

Solche Teile sind das Salz in der Suppe, doch dahinter steckt Arbeit.

Dem Profimodellbauer Sébastien Fabre über die Schulter geschaut

Feinste Gussteile aus Weissmetall

Wir kennen sie, die feinen Gussteile aus Metall, welche einen hohen Detaillierungsgrad von Modellen erst möglich machen. Die Herstellung solcher Teile ist anspruchsvoll und aufwändig, deshalb werden die meisten die Hilfe von Fachleuten in Anspruch nehmen. Sébastien Fabre, Önologe im Ruhestand, hat sich ein grosses Know how im Weissmetallgiessen angeeignet und erklärt uns eine spannende Welt.

Von Sébastien Fabre (Text, Fotos), A. Cerri, J.C. Luget (Fotos), B. Kalberer (Übersetzung aus dem Französischen)

Als vor etwa 4500 Jahren unsere Vorfahren begannen, aus Kupfer und Bronze verschiedene Gegenstände zu giessen, dachten sie mit Bestimmtheit nicht an die Modellbauszene. Auch als um etwa 900 v. Chr. Die Inkas das Wachsauerschmelzverfahren für die Verarbeitung von Gold entwickelten, hatten sie kaum Lokomotivräder vor ihren Augen. Abgesehen davon, dass die Vorbilder für Eisenbahnmodelle noch

lange nicht in Sicht waren, war nach diesen beiden Entwicklungsstufen noch eine dritte notwendig, um mit einigem Aufwand und erträglichen Kosten die Feingussteile aus Weissmetall oder Messing herzustellen, wie wir sie heute gewohnt sind.

Dieser dritte Entwicklungsschritt ist dem amerikanischen Chemiker J. F. Hyde in den 1930-er-Jahren mit der Herstellung von

polymeren, organischen Silikonverbindungen zu verdanken. Diese neuartigen Kunststoffe, vor allem die bis 500 °C temperaturbeständigen Silikonkautschuke spielen heute eine fundamentale Rolle bei der Herstellung von Formen für Gussteile.

Weissmetall

Unter diesem Begriff versteht man eine ganze Familie von verschiedenen Legierungen

gen. Sie unterscheiden sich vor allem in der Schmelztemperatur und der Dichte. Im Allgemeinen bestehen sie aus den Elementen Antimon (631 °C, 6,7), Blei 327 °C, 11,3), Bismut (271 °C, 9,7) und Zinn (232 °C 5,7).

Es gibt Hunderte von Weissmetall-Formulierungen, welche ihre spezifische Einsatzgebiete aufweisen. Die in diesem Artikel erwähnte Weissmetall-Legierung hat einen Schmelzpunkt von 245 °C und eine Dichte von 8,5. Bemerkenswert ist vor allem die Tatsache, dass sie keine Schrumpfung während des Erstarrungsvorganges aufweist, was innerhalb der verschiedenen Gussverfahren eher selten ist. Diese vorteilhafte Eigenschaft verdankt die Legierung der Tatsache, dass Zinn und Blei beim Abkühlen sich zusammenziehen, während Bismut und Antimon sich ausdehnen. Die Legierung ist also derart eingestellt, dass sich Kontraktion und Expansion die Waage halten.

Schmelztemperaturen und Dichten einiger Metalle

A) Im Wachsausschmelzverfahren eingesetzt:

Eisen	1500 °C	7,8
Nickel	1080 °C	8,7
Gold	1064 °C	19,3
Silber	962 °C	10,5
Messing	900 °C	8,8
Bronze	880 °C	8,8

B) Im Silikonformguss (Schleuderguss) eingesetzt:

Kayem (Zink/Alu)	360 °C	6,6
Zinn	232 °C	5,7
Weissmetall (div. Legierungen)	180–350 °C	8,5
Wood'sche Legierung (Bismut–Blei–Cadmium–Zinn)	60 °C	9,4

Handwerkliches Giessen

2500 bis 1800 v. Chr.	Gegenstände aus Bronze (Bronzezeit)
900 v. Chr.–1532 n. Chr.	Wachsausschmelzverfahren der Inkas
2650 v. Chr.	Erste Sandgussgegenstände aus Eisen in Afrika
1938 n. Chr.	Erste Silikonkautschuke zur Formherstellung in den USA

Giessen im Eisenbahnmodellbau

Dieses Verfahren ermöglicht die Herstellung von komplexen Volumenteilen, welche beispielsweise mittels der Ätztechnik nicht realisiert werden können. Dies wurde bereits in der Vergangenheit in grossem Umfang angewendet, denken wir beispielsweise nur an die Modelle aus dem Hause Märklin oder die aus unseren Jugendjahren bekannten Modellautos von Dinky Toys aus Zamak, einer Legierung aus Zink, Aluminium, Magnesium und Kupfer. Zwar selten, aber es gab auch zur Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts Carrosserien von Modellautos aus Bronze.

Kleinserienhersteller der Modellbahnbranche greifen ausgiebig auf handwerkliche Giesstechniken zurück, sei es in Form des Wachsausschmelzverfahrens (Messing, Bronze oder Neusilber) oder des Schleudergusses in Silikonformen; hier vor allem mit Weissmetall und anderen Legierungen wie beispielsweise Kayem. Jede dieser Methode benötigt dazu einen bestimmten Typ der Formen.

Die einfachste Art finden wir bei Guss-eisenteilen wie Rädern und anderen Bauteilen für Park- und Gartenbahnen. Hier wird das geschmolzene Metall in eine Sandform gegossen, wobei darauf zu achten ist, dass dieser sehr feinkörnig ist, um eine sehr kompakte Form, beziehungsweise eine möglichst glatte Oberfläche der Gussstücke zu erreichen. Im eigentlichen Eisenbahnmodellbau, das heisst in den kleineren Massstäben ab 1:22,5 und darunter, ist diese Methode wenig oder nicht geeignet. Hier kommt das Ausschmelz- und Schleuderverfahren zur Anwendung.

