreibtischcontainer mit einer flexiblen Facheinteilung von Westfalia versehen. Er fand Platz sparend unter der Werkbank Platz.



Auch eine Lösung: Die mobile Werkstatt, untergebracht in einem Alukoffer und in einer kleinen Holzkiste, lässt sich bequem am Wohnzimmer-Couchtisch aufbauen.

ist. Wem diese „selbst geschnitzte“ Lösung zu hemdsärmelig ist, kann konfektionierte Systeme im Baumarkt erstehen – doch haben diese ihren Preis ohne nennenswerte Vorteile zu bieten.

Ist keine freie Wand vorhanden? Viel-

platte der Werkbank eine ausreichend dimensionierte Schublade einbauen. Entsprechende Beschläge und Bausätze gibts im Baumarkt. Leider kann man die Schublade nicht immer offen lassen, da sie bei der Arbeit stört.

ner Werkzeugschrank aus Stahl mit mehreren kugelgelagerten Schubladen, die auch mit variablen „Inneneinrichtungen“ und Aufteilungen versehen werden können. Aber dann muss man schon auf die eine oder andere Loko-