

Untersuchung eines Dampfreinigungsöls

Auftraggeber: Herr Dipl.-Betriebsw. M. Hoebink (modellbahnprofi.com, Spatzenweg 64, 48282 Emsdetten).

Untersuchungsmaterial: Dampf- und Reinigungsdestillate:

1. Dampf- und Reinigungsöl der Firma modellbahnprofi.com
2. Referenz eines Dampfrauchdestillates.
3. Referenz eines Reinigungsdestillates

Modelleisenbahnbestandteile:

1. Dampflokomotive Typ DB 041 293-2 (Firma Roco)
2. Diesellokomotive Typ DB 216 102-4 (Firma Brava)
3. Rangierlokomotive Typ Henschel DH (Firma Märklin)
4. Rangierlokomotive Typ MV9 (Firma Fleischmann)
5. Gandy Dancer (Firma Bachmann)
6. Schienenelement „Weiche“ (Firma Roco)
7. Schienenelement „Zwischenstück“ (Firma Märklin)
8. Modellhaus „Bergkapelle“ (Firma Faller)
9. Dampfgeneratoren (Firma Seuthe)

Untersuchungsauftrag: Vergleichende infrarotspektrometrische Untersuchung der Dampf- und Reinigungsdestillate sowie Prüfung der Materialverträglichkeit des Dampfreinigungsöls der Firma modellbahnprofi.com.

Analysenbericht

Vorbemerkung

Bei der Firma modellbahnprofi.com ist ein neues Dampf- und ein Reinigungsöl entwickelt worden, das im Modellbahnbereich eingesetzt werden soll. Mit dem Öl ist es möglich, bei Dampflokomotiven und Modellbauhäusern, die mit einem Dampfgenerator ausgerüstet sind, einen weißen Rauch zu erzeugen. Das Reinigungsöl wird zum Säubern von Modellbahnkomponenten eingesetzt. In dieser Untersuchung soll das Dampf- und Reinigungsöl der Firma modellbahnprofi.com genauer charakterisiert und mit den Referenzprodukten verglichen werden. Desweiteren soll geprüft werden, ob es beim Einsatz der neu entwickelten Steam & Clean Dampf- und Reinigungsdestillat zu Materialunverträglichkeiten kommen kann. Hierzu wurden mehrere Modellbahnbestandteile angeschafft, wie verschiedene Lokomotiven, Modellbauhäuser und Schienenelemente. Mögliche Schäden können hierbei durch Quellungs- und/oder Lösungsvorgänge an den Kunststoffteilen und Lacken (Farbzeichnungen) entstehen. Bei den

Kunststoffteilen sind massive Formstücke, bei denen die Farbgebungen durch eingearbeitete anorganische Füllstoffe (Eisenoxide, Ruß) hervorgerufen werden, von solchen zu trennen, bei denen die Farbe auf eine Lackierung zurückzuführen ist. Neben Kunststoffformkörpern werden auch Kautschuke eingesetzt (Schienenelemente, Weichen). Diese Elastomere besitzen häufig eine hohe Konzentration an organisch extrahierbaren Weichmachern. Im Rahmen dieser Untersuchung sind Modellbahnkomponenten eingesetzt worden, die entweder aus massiven Kunststoffformkörpern bestehen und auffällige Farbzeichnungen besitzen oder solche, die sich aus elastomeren Verbindungen (Kautschuken) zusammensetzen. Die Analyse gliedert sich in folgende Abschnitte:

1. Vergleichende infrarotspektrometrische und gaschromatografische Untersuchung der Dampf- und Reinigungsdestillate
2. Spektrometrische Bestimmung der polymeren Zusammensetzung aller in der Untersuchung eingesetzten Modellbahnbestandteile (Kunststoffe, Lacke und Elastomere).
3. Extraktive Behandlung ausgewählter Kunststoffformkörper im Steam & Clean Reinigungsdestillat der Firma modellbahnprofi.com mit anschließender spektrometrischer Analyse des Destillates und der Oberflächen der eingesetzten Kunststoffteile.
4. Stereoskopische Sichtung der dampfölbearbeiteten massiven Kunststoffformkörper und solcher, die auffällige Farbzeichnungen besitzen.
5. Zusammenfassende Darstellung der erhaltenen Befunde mit abschließender Bewertung zur Materialverträglichkeit des Steam & Clean Dampf- und Reinigungsdestillat der Firma modellbahnprofi.com.