Das Wachsausschmelzverfahren, im angelsächsischen Sprachraum «lost wax», also verlorener Wachs, wurde wie schon eingangs erwähnt, bereits von den Inkas

zur Herstellung von Goldschmuck angewendet und soll hier nicht detailliert vorgestellt werden. In LOKI 4/2008 wurde die auf diesem Gebiet spezialisierte und in Modellbaukreisen bekannte Firma Brogioli aus Schaffhausen zusammen mit der «Lost wax»-Technik vorgestellt. Auch dieses Verfahren beginnt mit einem positiven Urmodell von welchem eine Silikonform hergestellt wird. Diese dient dann zur Herstellung vieler Abgüsse aus Wachs, welche zu einem grösseren «Baum» zusammengebaut werden. Er wird mit einer Keramikmasse umgossen, das Ganze kommt in einen Ofen, wo der Wachs herausgeschmolzen und die Form gebrannt wird. Unter Anwendung von Vakuum oder einer Zentrifuge zur Verhinderung von Blasenbildung wird Messing, Bronze oder Neusilber eingegossen. Nach dem Auskühlen wird die Keramikform zerstört, sie kann also nur einmal verwendet werden.

Das Schleudergussverfahren mit Weissmetall

Wird eine relativ grosse Anzahl von Teilen benötigt, für welche das relativ weiche Weissmetall das passende Material ist, so bietet sich der Schleuderguss in Silikonformen an. Diese Technik kam auf, als die Entwicklung von Silikonpolymeren so weit gediehen war, dass sie die notwendigen Schmelztemperaturen aushielten. Derzeit sind die besten Silikonkautschuke gegenüber Temperaturen bis etwa 500 °C beständig. Das eingesetzte Silikonmaterial hat darüber hinaus den Vorteil, dass mit ihrer Flexibilität das Freilegen der Abgüsse erleichtert und gleichzeitig aber ihre Form behalten. Im Gegensatz zum Wachsausschmelzverfahren können aus einer Form Hunderte oder sogar Tausende von Abgüssen gewonnen werden.



Komplexere Projekte bestehen aus mehreren Gussteilen, welche vom Modellbauer noch zu montieren sind.

Silikonformen bestehen aus zwei Teilen, welche passgenau eine untere und eine obere Formhälfte bilden. In eine zentrale Öffnung der runden Form wird das geschmolzene Metall gegossen, welches dann durch speziell angelegte Kanäle zu den von Urmodellen stammenden Hohlräumen gelangt. Der ganze Prozess geschieht in einer Zentrifuge, die auftretenden Zentrifugalkräfte sorgen dafür, dass das schwere Metall auf dem Weg nach aussen die leichte Luft nach innen verdrängt.

Nun ist die Zentrifugalkraft das Produkt aus dem Quadrat der Drehgeschwindigkeit, dem Radius und der Masse ($F = V^2 \times R \times M$). Der Radius ist durch die Zentrifuge und durch die Herstellung der Form gegeben, die Masse ergibt sich aus der Wahl des Gussmaterials. So bleibt als Variable beim Guss noch die Drehgeschwindigkeit, um die Kraft zu beeinflussen, mit welcher das Metall nach aussen gedrückt wird. Dies ist für die Qualität der Abgüsse von entscheidender Bedeutung. Ist sie nämlich zu klein, also die Drehgeschwindigkeit zu niedrig, so steigt die Gefahr, dass sich Blasen von eingeschlossener Luft bilden. Ist sie umgekehrt zu gross, dann kann es vorkommen, dass Metall sich einen Weg in die Trennfläche der beiden Formhälften sucht. Ganz einfach ausgedrückt, beim Schleudergussverfahren ist letztendlich eine grosse Erfahrung des Giessers für eine optimale Qualität der herzustellenden Teile von grosser Bedeutung.

Die Herstellung von Silikonformen

Der Schlüssel zum Erfolg liegt in der Herstellung der Gussformen. Grösste Sorgfalt verdient dabei die Berücksichtigung der Art und Weise, wie das Metall in die Form fliesst und gleichzeitig die Luft aus den



Auch diese Rollböcke der BAM in Spur 11m bestehen unter anderem aus einer Vielzahl von Gussteilen.



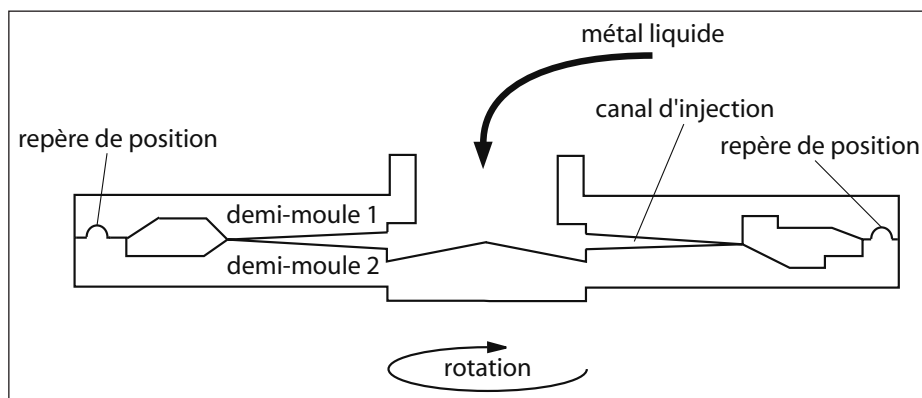
So sieht das Resultat aus, wenn der Modellbauer sich den Teilen auf Seite 77 angenommen hat.

