

Die feine Magnetkupplung

Einleitung

Die **feine dunkelbahn-Magnetkupplung (dbmg)** setzt die Schrauben-Kupplung an Fahrzeugen mit Seitenpuffern ins Modell um (z.B. Regelkupplung für Normalspurbahnen in Europa). Bei der Entwicklung dieser Magnetkupplung ging es um die Darstellung der **3 Betriebszustände** der Vorbild-Schrauben-Kupplung im Modell, nicht um einen exakten Nachbau. Der vorgespannte Betriebszustand kann nun regelmäßig angewendet werden. Ein geschlossenes Zugbild prägt das Aussehen der Züge.

Vordergründig wurde nicht die Verwendung von Magneten angestrebt. Es zeigte sich aber eine Eignung der Magnete für die Realisierung bestimmter Funktionen.

Mittlerweile sind Magnete preiswert und in brauchbarer Größe und Kraft verfügbar. Hier wird Bewährtes mit neuen Materialien kombiniert.

Die Bedienung der Kupplung, das Aussehen der Stirnseiten und der Lauf der Fahrzeuge, sowie weitere Eigenschaften konnten gegenüber anderen Kupplungen deutlich verbessert werden.

Die Kupplung wurde von mir (Autor) für meine privaten Modellbahnfahrzeuge entwickelt und darf von jedermann ohne wirtschaftlichem Interesse nachgebaut und angewendet werden.

Vorbild

Züge dürfen **nur im vorgespannten** Zustand der Schrauben-Kupplung verkehren! Rucke und Zerrungen im Zugverband sollen dadurch gedämpft, Kraftspitzen abgebaut und Entgleisungen verhindert werden. Die Zughakenfedern werden durch Muskelkraft mit Hilfe der Gewindespindel gespannt. Beim Lösen der Bremsen nach dem Kuppelvorgang entsteht eine in zwei Richtungen (Zug und Druck) elastische mechanische Verbindung der Fahrzeuge ohne Spiel. Während der Fahrt werden die Fahrzeuge zur Gleismitte hin zentriert.

Um ein Befahren und Kuppeln in kleinen Radien, beispielsweise in Anschlußgleisen, zu ermöglichen, kann die Kupplung durch Drehen der Gewindespindel verlängert werden. Dieser **langgemachte** Betriebszustand muß vor der nächsten Zugfahrt in den vorgespannten Zustand geändert werden.

Der **ungekuppelte** Zustand findet (fand) Anwendung beim Nachschieben, beim Abstoßen, sowie am Ablaufberg. Aneinander stehend ungekuppelt abgestellte Fahrzeuge sind in Abstell- oder Ladegleisen zu finden.

In der Ebene beträgt die mit der Schrauben-Kupplung zu befördernde **Zugmasse** maximal 4.000 t. In Steigungen kann es notwendig sein, die Zugmasse sehr stark zu reduzieren (beispielsweise zieht auf einer Steilstrecke mit 63 ‰ eine Lok nur 750 t, also etwa 1/5).

Modell – Die feine Variante der Magnetkupplung – Grundsätzliches

Voraussetzungen

Dem jeweiligen Vorbild entsprechende **Puffer und Zughaken** müssen an den Fahrzeugen vorhanden sein. **Gleisanlagen** müssen ein Überpuffern verhindern (bezogen auf die größte zulässige Wagenlänge, ansonsten vorbildliche Radien, Zwischengeraden in S-Bögen).



Beschreibung

Drahtschlaufen mit jeweils einem **Ringmagnet** werden in die **Vorbild-Zughaken** eingehängt (Kuppelköpfe). Die Kuppelköpfe sind voll-kardanisch beweglich.