Anmerkung: Um im anschließenden Bericht die verschiedenen Dampf- und Reinigungsdestillate begrifflich unterscheiden zu können sind folgende Definitionen gewählt worden: das Steam & Clean Dampf- und Reinigungsdestillat der Firma modellbahnprofi.com wird bezeichnet als **DRÖI-Hoebink**. Diese Bezeichnung bringt zum Ausdruck, dass sowohl das Dampf- als auch das Reinigungsdestillat in der folgenden Untersuchung getestet werden. Das Dampfrauchdestillat der Mitbewerber wird bezeichnet als **DRD-Referenz** und das Reinigungsdestillat der Mitbewerber wird bezeichnet als **RD-Referenz**. Diese Begriffe werden im anschließendem Bericht durchgehend verwandt.

Probenvorbereitung

Prüfung der Materialverträglichkeit des Produktes DRÖI-Hoebink

Vor der eigentlichen Materialverträglichkeitsprüfung sind die ausgewählten Kunststoffbestandteile und Lackpartikel stereoskopisch gesichtet worden. Anschließend wurden die Teile in Glasgefäße gegeben und mit dem Dampf- und Reinigungsöl der Firma modellbahnprofi.com überschichtet. Die Inkubation erfolgte bei Zimmertemperatur für einen Zeitraum von einer Woche. Nach Ablauf der Inkubationszeit wurden die Kunststoffteile entnommen, in tensidhaltigem Wasser gewaschen und bei 35 °C im Umluftwärmeschrank getrocknet. Um feststellen zu können, ob Quellungs- oder Lösungsvorgänge an den Kunststoffbestandteilen stattgefunden haben, sind alle Teile vorher und nachher stereoskopisch gesichtet und mikrofotografiert worden. Desweiteren wurden die Kunststoffoberflächen direkt mit Hilfe der Diamant-ATR-Technik vermessen. Werden bestimmte Komponenten, wie zum Beispiel Weichmacher aus den Kunststoffen herausgelöst, zeigen

sich Unterschiede im Spektrum vor und nach der Extraktion. Desweiteren wurde auch das Extraktionsmittel DRÖI-Hoebink vor und nach den Versuchsansätzen spektrometrisch analysiert. Bei lackierten Kunststoff- und Metallteilen ist neben dem Abfärbe- und/oder Ablöseverhalten besonders auf die Beibehaltung der „Farbreinheit“ an Farbschichtgrenzen (dreifarbig Streifung an Lokomotiven) geachtet worden.