Hohlräumen entweichen soll. Ebenfalls grosse Aufmerksamkeit muss dem Ausformvorgang geschenkt werden, denn die Elastizität des Silikonkautschuks hat auch ihre Grenzen. Hier gilt es, Schäden am Gussstück und vor allem an der Form zu vermeiden.

Der Formenbau beginnt auch beim Schleuderguss mit dem Bau eines Prototyps aus Metall, Kunststoff, Holz, Pappe

oder einem anderen Material, welches stark genug ist, um dem Umgiessen mit Silikon zu widerstehen. Bereits vor dem Bau dieses Urmodells ist es wichtig, sich vorzustellen, wie es in der Form angeordnet werden kann, wie das Metall die Hohlräume zu füllen vermag und wie das erstarrte Gussstück aus der Form entfernt werden kann. Die Herstellung einer erfolgreichen Gussform ist also eine vor allem eine Frage des Vorstellungsvermögens und der Erfahrung; Improvisation ist hier für einmal fehl am Platz. Ebenfalls soll nicht verschwiegen werden, dass der Bau eines Urmodells sehr aufwändig sein kann und in der Regel Fräs- und Dreharbeiten erfordert. Vielfach werden einzelne Teile zum endgültigen Urmodell montiert. Grosse Hilfe bietet auch die Ätztechnik, wenn es darum geht, sehr feine Detaillierungen auf Oberflächen zu erhalten.

Die Bilder veranschaulichen die verschiedenen Stufen der Herstellung einer Giessform aus Silikonkautschuk. Begonnen wird mit einer Schicht in der Dicke einer Formhälfte aus Knetmasse von hoher Qua-



Schnittzeichnung durch die Silikonform für den Schleuderguss mit Weissmetallen.

lität. Die Urmodelle werden zur Hälfte ins Plastilin gedrückt. Es ist sehr wichtig, dass eine möglichst sauber geschlossene Trennkante zwischen Plastilin und Urmodell erhalten wird. Je genauer hier gearbeitet wird, desto unauffälliger werden die Gräte am Gussteil entlang der Formtrennkante.

Wichtig sind einige kugelförmige Körper für zusätzliche, markante Vertiefungen als Zapfenlöcher, welche dann beim Guss beide Hälften der Form exakt positionieren. Sind die Teile korrekt im Plastilin platziert, kommt Flüssigsilikon als erste Formhälfte darauf. Die Höhe richtet sich nach der Dicke des grössten Stückes. Am Schluss kommt eine Aluminiumscheibe drauf, um eine flache Oberfläche zu erhalten.

Silikonharz ist eine relativ dickflüssige Substanz. Es wird mit einem Härter - ein Katalysator, welcher die Polymerisation auslöst - in einem exakten Mengenverhältnis vermischt. Das gründliche Rühren hat als störende Nebenwirkung Blasenbildung zur Folge. Diese Luft muss vor dem Giessen unbedingt entfernt werden. Dies geschieht unter Vakuum, beispielsweise in einem Exsikator aus dem Laborbedarf. Dieser Vorgang dauert etwa 15 Minuten.

Nach etwa 24 Stunden ist das Silikon durchpolymerisiert und die Formhälfte kann von der Knetmasse getrennt werden. Nun wird diese erste Hälfte der Silikonform umgedreht und die Urmodelle werden in ihren jeweiligen Formabdrücken platziert. Auch die Kugeln werden nun entfernt und man trägt mit einem Pinsel Vaseline als Trennschicht auf. Nun wird in analoger Weise die zweite Formhälfte gegossen. Die Urmodelle werden anschliessend aufbewahrt... Man weiss ja nie!

Nun fehlen noch die Zuflusskanäle für das flüssige Metall von der zentralen Öffnung in der Mitte zu den einzelnen Hohlräumen für die Gussteile. Sie werden mit einem Linoleummesser vorsichtig in die eine Formhälfte geschnitten. Der Einlass zum zukünftigen Gussteil soll dabei so klein wie möglich gehalten und mit Vorteil an einem Ort angebracht, wo nach dem Abschneiden des erstarrten Teils sichtbare Reste vom Zufluss entweder nicht auffallen oder gut weggeschliffen werden können. Auch hier ist wieder Erfahrung ein sehr nützlicher Begleiter. Denn es muss irgend-

Das angemischte Silikonharz wird zur Entfernung der Blasen im Vakuum entgast.

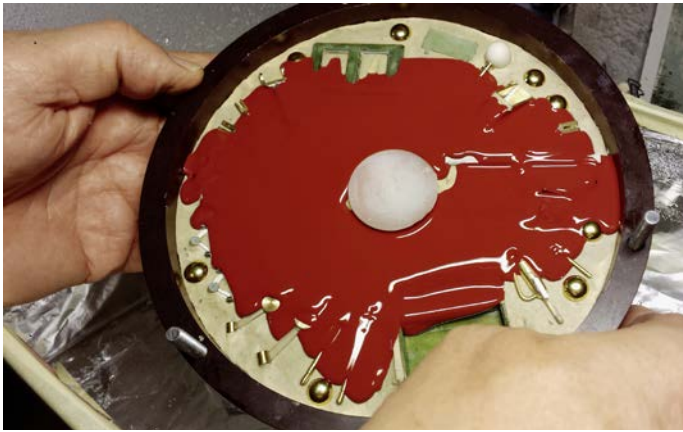


Begonnen wird bei der Formherstellung mit einer temporären Schicht Knetmasse (Plastilin).