Funktionen

Die Magnete ziehen einander an. Damit erfüllen sie drei Funktionen: Zum einen **kuppeln** sie die Fahrzeuge und **übertragen** die **Zugkräfte**. Zum anderen bringen sie dauerhaft die **Kraft** auf, um eine mechanische **Vorspannung** der Zughakenfedern zu gewährleisten. Des weiteren **verhindern** die Magnete mit ihrer Anziehungskraft ein **Wegrollen** der anzukuppelnden Fahrzeuge beim Kuppelvorgang.

Die Puffer übertragen die **Druckkräfte**.

Das **Ankuppeln** erfolgt automatisch. Die Fahrzeuge rollen dabei nicht weg.

Zughakenfedern

Bogenlauf

Für den Bogenlauf müssen die **Zughaken**, wie beim Vorbild, aus der Pufferbohle gefedert **herausziehbar** sein. Die bogeninneren Puffer drücken sich an Vorbild-Fahrzeugen nur unwesentlich aufgrund der exponentiellen Kraftkennlinien ein. Dies kann im Modell vernachlässigt werden.

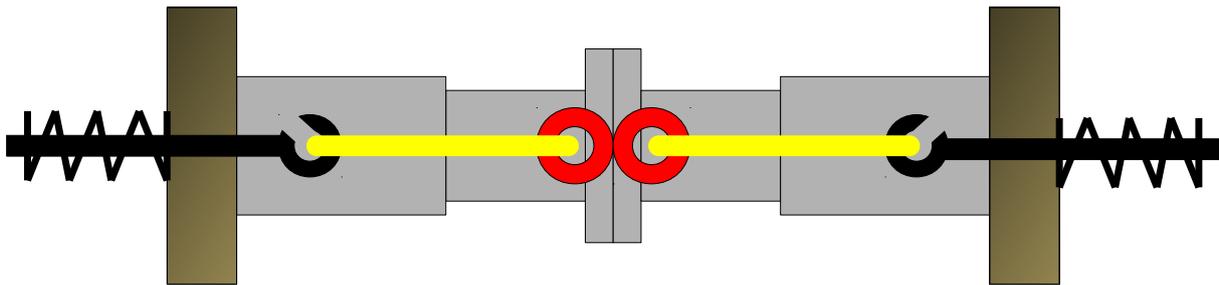
Abfederung der Zughaken

Die **Abfederung** der Zughaken dient auch dem **Abbau von Zugkraftspitzen**; verringert somit, auch hier wieder wie beim Vorbild, das Risiko einer ungewollten Zugtrennung. Die Fahrzeuge sind mit gefederten Zughaken zu versehen (Nenngröße H0: Weinert-Federn auf etwa $\frac{3}{4}$ Länge kürzen).

Ungefederte Zughaken findet man beispielsweise bei Feldbahnen. An den dort gebräuchlichen Kuppelketten kann man die Wirkung der während der Fahrten auftretenden Kräfte am Verschleiß erkennen.

Zentrierung

Während der Fahrt zentrieren sich die Fahrzeuge selbsttätig zur Gleismitte. An zweiachsigen Wagen drängen in Bögen der erste Radsatz zur Außenseite, der zweite Radsatz zur Innenseite. Die **Zughakenfedern** suchen dem **entgegen zu wirken**. Die Gefahr einer Entgleisung wird verringert.



