

Lenkachsen für zwei- und dreiachsige Wagen nach Proto87

Vorbild: Seit einer frühen Normung, die in Europa vor mehr als hundert Jahren zustande kam, müssen Wagen mit festem Achsstand ab 4,5 m mit sogenannten freien Lenkachsen (Vereinslenkachsen) ausgerüstet sein. Die bekannte Aufhängung der Fahrzeuge an Blattfedern ist dafür die technisch entscheidende Voraussetzung.

Und H0-Modellfahrzeuge? Die Frage kommt erst mit exakt maßstäblichen Rad-Schienesystemen auf. Bisher ist jedoch maßstäbliche und zugleich echte Aufhängung solcher Fahrzeuge an funktionstüchtigen Blattfedergehängen nirgendwo beobachtet worden, und damit auch kein Versuch der Darstellung der Lenkachsenfunktion nach Proto87/H0pur™. Was im Folgenden beschrieben wird, stellt also eine erste Annäherung an die Realisierung von echten Lenkachsen für das P87-Rad-Schienesystem dar.

Dank und Anerkennung: Wie vielleicht bekannt, habe ich mich im Austausch mit bekannten und weniger bekannten Modellkonstrukteuren über die Jahre hinweg mit der Frage befasst, wie und ob überhaupt Achsaufhängung mit echten Lenkfunktionen in Baugröße 1:87 konstruktiv und zugleich ohne größere Abstriche an der Maßstabstreue bewältigt und praktisch dargestellt werden kann. Ich bin meinem Freund Klaus-Dieter Pfennig deshalb dankbar, dass er meine Ideen aufgegriffen und als Proto-87-Mitstreiter und zugleich CAD-Virtuose, der er ist, verständnisvoll, überaus sachkundig und zugleich jederzeit kritisch in konkrete Produkte umgesetzt hat. Sie stehen nun allen ambitionierten Modellkonstrukteuren zur Verfügung.

Fragen wir uns zunächst:

Echtaufhängung des zapfengelagerten Wagens mittels beweglicher Schaken am Hauptfederblatt des Federbunds mit exakt maßstäblichen Federstahlblättern: **Warum?**

Antwort:

1. Weil bei Spitzenlagerung die Achsen konstruktiv bedingt „tanzen“ und sich das Fahrzeug sowohl der Höhe über Schienen-OK, als auch quer zur Fahrwegachse, nicht hinreichend präzise zentrieren lässt. Bremsklötze können deshalb a) nicht so nah an den Laufkranz herangeführt werden, wie es sich eigentlich (bei gelöster Bremse) gehört, und (b) weil sich die Bremsklötze ausgerechnet an der Sichtseite nicht innerhalb der vorgegebenen Toleranzen bündig mit den Radreifen einrichten lassen. Ohnehin ist c) die Montage von Radsätzen mit Spitzen zwischen Achshaltern aus Metall nicht etwa einfach (vom schnellen Plastik soll hier nicht die Rede sein), und d), was der größte Mangel ist: Eine einmal im Laufe der Konstruktion festgelötete oder festgeklebte Position des Achshalters, und damit der Achse, kann kaum nachgestellt und justiert werden. Bei längeren Achsständen kommt Spitzenlagerung ohnehin nicht in Betracht, es sei denn, an einer der Achsen wird eine Wippe eingebaut;
2. weil Dreipunktlagerung aber unangenehme Eingriffe in die Geometrie des Unterbodens verlangt und auch betriebliche Nachteile mit sich bringt;
3. weil für Dreiaxser Dreipunktlagerung überhaupt nicht in Frage kommt;
4. weil es bei Kulissenfederung, so, wie sie vom französischen Kleinserienhersteller Huet vorgeschlagen wird, (siehe dazu meinen Erfahrungsbericht zu Huets STEF-Kühlwagen in LOKI 11/2004), nicht möglich ist, Federweg und Federwiderstand in das im H0-Echtbetrieb erforderliche Verhältnis zu bringen. Die Masse der Kulisse und die Reibung am Achshalter machen die Kulisse nämlich für leichte Wagen zu träge. Aber auch für Wagen aus Metall, die relativ schwer sind, ist diese Lösung nicht zu empfehlen;
5. weil es keine der drei Varianten zulässt, dass sich die Achsen beim Lauf im Bogen dynamisch radial einstellen und in der Geraden unter dem Wagengewicht ebenso dynamisch ihre Normallage wieder zurückgewinnen können (**Lenkachseneffekt**). Als Mindestradius für exakt maßstäbliche Fahrzeuge im Maßstab 1:87 werden dabei unter der Voraussetzung, dass die jeweils entsprechenden Spurerweiterungen gegeben sind, 160 Zentimeter (140 Vorbildmeter) angenommen.