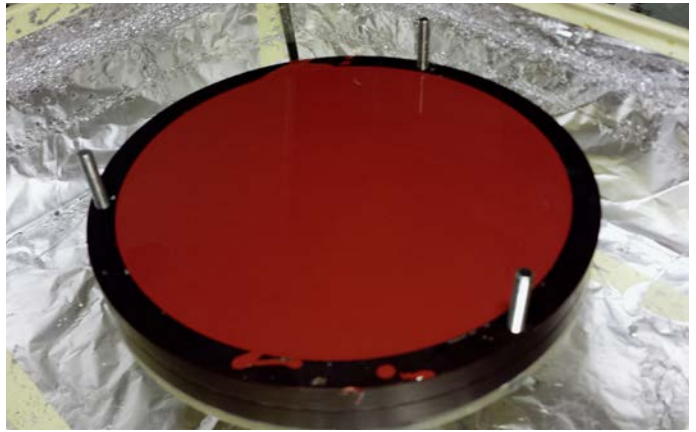


In die Knetmasse werden die Urmodelle und Positionierkörper zur Hälfte eingedrückt.





Sorgfältig wird das Harz auf die Knetmasse mit den Urmodellen aufgebracht.



Hier kommt noch eine Aluplatte drauf und dann kann das Harz aushärten.

wie die Balance gefunden werden zwischen möglichst dünnen Kanaleintritten und sicherer Luftentweichung. Man wird hier ohne erste Gusstests nicht auskommen. Logischerweise startet man beim Ausschneiden der Kanäle bei «zu klein» und arbeitet sich dann zum etwas grösseren Optimum vor.

Man sieht, die Herstellung einer Form erfordert eine Vielzahl von Operationen und damit entsprechend viel Zeit. Deshalb steht jeweils die Frage im Raum, für welche und wie viele Teile sich dieser Aufwand lohnt. Im Allgemeinen gilt sicher einmal, je grösser die Anzahl der Teile, desto sinnvoller ist das Gießen. Es spielen aber auch noch andere Kriterien mit. So kann beispielsweise der feinmechanische Aufwand zur Herstellung eines Stückes sehr aufwändig sein und so kann hier auch bei nur kleiner Auflage der Schleuderguss eine Alternative darstellen.

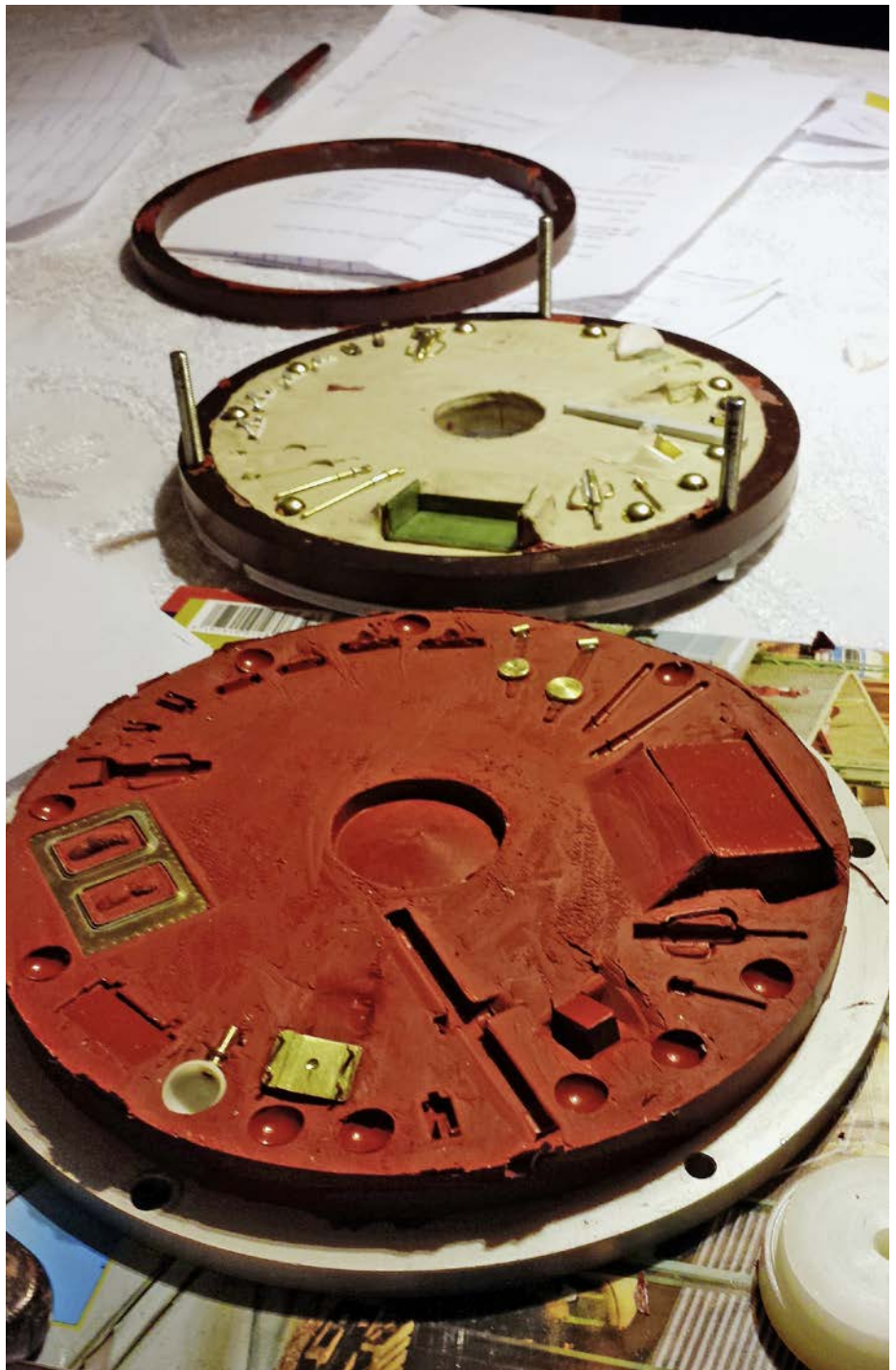
Als weiteres Kriterium spricht für die Gusstechnik die absolute Formgleichheit. Gerade dann, wenn gleiche Details mehrfach und relativ nahe zusammen auftreten, können bereits kleinste Ungleichheiten die Freude beim Betrachten deutlich mindern. Beispiele sind hier Radsatzlager, Laternen, Türgriffe und vieles mehr.