Magnetkupplung gekuppelt unter Vorspannung

Skizze Karsten Dunkel © 20151023

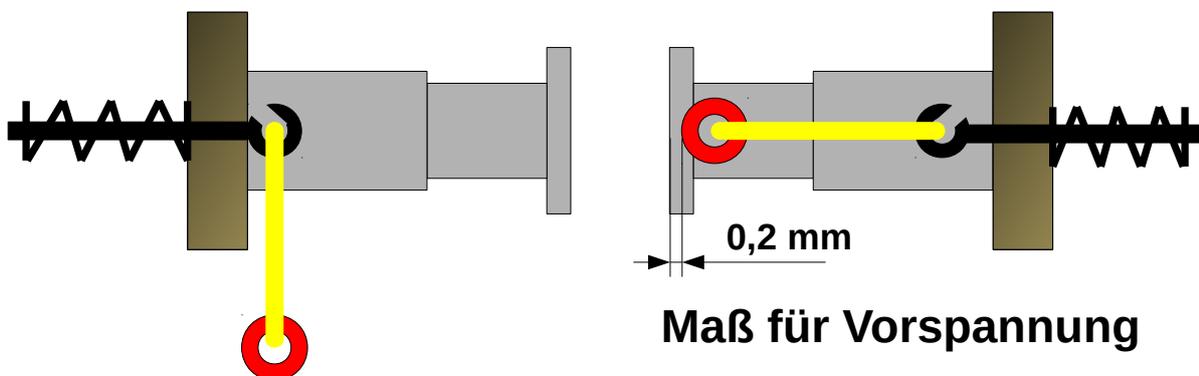
Kuppelköpfe

Die Kuppelköpfe

Aus einem Ringmagneten und einer Drahtschleife besteht ein **Kuppelkopf**. Vorzugsweise sollen sich die **Pole** auf der Mantelfläche der Ringmagnete befinden. So braucht man beim Einhängen der Kuppelköpfe in die Zughaken nicht auf die Polarisierung zu achten. Bei Annäherung drehen sich die Pole der Ringmagnete einander zu. Die Ringmagnete müssen sich auf dem Draht frei drehen können. Durch die Verwendung von Ringmagneten ergibt sich eine v-förmige Nut, die das Abkuppeln erleichtert. Ringmagnete sehen optisch gefällig aus. Es gibt auch Magnete mit abweichender Polarisierung, die bislang nicht geeignet erscheinen.

Als **Draht** findet harter Messingdraht Verwendung. Der Durchmesser entspricht der Öffnung der Zughaken.

Für die Darstellung des **vorgespannten** Betriebszustandes sind die Kontaktflächen der Magnete bei entspannter Zughakenfeder etwa um 0,2 mm gegenüber der Pufferebene in Richtung Fahrzeugmitte zu positionieren. Dieses Maß genügt, um eine Federvorspannung sicher zu erreichen und andererseits in Bögen gut kuppeln zu können. Die bisher gefundenen Dimensionierungen sind weiter unten aufgeführt.



Maß für Vorspannung

Skizze Karsten Dunkel © 20151023

Bedienung

Handhabung der Kuppelköpfe

In die **Zughaken** sind die **Magnetkuppelköpfe** einfach **einzuhängen**. Dies bietet die Möglichkeit, durch Austauschen oder Abnehmen der Kuppelköpfe, **Veränderungen im laufenden Betrieb** vorzunehmen. **Unterschiedlich lange** Drahtschlaufen der Kuppelköpfe ermöglichen den Wechsel zwischen vorgespanntem und langgemachtem Betriebszustand. **Unterschiedlich starke** Magnete lassen die Anpassung der notwendigen Mindestgröße an die geforderte Zugkraft zu. Die Magnete sind aus optischen Gründen also möglichst nur so groß zu wählen, wie es unbedingt für die Übertragung der Zugkräfte notwendig ist.

Befahren kleiner Radien

Vor dem Befahren von Radien unter 180 m und Weichen kleiner 1:9 (26,4m-Wagen, bei kürzeren Wagen verringert sich auch der Radius entsprechend), beim Vorbild immer nur als Rangierfahrt, beispielsweise in Anschlußgleisen, werden die Kuppelköpfe gegen eine längere Ausführung ausgetauscht. Der „**langgemachte Betriebszustand**“ wird dargestellt. Nach dem Verlassen eines Gleisbereiches mit kleinen Radien und vor dem Übergang in eine Zugfahrt sind die Kuppelköpfe wieder zurück zu tauschen, der vorgespannte Zustand ist anzuwenden.