Ergebnisse

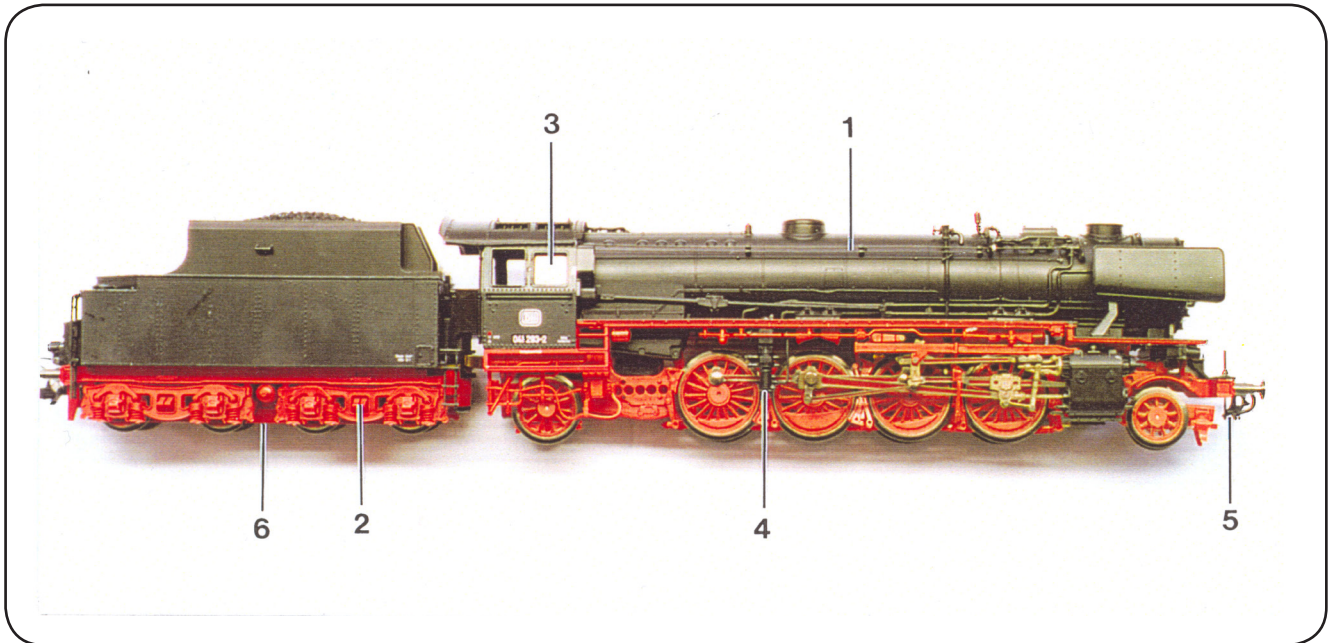


Abb. 3: Fotografische Aufnahme der Dampflokomotive Typ DB 041 293-2 mit Tender (1 Gehäuse aus einem Styrol-Acrylnitril/Methacrylat-Terpolymerisat, 2 Seitenverkleidung aus Polyamid, 3 Scheibe aus Polystyrol, 4 Spiraldämpfung aus Styrol-Acrylnitril-Copolymerisat, 5 Kupplung aus Polyoxymethylen, 6 Bodenplatte mit Acrylatlacklackierung, Übersichtsaufnahme)

Die Dampfdestillate werden in einem Generator mit Heizwiderstand über Siedehitze verdampft und erzeugen nach Kondensation typische Dampfschwaden. An dieser Stelle soll die Dampfbildung der einzelnen Produkte genauer beschrieben werden. Die Intensität der Dampfbildung ist bei den Ölen DRÖI-Hoebink und RD-Referenz nahezu gleich.

An dieser Stelle sei vermerkt, daß die Dampfausbeute nicht nur vom eingesetzten Destillat, sondern auch vom Zustand des Generators bestimmt wird. Besonders wichtig ist hier die Beweglichkeit des Kugelventiles, das für eine stoßartige Dampfbildung zuständig ist. Fehlt diese Beweglichkeit, resultieren gleichförmig und linear aufsteigende Dampfschwaden. Der Heizwiderstand ist an der Basis durch einen Kleber mit dem metallischen Hohlzylinder verbunden worden. Der Kleber selbst besteht aus einem Epoxidharz. Ein Angriff des Klebers durch die eingesetzten Dampf- und Rauchdestillate ist bei keinem der Produkte zu beobachten (Spektrum siehe Anhang).



Abb. 4: Fotografische Aufnahme der Rangierlokomotive Typ Henschel DH (beachte Bandenzeichnung am Gehäuse, Übersichtsaufnahme)

Bevor die Materialverträglichkeit des Dampfreinigungsöls der Firma modellbahnprofi.com geprüft werden kann, müssen die im Modellbahnbereich eingesetzten Kunststoffe bekannt sein. Hierzu wurden die Bestandteile von Lokomotiven, Modellbauhäusern und Schienenelementen polymerorganisch untersucht. Zusammenfassend ist festzustellen, daß bei den Formkörpern sechs Kunststofftypen gefunden wurden.