Zur Wahl des Metalls

Das beim Schleuderguss in Silikonformen am häufigsten verwendete Material für Modellbahnteile ist Weissmetall. Innerhalb



Ein Vorteil der Technik ist absolute Formgleichheit.



Formhälfte 1 wird mit den Urmodellen bestückt, für die andere Hälfte wiederholt sich nun der Vorgang.

dieser eingangs beschriebenen Gruppe von Legierungen haben einige Mischungen den Vorteil, dass keine Verfestigungsschrumpfung beim Erkalten eintritt. Diese Eigenschaft ist dann wertvoll, wenn zwei Gussteile exakt zusammenpassen müssen oder einfach exaktes Mass erforderlich ist. Diese positive Tatsache kennt man bei den meisten Metallen nicht, sie weisen in der Regel eine Schrumpfung von etwa 3% während der Erstarrung auf. In diesem Fall muss man bei der Herstellung der Urformen diesen Schwund entsprechend berücksichtigen, was die Konstruktion der Prototypen nicht einfacher macht.

Dafür hat Weissmetall oft einen schlechten Ruf, was die mechanische Widerstandsfähigkeit anbelangt. Natürlich ist es weicher als Stahl, Neusilber oder Messing. Doch gibt es heute Legierungen, die stark oder hart genug sind, um ohne Probleme im Modellbahnbau eingesetzt zu werden. Wichtig ist daher, die richtige Legierung auszuwählen, womit wir wieder bei der Erfahrung wären.

Eine grosse Bedeutung hat auch die Schmelztemperatur. Echtdampf-Modelle sind natürlich dankbar dafür, wenn ihre feinen Zurüstteile angesichts der Frischdampftemperatur nicht schlapp machen. Doch auch hier liegen wir mit Weissmetalllegierungen mit einer Schmelztemperatur von etwa 250 °C auf der unkritischen Seite.

Es gibt aber auch Legierungen für den Silikonschleuderguss, welche signifikant widerstandsfähiger sowohl gegenüber Hitze als auch mechanischen Belastungen sind, wie beispielsweise Zinklegierungen oder Kayem. Gerade letztere, eine Legierung von Zink, Aluminium, Kupfer und Magnesium und einer mit Eisen und Messing vergleichbaren Brinell-Härte, hat einen Schmelzpunkt von etwa 360 °C. Diesen Vorteil erkaufte man sich aber mit einer höheren Giestemperatur (etwa 425 °C), was den Nachteil hat, dass das Metall zu schnell erstarrt. Auch ist die Viskosität dieser Legierungen höher als beim Weissmetall und es wird deshalb schwieriger, sehr feine Details auszugießen.

Der Giessvorgang

Mit Hilfe eines thermostatisch gesteuerten Ofens oder Tiegels wird das Metall geschmolzen, genauer gesagt, auf die für den Giessvorgang optimale Temperatur erhitzt. Mit einer Kelle aus Gusseisen oder Edelstahl schöpft man das Flüssigmetall in die



Der elektrisch beheizte und thermostatisch geregelte Schmelztiegel erhitzt das Weissmetall auf 290° C.



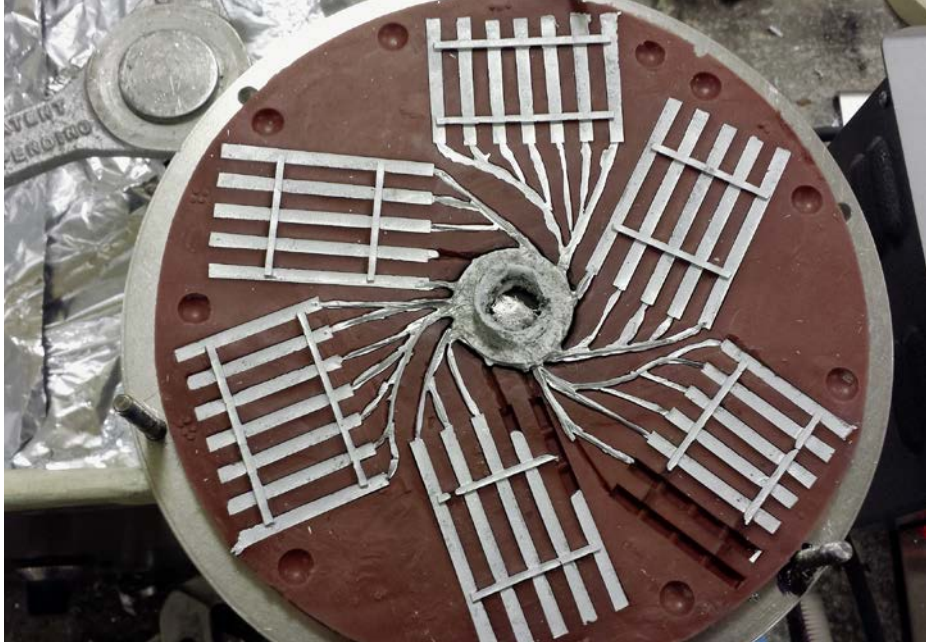
Mit einer Schöpfkelle kommt das geschmolzene Metall in die Mittelloffnung der rotierenden Zentrifuge.