Vorentkupplung / Nachschieben

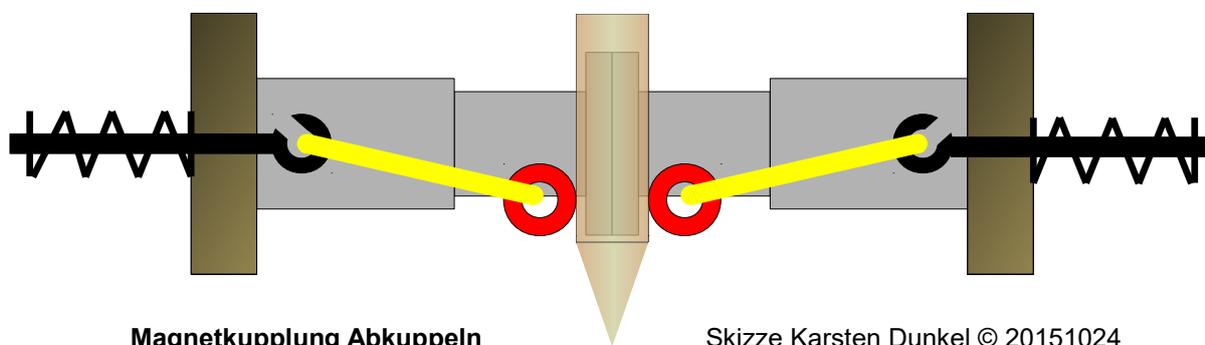
Der nichtgekuppelte Betriebszustand entspricht der **Vorentkupplung** anderer Modellbahnkupplungen und wird durch Abnehmen wenigstens eines Kuppelkopfes pro Kuppelstelle erreicht. Das Verschieben von Wagen an eine entferntere Stelle der Gleisanlage und **Zurückkehren der Lok ohne weitere Bedienhandlungen** wird ermöglicht. Dazu nimmt man vorzugsweise den Kuppelkopf an dem Triebfahrzeug, nicht an den zu verschiebenden Wagen ab. Die verschobenen Wagen können so jederzeit wieder angekuppelt werden. Sinngemäß gilt das auch für den Nachschiebebetrieb, wenn das Triebfahrzeug nicht mit dem Zug gekuppelt werden soll.

Abstoß- und Ablaufbetrieb

Zum Ablauf über einen Ablaufberg oder zum Abstoßen **nimmt man den näher an der Rangierlok befindlichen Kuppelkopf einer Kuppelstelle ab**. Wagen können jetzt ablaufen oder abgestoßen werden. **Auf dem Ablaufberg hängt man**, nach dem Ablaufen des ersten Wagens, **in den freien Zughaken des nächsten Wagens wieder einen Kuppelkopf ein**, sodaß Wagen oder Wagengruppen immer mit Kuppelköpfen an beiden Stirnseiten ablaufen, um in den Richtungsgleisen wieder automatisch kuppeln zu können.

Abkuppeln

Zum Abkuppeln wird ein **Holzkeil von oben** zwischen die Magnete gesetzt und bis auf die Schwellen gedrückt. Der Holzkeil ist in dieser Stellung zu halten, während mit dem Triebfahrzeug weggefahren wird. Entfernt werden kann der Keil, sobald sich die Magnete nicht mehr anziehen.



weitere Einzelheiten

Reisezugwagen

Reisezugwagen mit Gummiwülsten oder Faltenbälgen können **auch unter Vorspannung** gekuppelt und wieder abgekuppelt werden. Dabei wird der Keil von oben durch die Gummiwülste geführt. Für Wagen mit überdeckten Puffern (z.B. Bahnpostwagen) trifft dies sinngemäß zu.

Überlastsicherung

Bei geschickter Dimensionierung ergibt sich eine **Überlastsicherung**. Bleibt beispielsweise im hinteren Zugteil ein Wagen aufgrund einer Entgleisung an einem Herzstück hängen, kommt es zu einer verschleiß- und zerstörungsfreien, **gewollten Zugtrennung**. Die Entsprechung beim Vorbild sind die eingearbeiteten Sollbruchstellen in den Schaken.