Auf- oder Anbauten bestehen zum Teil auch aus metallischen Grundkörpern (Blender, Bodenplatten, Zinkgußgehäuse), die mit Acryllacken beschichtet worden sind. Bei der untersuchten Faller-Kapelle setzen sich alle massiven Kunststoffteile aus Polystyrol zusammen. Die verschiedenartige Farbgebung der Teile wird durch eingearbeitete anorganische Füllstoffe (Carbonate, Eisenoxide) verursacht. Eine Sonderstellung nehmen die Schienenelemente ein. Bei der Firma Märklin besteht das Schienenbett aus einem metallischen Grundgerüst, das mit einem Epoxidharz- oder Lack (EP) versehen worden ist. Wie das Schienenbett zeichnen sich auch die Schienen durch eine Epoxidlackierung des metallischen Grundkörpers aus. Bei der Weiche der Firma Roco ist im schwarzen Schaltelement und in den Schienen Styrol-Acrylnitril eingesetzt worden. Bei dem grauen Schienenbett handelt es sich um einen Kautschuk auf Basis von Styrol-Butadien (SBR). Neben dem polymeren Anteil zeichnet sich der Kautschuk durch einen hohen Gehalt an langkettigen unverzweigten Paraffinölen (SBR+PO, Weichmacher) aus. Zudem ist die Weiche verkabelt worden. Die Kabelummantelung besteht aus Polyvinylchlorid und enthält einen hohen Weichmacheranteil auf Basis von Dioctylphthalaten. Das hier vorgestellte Kunststoffspektrum scheint repräsentativ für den Modellbahnbereich zu sein, da die beschriebenen Polymere mit annähernd gleicher Häufigkeit bei allen führenden Modellbahnherstellern eingesetzt werden.

In einem weiteren Abschnitt der Untersuchung ist die Materialverträglichkeit des Dampf-reinigungsöls DRÖI-Hoebink mit Kunststoffteilen der Modellbahn geprüft worden. Hierzu sind Modellbahnbestandteile bekannter Kunststoffzusammensetzung (siehe oben) für einen Zeitraum von einer Woche in dem Dampfreinigungsöl der Firma modellbahnprofi.com inkubiert worden. Nach Reinigung und Trocknung der eingelegten Teile wurde eine stereoskopische Sichtung durchgeführt. Hierbei ist zwischen „massiven“ Kunststoffformkörpern und Bestandteilen mit Farbzeichnungen unterschieden worden. In Abbildung 5 werden einige Teile nach der Behandlung dargestellt. Im Rahmen der Materialverträglichkeitsprüfung ist bei den massiven Kunststoffen vor allem auf Quellungs- und Lösungsvorgänge geachtet worden. Beim Abdeckring des Dampf-generators und der Spiraldämpfung der Roco-Dampflokomotive aus Styrol-Acrylnitril sind keine Veränderungen festzustellen (Abb. 5A und C). Die Polymere zeigen weder Anzeichen einer Aufweichung, noch ist die Bildung von Rissen oder Aufbrüchen im Polymergefüge zu beobachten. Auch bei der Scheibe aus Polystyrol ist keine Schädigung erkennbar. Als erstes Zeichen einer Beeinträchtigung hätte es zu einer Eintrübung des „Glases“ kommen müssen. In Abbildung 5B ist die Scheibe auf ein, mit einem Kreuz versehenes Stück Papier gelegt worden. Das Kreuz ist deutlich zu erkennen, eine Eintrübung hat nicht stattgefunden. In Abbildung 5D ist ein Teil der Seitenverkleidung zu sehen. Sie besteht aus einem Polyamid, das mit anorganischen Pigmenten (Eisenoxiden) rot eingefärbt worden ist. Auch hier ist nach einwöchiger Inkubation keine Veränderung am Kunststoffgefüge zu erkennen. Die hier vorgestellten Befunde sind repräsentativ für alle untersuchten massiven Kunststoffteile. Bei keinem der zur Prüfung eingesetzten Kunststoffe lassen sich Veränderungen feststellen. Alle in der Tabelle 1 und 2 aufgelisteten Kunststoffteile, mit Ausnahme des Kautschuks und eines Lackes, zeichnen sich durch ein chemisch inertes Verhalten gegenüber dem Dampfreinigungsöl DRÖI-Hoebink aus.