zentrale Öffnung der rotierenden Zentrifuge, wo es dann wegen der Zentrifugalkräfte seinen Weg nach aussen, das heisst durch das Kanalsystem in die Formhöhlräume sucht. Bereits zwei Minuten später ist das Metall vollkommen erstarrt und die Rotation der Zentrifuge kann gestoppt werden. Die beiden Teile der Silikonform werden getrennt und wir können unsere Gussstücke befreien und die Verbindungsstege abtrennen. Nun ist der Moment gekommen, wo wir die Früchte eines relativ langen Arbeitsprozesses beurteilen können. Im positiven Fall wird sich hier auch das schöne Gefühl einstellen, ein hochgestecktes Ziel erreicht zu haben.

Natürlich haben wir in den meisten Fällen noch nicht das endgültig erforderliche Teil vor uns. Häufig beginnt nach dem Giessvorgang eine mehr oder weniger umfangreiche Phase der Bearbeitung. Es braucht beispielsweise relativ wenig Arbeit, bis die Verteilventile auf die Rohre oder der Hemmschuh aufs Gleisprofil exakt passen. Vor allem dann, wenn dem Guss ein sorgfältiger Formenbau vorausging.

Beispiel Lokräder

Dann gibt es aber auch Anwendungen, die mehr Arbeit einfordern. Ein klassisches Beispiel für solche Gussstücke im Modelleisenbahnbau sind Lokomotivräder. Hier stehen umfangreiche und vor allem sehr exakte Dreharbeiten auf dem Programm. Vor allem für qualitativ hochstehende Räder, wo man dem Weissmetallkern eine Stahlbandage verpassen wird, ist einiges an feinmechanischem Können gefragt, bis nach



Spannend ist immer der Moment des Öffnens der Form. Es gibt immer wieder fehlerhafte Abgüsse.



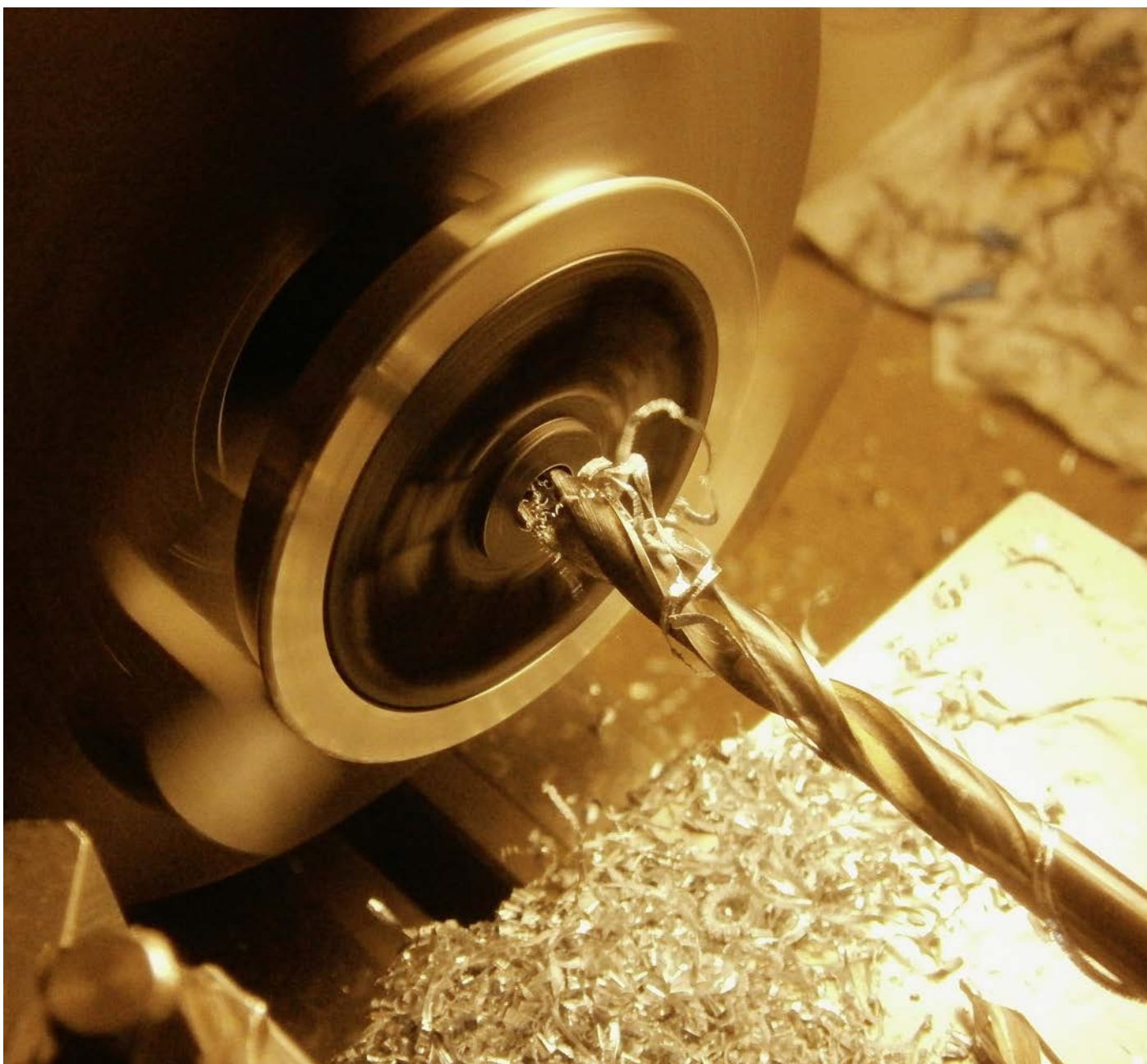
Je sorgfältiger die Form gemacht wurde, desto weniger Nacharbeit benötigt das Gussteil.