Puffer

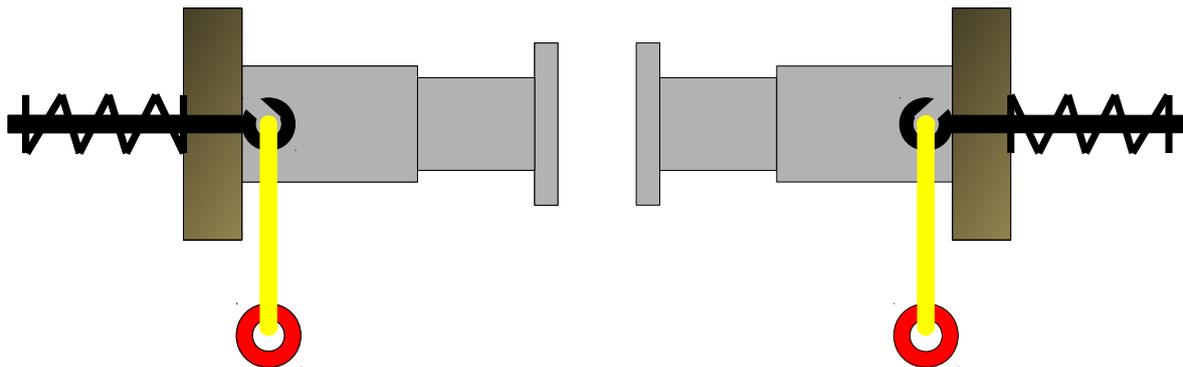
Die Pufferflächen sollten **ganz leicht geschmiert** werden (wie beim Vorbild), vorzugsweise mit einem halben Tropfen feinen Sprüh-Öls.

Federpuffer

Federpuffer sind möglich, aber nicht notwendig und nur in den Nenngrößen Null und 1 sinnvoll. **Nachteile der Federpuffer:** Sie können sich beim Schieben größerer Zugmassen vorbildwidrig zusammendrücken („Kuppelkette“ hängt durch). Während des Ankuppelns sind kleine Fahrzeugbewegungen möglich (schwingen), die mit feststehenden Puffern nicht auftreten.

Pufferabstände

Bei genauerer Betrachtung stellte sich heraus, es gibt beim Vorbild natürlich Pufferabstände! Werden Bögen befahren, entfernen sich die **bogenäußeren** Puffer voneinander. Beim **Anfahren** und **Beschleunigen** entfernen sich die Puffer abhängig von Zugmasse und Leistungsvermögen des Triebfahrzeuges zum Teil erheblich. Zwischen den Puffern können Abstände entstehen, die etwa dem Durchmesser bzw. der Höhe eines Puffers entsprechen! Rollt der Zug nur noch, kommt er zum Halten oder wird geschoben, berühren sich die Pufferflächen aber auf jeden Fall wieder. Die feine Magnetkupplung setzt diese Funktion ins Modell um.



Magnetkupplung vor dem Ankuppeln

Skizze Karsten Dunkel © 20151023

Aussehen der Stirnfronten

Optische Verbesserungen

Für die Funktion der Magnetkupplung sind nur Puffer und Zughaken wichtig. Dennoch können gerade mit der feinen Magnetkupplung die **Stirnfronten** der Fahrzeuge optisch aufgewertet werden, den Vorbildfahrzeugen entsprechend mit Schraubenkupplungen, Ruhehaken, sowie mit Bremsschläuchen und Heizkupplungen. Bis kurz über die Schienenoberkante herunter reichende **Schürzen** müssen nicht mehr für die Kupplungsmontage durchbrochen werden.