Beim zweiten Abschnitt der Materialverträglichkeitsprüfung wurden lackierte oder mit auffälligen Farbzeichnungen versehene Modellbahnbestandteile mit dem Dampfreinigungsöl DRÖI-Hoebink behandelt. Alle Farbzeichnungen bestehen aus Lacken auf Basis von Methylmethacrylaten (MMA-Lacke), die jedoch durch weitere Zusätze unterschiedlich modifiziert worden sind. Abbildung 6 zeigt vier Aufnahmen solcher Bestandteile nach einwöchiger Inkubation bei Zimmertemperatur. Bei der Rangierlokomotive Typ Henschel DH (Firma Märklin) ist das Gehäuse mit einer dreifachen Farbzeichnung versehen worden (Abb. 6A). Bei einer nachfolgenden stereoskopischen Sichtung sind weder Quellungs- noch Lösungsvorgänge an den Farbschichten zu beobachten. Eine „Verschmierung“ an den Farbgrenzen hat nicht stattgefunden. Auch bei den Verzierungen an der Seitenfront des Gehäuses der Rangierlokomotive Typ MV9 ist keine Veränderung an den Farbzeichnungen festzustellen (Abb. 6B). Wird der zweifarbig gestreifte Blender der gleichen Lokomotive betrachtet, so zeigen sich erneut keine Schäden an der Lackierung (Abb. 6C). In Abbildung 6D wird die rot lackierte Bodenplatte des Tenders der Roco-Dampflokomotive dargestellt. Beim Wischtest mit einem mit DRÖI-Hoebink getränktem Zellstofftuch kommt es zu einer leichten Rotfärbung des Tuches. Wie beim Tuch färbt sich auch das bei der Inkubation eingesetzte überstehende Dampfreinigungsöl leicht rosarot ein (siehe unten). Der hier verwendete Acrylatlack wird in geringem Maße angelöst. Es kommt aber nicht zu einer vollständigen Ablösung des Lackes. Das beobachtete Färbverhalten ist treffender mit dem Begriff „Abfärbung“ zu beschreiben (es kann aber auch von einer verminderten Wischfestigkeit des Acrylatlackes gesprochen werden). Da dieses Verhalten nur beim Lack, der Bodenplatte auftritt, wird deutlich, daß die meisten Lacke die im Modellbahnbereich eingesetzt werden, keine Lösungsaffinität zum Dampfreinigungsöl der Firma modellbahnprofi.com besitzen.

Auch die Produkte RD-Referenz und DRD-Referenz der Mitbewerber) zeigen das beschriebene Abfärbverhalten an der Bodenplatte des Tenders.