Diese Radkerne wurden bereits exakt abgedreht und werden nun lackiert.



Der Kleenexstreifen sorgt für Abstand zum aufzuklebenden Radreifen.



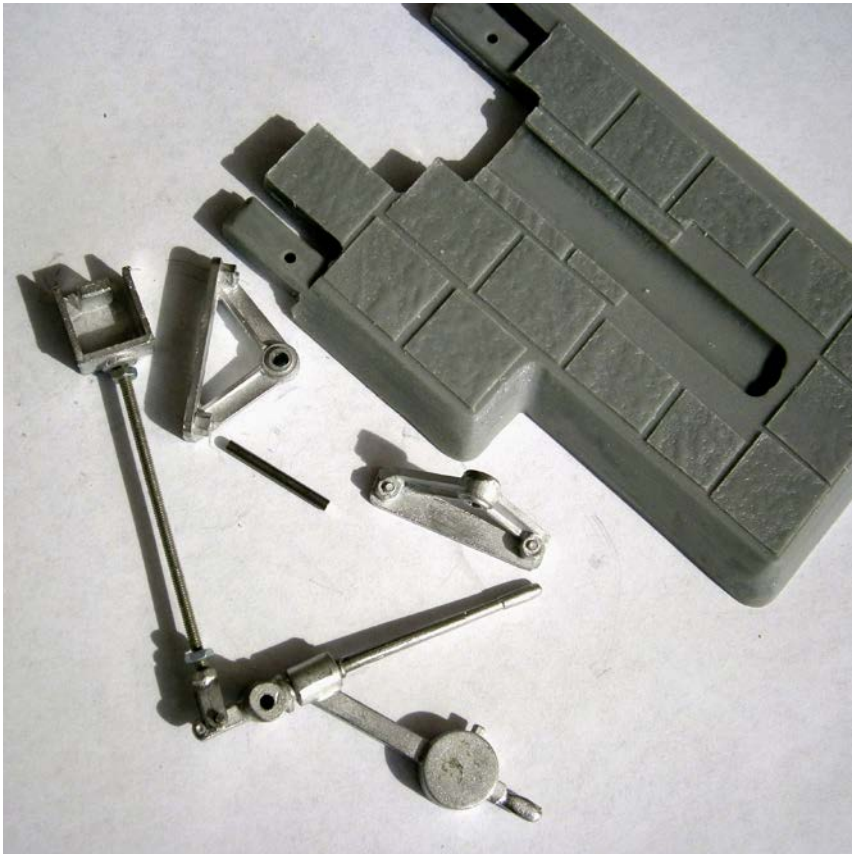
Nach dem Aushärten erhält das Rad auf der Drehbank die exakte Bohrung. Der Radkern wurde aus Kayem gegossen, was an den schönen Spänen erkennbar ist.



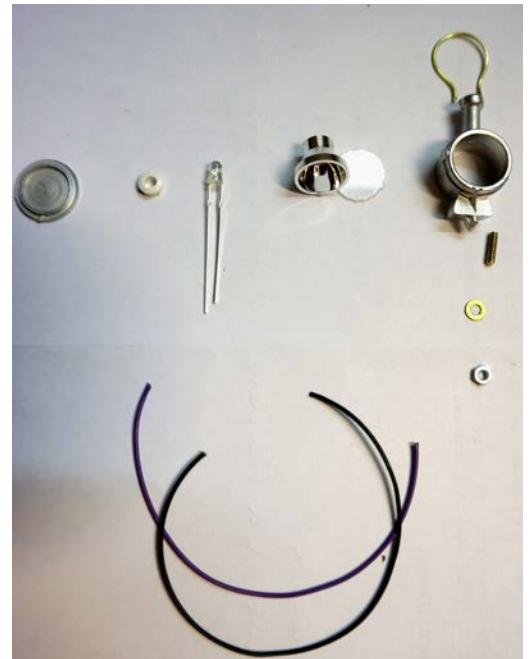
Nach dem Aufbringen des Klebstoffes wird der Stahlreifen aufgeschoben.



Drei-Punkt-Auflage sorgt beim Aushärten für eine exakte Position.



Die Gussteile für einen Weichenstellbock im Massstab 1:22,5.



21 Teile, davon zwei aus Weissmetall für eine Loklaterne.



Nach Montage und farblicher Behandlung darf der Modellbauer stolz auf einen zwar aufwändigen, aber erfolgreichen Prozess zurückblicken.

den Dreharbeiten der Radreifen aufgezogen werden kann. Beim Vorbild hält der Reifen mittels Schrumpfsitz auf dem Radkern. Das heisst, die Bandage wird mit Wärme ausgedehnt und so über den Kern gestülpt. Beim Abkühlen zieht sie sich zusammen und umschlingt den Kern.