Schraubenkupplungs-Attrappen

Es genügt bei Fahrzeugen innerhalb eines Zugverbandes, wenn **jeder zweite Zughaken** mit einer Schraubenkupplung versehen ist. Mit der ersten Schraubenkupplung wird beim Vorbild gekuppelt; sie ist von der Seite her nicht sichtbar, weil sie von den Puffern verdeckt wird. Der Bügel der zweiten Kupplung gehört in den Ruhehaken eingehängt. An den Stirnseiten der Fahrzeuge an der Zugspitze und am Zugschluß sollten Schraubenkupplungen bzw. Schraubenkupplungs-Attrappen angebracht sein.

Ruhehaken

Schraubenkupplungen bzw. funktionslose Attrappen sollen dargestellt werden, als wäre der **Kupplungsbügel in den Ruhehaken eingehängt**. Sie sind funktionsfähig oder funktionslos (keine Nachbildung des Gewindes, Schraubenkupplung nicht beweglich) sowohl als Fertigmodell, wie auch als Bausatz verfügbar. Zughaken und Schraubenkupplung mit in den Ruhehaken eingehängtem Bügel sind in der Nenngröße H0 auch als gemeinsames Messinggußteil erhältlich (*M. Weinert*). Zum Auflockern der Gesamtansicht kann bei wenigen Wagen die Schraubenkupplung vorschriftswidrig herunterhängen, insbesondere in Ladegleisen.

Fotografieren

Zum **Fotografieren** abgestellter Fahrzeuge, sowie an Zugspitze und Zugschluß können die **Kuppelköpfe abgenommen** werden. So ist von einer Modellbahn-Kupplung nichts mehr zu sehen. Auf Fotos fällt es schwer, den Unterschied zum Vorbild zu finden. Allenfalls Farbunterschiede und Materialstärken deuten noch auf ein Modellbahn-Foto hin (Radscheibenbreite, Griffstangen usw.).

Herstellung

Dimensionierung

In vielen Versuchen wurden für die Nenngröße **H0** zur Zeit verfügbare, vernickelte Ringmagnete mit einem Durchmesser von 3 mm, einer Breite von 1,5 mm und einer Bohrung von 1 mm aus einem magnetischen Werkstoff N35 als optimal ermittelt. Für die Nenngröße **Null** sind Ringmagnete mit einem Durchmesser von 4 mm, einer Breite von 2 mm und einer Bohrung von 1 mm ebenfalls aus dem einfachsten magnetischen Werkstoff N35 verfügbar. Eine weitere Verkleinerung ist bei Verwendung magnetisch höherwertiger Werkstoffe vorstellbar.

Eine exakte Zahl der anzukuppelnden Wagen anzugeben oder die Nennung einer maximal zu befördernden Zugmasse ist nur näherungsweise möglich. Die Streuung beeinflussender Faktoren ist bei der Modellbahn noch größer, als beim Vorbild. Zulässig sind dort 252 Achsen (D). Abzüglich zweier 6achsiger Triebfahrzeuge ergibt sich ein Wagenzug von 60 4achsigen Wagen. Hat ein 4achsiger Modellwagen etwa 100 g Masse, wird der H0-Modellzug eine Zugmasse von 6 kg aufweisen. Während Versuchsfahrten wurden mehr als 60 solcher H0-Wagen mit der angegebenen Dimensionierung in der Ebene befördert. Zu beachten ist aber die starke Abnahme der Zugfördermasse in Steigungen. An dieser Stelle wird es wieder sehr vorbildlich.

Herstellung

Selbstbau aus einem Ringmagneten und einem Stück Messing-Draht. Der fertig montierte Kuppelkopf kann **als Ganzes brüniert** werden, also Magnet und Draht zusammen. Einen Holzkeil zum Abkuppeln fertigt man aus einer Holzleiste (in H0 etwa 3 mm stark und 7 mm breit). Ein Ende dieser Leiste wird auf einem flach ausgelegten Bogen Schleifpapier beidseitig etwa 10 mm hoch keilförmig angeschliffen.