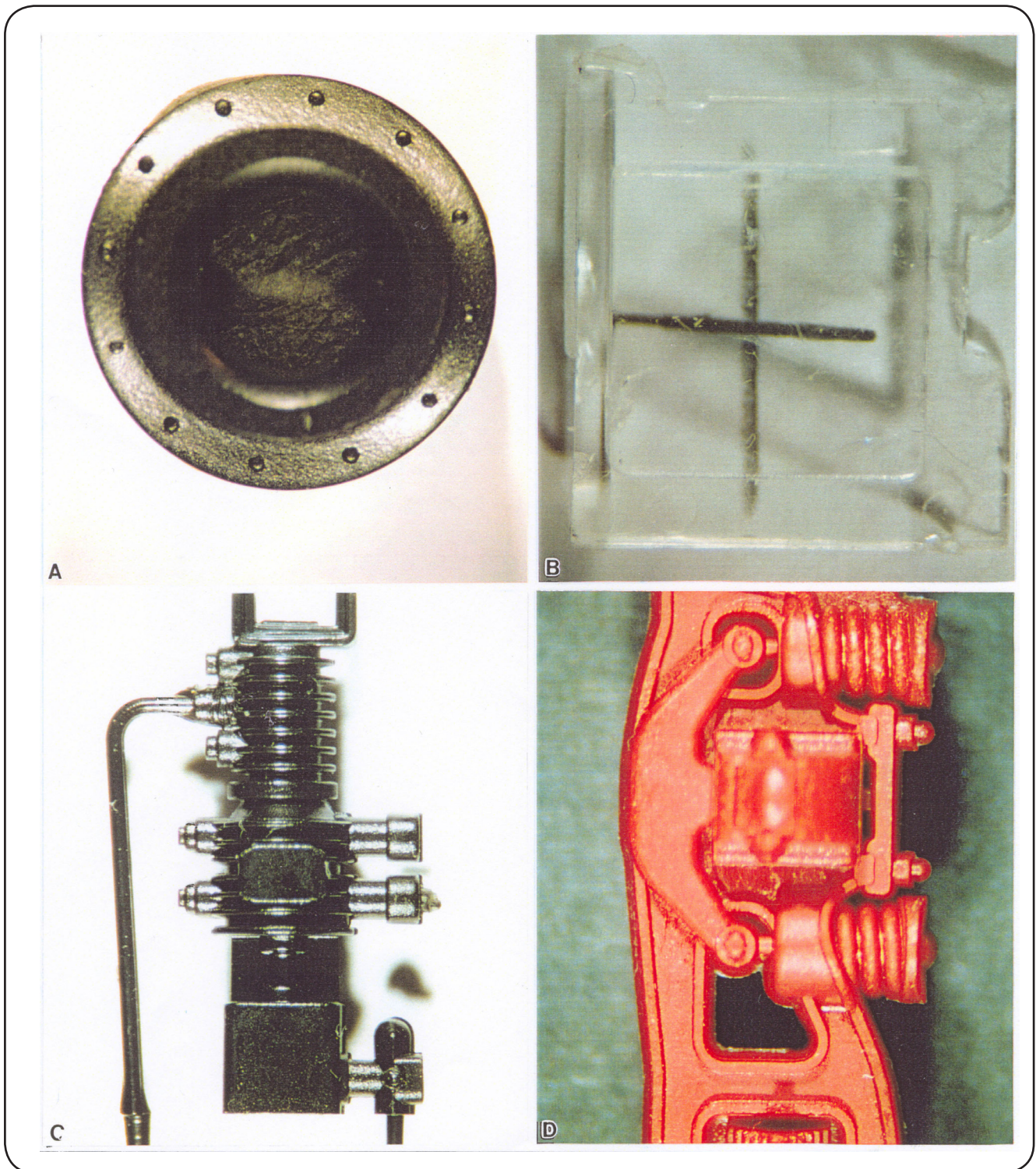


Abb. 5: Stereoskopische Aufnahmen von verschiedenen Modellbahnbestandteilen nach einwöchiger Inkubation in DRÖI-Dampfreinigungsöl der Firma modellbahnprofi.com, A A bdeckung des Dampfgenerators aus Styrol-Acrylnitril, B Scheibe aus Polystyrol, C Spiraldämpfung aus Styrolacrylnitril, D Seitenverkleidung aus Polyamid (Afl., Vergr. 6,5x)



Abb. 6: Stereoskopische Aufnahmen von verschiedenen Modellbahnbestandteilen mit Farbzeichnungen nach einwöchiger Inkubation in DRÖI-Dampfreinigungsöl der Firma modellbahnprofi.com, A Rangierlokomotive der Firma Märklin in Frontansicht, B Rangierlokomotive der Firma Fleischmann in Seitenansicht, C Aufsicht auf den Blender der Rangierlokomotive der Firma Fleischmann, D Blick auf die Bodenplatte des Tenders der Roco-Dampflokomotive (Afl., Vergr. 6,5x)

Im Unterschied zu den massiven und lackierten Bestandteilen aus Kunststoff oder Metall lassen sich beim Schienenbett der Roco-Weiche langkettige Paraffine extrahieren. Das Schienenbett selbst besteht aus einem Kautschuk, dem ein hoher Anteil an Paraffinöl zugemischt worden ist. Bei einer längerfristigen Behandlung des Schienenbettes mit DRÖI-Hoebink werden diese Weichmacher herausgelöst, was eine Versprödung des Kautschukgefüges zur Folge hat. Diese Versprödung ist zwar nach einwöchiger Inkubation noch nicht zu erkennen, wird aber mit fortschreitender Polymeralterung durch Bildung von Rissen in Erscheinung treten.

Werden die Produkte RD-Referenz und DRD-Referenz der Mitbewerber eingesetzt, kommt es wie beim Steam & Clean Dampf- und Reinigungsdestillat der Firma modellbahnprofi.com zu den beschriebenen Weichmacherextraktionen aus den elastomeren Verbindungen.