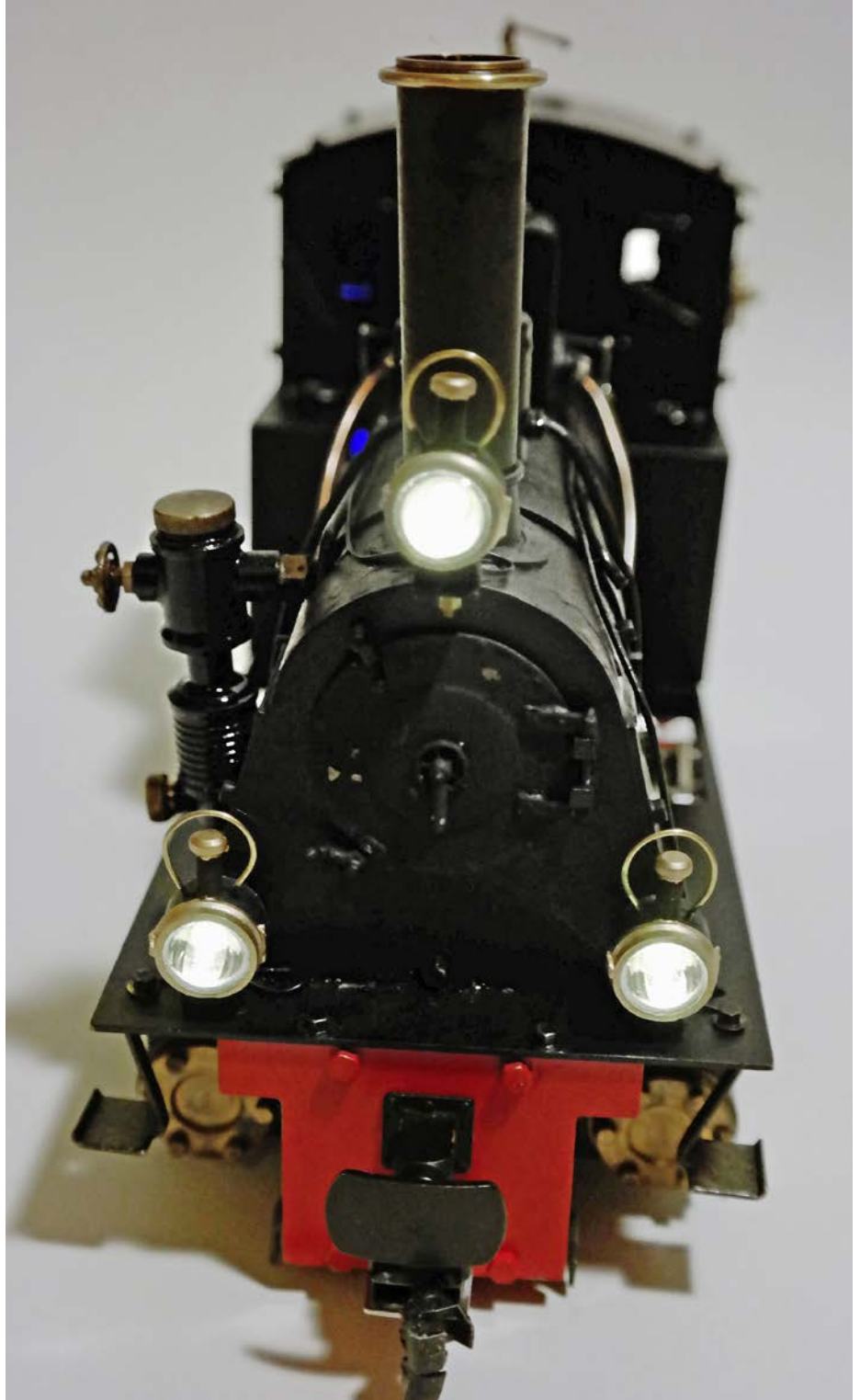
Bei den meisten Modellen benötigen wir zwischen Kern und Reifen noch eine elektrische Isolation. Deshalb arbeiten wir auf einen winzigen Zwischenraum hin, der es uns erlaubt, eine Lage Papiertaschentuch aufzukleben und mit einem guten Metallklebstoff wie beispielsweise Loctite 638 spaltfüllend zu verbinden.

Weitere Beispiele

Ebenfalls aus Weissgussteilen wird das Modell eines Stellhebels für LGB-Weichen gefertigt. Auch hier ist das Material mechanisch völlig ausreichend, doch wir werden mit Nacharbeiten nach dem Guss konfrontiert. Sie bestehen aus dem Bohren der notwendigen Löcher für die Drehachsen in den beiden seitlichen Stützen und der Hebel. Die Verbindung zwischen Hebel und Stellschwelle erhält ein Gewinde, um die korrekte Länge des Stellweges einzustellen.

Zum Schluss noch etwas Licht

Ich hoffe, einige Einblicke in die Herstellung von Kleinteilen mittels Schleuderguss gegeben zu haben, also etwas Licht hinter die Bühne geworfen zu haben. Dazu braucht es Lampen und solche hat jedes Modell. Sie sind abschliessend auch ein weiteres Beispiel für die sinnvolle Anwendung für Schleudergussteile in Verbindung mit anderen Materialien. Aus Weissmetall sind zwar nur Gehäuse und Rückwand, ein Reflektor, eine LED, Kabel, Schrauben, Muttern sowie ein wasserstrahlgeschnittenes Glas vervollständigen die Dampflaternen, welche nach dem Lackieren mit schwarzer Farbe und einem Goldrand eine hervorragende Figur macht. ○



Mit den drei Laternen beenden wir den Beitrag, mit dem deren Herstellung etwas beleuchtet werden sollte.

Weitere Informationen:

Design S. Fabre
Chemin de la Cigale 3
1302 Vufflens-la-Ville
Tel. 021 701 05 21
sebastien.fabre@bluewin.ch

Der Autor teilt sein Wissen gerne – und vor allem mit Herzlichkeit und Humor. Merci bien, Sebastien!