Justieren

Eine Justierung **entfällt**.



Sonstiges

Restklick

Unmittelbar vor der Berührung der Magnete ist die Anziehungskraft sehr stark. Die Magnete schlagen aufeinander. Es gibt einen „Restklick“. Er läßt sich nicht vollkommen vermeiden.

Der „kleine Aufprall“ ist **durchaus vorbildnah**: Zum Spannen der Zughakenfedern fährt der Lokführer in aller Regel zügig an die anzukuppelnden Fahrzeuge heran, bis die Puffer leicht eingedrückt werden (Aufdrücken). So kann der Rangierer die Gewindespindel leichter anziehen. Dabei entsteht ein Geräusch der „aufeinanderprallenden“ Puffer und manchmal rucken die stehenden Wagen ein wenig.

Die Stärke des „Restklicks“ richtet sich nach der Haftkraft der Magnete, den bewegten Fahrzeugmassen, der Losbrechkraft und der Geschwindigkeit innerhalb des Fangbereiches der Magnete. Die Magnete sind deshalb **nur so groß** zu wählen, wie für das Kuppeln **notwendig**. Die **Fahrzeuge** sind nach den gültigen Normen zu **beschweren**.

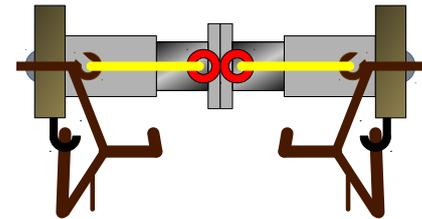
Kopfsache: Vorzugsweise fährt man zügig an die anzukuppelnden Wagen heran. Dabei sollte man die Annäherung der Puffer beobachten, nicht die Kupplung. Das Triebfahrzeug kommt bei Pufferberührung zum Stehen. In diesen Moment ist auch angekuppelt. Im Gegensatz zu anderen Kupplungen ist keine Überprüfung des Kuppelzustandes durch Hinsehen zwingend notwendig. Das Klicken ist auf üblichen Modul-Treffen kaum wahrnehmbar.

Besondere Ausführungen

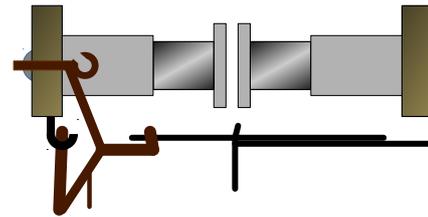
An einigen Fahrzeugen kann es sinnvoll sein, die **Zughaken festzulegen** (in Pufferbohle einkleben) und **Federpuffer** zu verwenden. Also genau anders herum, als bisher oben beschrieben (invers):

- Wenn der **Platz hinter der Pufferbohle** den Einbau einer Zughakenfeder nicht zuläßt (kleine Rangierloks).
- Wenn schon **Federpuffer vorhanden** und nur **geringe Zugmassen** zu befördern sind (kleine Rangierloks, Triebwagen).
- An **Übergangswagen zur Bügelkupplung** und Triebfahrzeugen **mit beiden Kuppelsystemen**, unter Verwendung eines Messinggußteils, welches Zughaken, Schraubenkupplungsnachbildung und Bügelkupplungshaken in einem Stück vereint (*M. Weinert*). Der **Haken der Bügelkupplung** wird gegebenenfalls etwas in der Höhe gekürzt, um Platz für die Kuppelmagnete zu schaffen, und muß **justiert** werden.

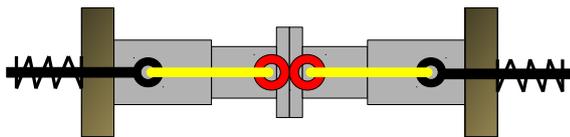
Aufgrund der fehlenden Abfederung / Dämpfung der Zugkräfte kann es schneller zu Zugtrennungen kommen und siehe auch „Nachteile der Federpuffer“.