Zusammenfassung

Bei der Materialverträglichkeitsprüfung wurden die massiven Kunststoffe, Kunststoffe mit auffälligen Farbzeichnungen und lackierte Metallgrundkörper in dem Dampfreinigungsöl DRÖI-Hoebink für einen Zeitraum von einer Woche inkubiert. Nach stereoskopischer und spektrometrischer Kontrolle der behandelten Modellbahnbestandteile sind bei keinem massiven Kunststoffteil Quellungs- oder Lösungsvorgänge zu beobachten. Gleiche Ergebnisse werden erhalten, wenn der Zustand der Lackierungen beurteilt wird. Bei keiner Farbzeichnung an den Lokomotiven ist es zu einer Ablösung der Farbschichten gekommen. Auch bei mehrfach gezeichneten Verzierungen ist keine „Verschmierung“ an den Farbschichtgrenzen aufgetreten. Lediglich bei der rot lackierten Bodenplatte des Tenders der Roco-Dampflokomotive zeigt sich ein schwaches Ablöse- oder besser Abfärbeverhalten. Diese Farbinstabilität ist sicher auf die Qualität und/oder die Modifikation des aufgetragenen Acrylatlackes zurückzuführen. Es sei aber nochmals erwähnt, daß selbst bei diesem Lack kein rascher Lösungsvorgang, sondern vielmehr eine erhöhte Bereitschaft zum „Abfärben“ zu beobachten ist.

Die zur Extraktion eingesetzten Lösungsmittelüberstände sind bei allen eingelegten massiven Kunststoffteilen frei von Kontaminationen (lösliche Polymere, Weichmacher). Bei den lackierten Materialien ist, wie bereits beschrieben, nur bei der behandelten Bodenplatte des Tenders eine rosarote Farbtonung festzustellen. Deutliche Extraktionsvorgänge zeigen sich jedoch bei dem Schienenbett der Roco-Weiche. Der Kautschuk enthält einen hohen Anteil an Weichmachern auf Basis von langkettigen Paraffinölen. Diese werden bei der Inkubation effektiv extrahiert und bewirken eine rasche Alterung des Polymermaterials. Von einer Reinigung des ROCO Schienenbettes mit dem Destillat DRÖI-Hoebink ist somit abzuraten. Gleiche Extraktionsbefunde werden auch erhalten, wenn kunststoffummantelte Stromkabel mit dem Destillat behandelt werden. Die Ummantelung besteht aus Polyvinylchlorid und enthält bis zu 60 (Massen-)% Weichmacher auf Basis von Dioctylphthalaten. Diese werden, wie die Paraffinöle, effektiv extrahiert und können so eine vorzeitige Polymeralterung einleiten.

Die vorliegenden Extraktionsbefunde sind nicht auf das neue Dampfreinigungsöl der Firma modellbahnprofi.com beschränkt. Auch alle untersuchten Destillate der Mitbewerber sind gleichermaßen in der Lage, eine „Abfärbung“ einfach strukturierter Acrylatlacke zu verursachen. Das Gleiche gilt für die Extraktion von Weichmacher aus elastomeren Materialien (Kautschuken). Somit sollte keines der analysierten Dampfrauch- oder Dampfreinigungsdestillate zur Reinigung von Schienenelementen auf Kautschukbasis eingesetzt werden.

Durch das unpolare Verhalten der Kohlenwasserstoffgemische in den Destillaten unterbleibt ein Angriff von Acrylatlacken beim Reinigen von Modellbahnbestandteilen. Ein Zusatz alkoholischer Lösungsmittel durch „Dritte“ würde die Polarität der Destillate stark erhöhen. Beim Einsatz eines alkoholisch verschnittenen Produktes sind Lösungsvorgänge an lackierten Bereichen unvermeidlich! Desweiteren sei darauf verwiesen, daß alle beschriebenen Destillate Fette und Öle lösen können. Nach einem Kontakt der Destillate mit geschmierten, mechanisch beweglichen Komponenten der Modelleisenbahnen sollte eine Nachfettung oder -ölung vorgenommen werden. Auch bei aufgeklebten Etiketten und Beschilderungen bleibt zu prüfen, inwieweit sie bei Gebrauch der Destillate beständig sind.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung und verbleibe
mit freundlichen Grüßen

A handwritten signature in black ink on a light background. The signature consists of the letters 'D.' followed by 'Stoffels' in a cursive, flowing script.

(Dipl.-Biol., Dipl.-Ing. D. Stoffels)