Magnetkupplung (invers) mit Federpuffern und Haken für Bügelkupplung gekuppelt unter Vorspannung
Skizze Karsten Dunkel © 20151030



Magnetkupplung (invers) mit Federpuffern und Haken für Bügelkupplung kuppelt Bügelkupplung
Skizze Karsten Dunkel © 20151030



Magnetkupplung - Ösen statt Zughaken

Skizze Karsten Dunkel © 20151029

Statt Zughaken können auch **Ösen** verwendet werden. Die Kuppelköpfe verbleiben am Fahrzeug und gehen nicht verloren. Ein Austauschen der Kuppelköpfe ist nicht möglich; alle Vorteile der Kupplung, die auf dem Abnehmen bzw. Austauschen der Kuppelköpfe basieren, sind nicht verfügbar (nach einer Idee von Sönke Ingwersen). Für die Spur Null sind Zughaken mit einer sich nach oben hin **verjüngenden Öffnung** erhältlich. Die Magnetkuppelköpfe können eingeklipst werden und gehen ebenfalls nicht verloren, ein Tausch ist aber im Bedarfsfall möglich (siehe Wagen links auf dem Foto Seite 5). In Pufferbohlen von H0-Fahrzeugen **mit NEM-Schacht** können **Kunststoff-Zughaken** eingeklebt werden (nach einer Idee von Jens Kühlenkampff).

Modell – weitere Varianten

Weitere Varianten entstanden als Anpassung an Gegebenheiten der Fahrzeuge.

Nenngröße H0

Befestigung von zylinderförmigen Voll-Magneten (3 x 3 mm) mit seitlicher Polarisierung an Schäften (ex-Bügelkuppelköpfe, ex feste Kuppelstangen für NEM-Schächte) in NEM-Kupplungsaufnahmen nach NEM 310 (NEM-Schacht) mit modifizierten Kurzkupplungskulissen, wobei die Kurzkupplungsdeichseln von der Fahrzeugmitte her etwa 0,5 mm aus dem Fahrzeug herausziehbar sind. Möglich ist ebenfalls die Verwendung bei Federpuffern und drehbaren NEM-Schächten (also ohne Kurzkupplungskulisse) bzw. Federpuffern und drehbaren Schäften (also ohne Kurzkupplungskulisse und ohne NEM-Schacht). Diese Variante ist durch die unterschiedliche Höhe der Kuppelenebene nur bedingt kuppelbar mit oben beschriebenen „feinen Variante“.

Nenngröße N

Befestigung von zylinderförmigen Voll-Magneten (2 x 2 mm) mit seitlicher Polarisierung an Schäften (ex-Standardkuppelköpfe) in NEM-Kupplungsaufnahmen nach NEM 355 mit modifizierten Kurzkupplungskulissen, wobei die Kurzkupplungsdeichseln von der Fahrzeugmitte her etwa 0,3 mm aus dem Fahrzeug herausziehbar sind. Durch die Aufnahme nach NEM 355 und die zylinderförmigen Magnete entstehen zwei Gelenke, die einen **Höhenausgleich** bei Fahrwegunebenheiten ermöglichen. Möglich ist ebenfalls die Verwendung bei (alten) Kupplungsaufnahmen ohne Kurzkupplungskulisse. Hier werden zwei kleine Federn seitlich am Kuppelkopf montiert. Die Ausführung der „feinen Variante“ erscheint in Nenngröße N aus verschiedenen Gründen wenig sinnvoll bzw. nicht durchführbar.

Nenngröße H0e

Zylinderförmige Voll-Magneten (2 x 2 mm) mit seitlicher Polarisierung in Trichterkupplungen als Ergänzung zur Normalspur.

Weitere Informationen unter dunkelbahn.de
Karsten Dunkel 20141019 bis 20200901