Lösung: Auf die miniaturisierten Verhältnisse eingestellte Aufhängung des zapfengelagerten Wagens mittels beweglicher Schaken am Federbund mit geätzten, exakt maßstäblichen Federstahlblättern. Damit wird erreicht: Absolute Vorbildtreue in Funktion und visueller Geometrie, also aktive Federung für zwischen 10 und 40 Gramm pro Gehänge, je nach Länge und Anzahl der Federblätter. Zugleich Möglichkeit, die Lage des Wagenkastens auf der Schiene durch Distanzringe einzurichten und zu justieren (wie das auch beim Vorbild geschieht), so dass wiederholte Öffnung von Löt-, Klebe- oder Steckverbindungen vermieden wird. Auch Schmierung des Lagers von außen her wird möglich, und zwar über eine Kanüle im Lagerkasten. Erreicht werden absolut vorbildgetreue Laufeigenschaften einschließlich typischen Rollgeräuschs. Und eben vor allem: echter Lenkachseneffekt.

Aber: Der Einbau von Lenkachsen an zwei- und dreiachsigen Wagen, die mit Radsätzen nach Proto:87/H0pur™ ausgerüstet sind/sein müssen, ist außerordentlich zeitaufwändig und anspruchsvoll. Solche Anstrengung wird sich nur rechtfertigen lassen, wenn es auf volle Betriebsfähigkeit unter exakt maßstäblichen Rad-Schiene-Bedingungen ankommt und dies auf andere Weise nicht erreicht werden kann. Doch auch wer's nur mal probieren will, – bitte schön! Und warum nicht? Stärkt, wenn's gelingt, nachhaltig das Selbstvertrauen.

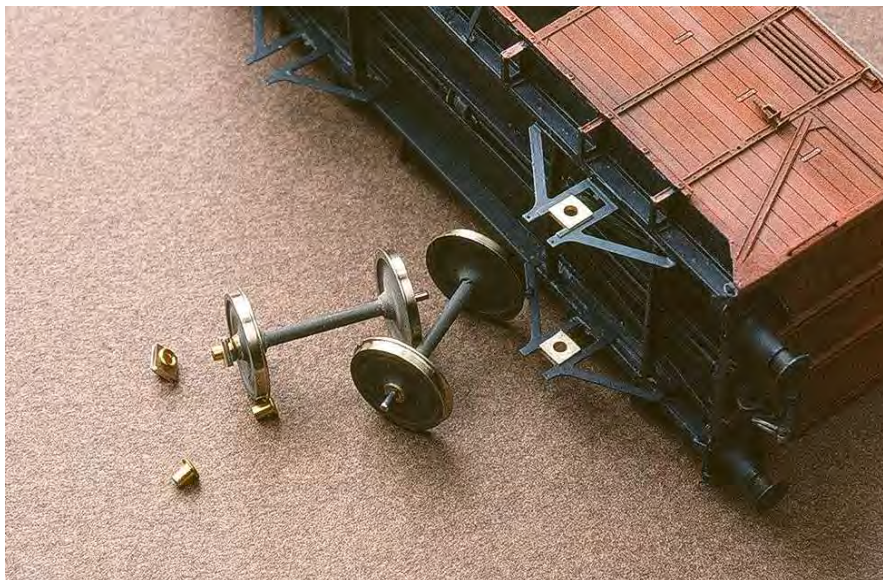
Nur für einen Typ oder generell?

Die Konstruktion einer voll funktionsfähigen Achsaufhängung für zwei- und dreiachsige Güterwagen wird im Folgenden ohne Ansehen eines bestimmten Wagentyps beschrieben, und auch ganz generell, so dass sich die aufgezeigte Lösung für unterschiedlichstes Vorbildambiente (Länder, Bahngesellschaften, Zeitepochen) einsetzen lässt.

Was für Radsätze?

Benötigt werden Radsätze für Zapfenlagerung nach Proto87 bzw. H0pur™ mit 2mm-Zapfen bei Zapfendurchmesser von 1,0 mm, und Achslänge von 24 mm, wie sie etwa bei Willy Kosak im Bahnsinnshop erhältlich sind. Spitzenachsen sind für das Vorhaben ungeeignet. Wer Zapfen mit Durchmesser 0,5 mm hat (also z. B. Micro-Metakit), muss die Achslagerbohrung entsprechend adaptieren. Für Zapfen > 1,0 mm liegen keine Erfahrungen vor.

Was für Lager?



Ausgangspunkt bei der Konstruktion ist die exakte Lage der Achse in der Buchse.

Die Buchse besteht aus einer Rohrniete oder auch nur einem Rohr, Innendurchmesser 1 mm, Außendurchmesser 1,5 mm (im Handel erhältlich), Länge 2,5 mm, so dass der 2 mm-Achsschenkel voll in die Buchse „eintauchen“ kann. Erlaubt man ein seitliches Spiel der Wagenachse von maximal 0,1 mm, so

Abb. 1

bleiben, je nach Lage, außen zur Öffnung der Niete (des Rohrs) hin 0,4 bis 0,5 mm frei. Es empfiehlt sich, beides, den Zapfen wie auch die Innenseite des Lagers, sorgfältig zu polieren.

Der Lager"stein"

Frage zunächst: Weshalb ein Lager"stein", den es beim Vorbild nicht gibt?

Bei der Bahn sorgt eine spezielle Ausprägung des Achslagerzapfens dafür, dass der Zapfen nicht aus dem Lager fällt. Sieht man einmal Radsätze auf einem Güterwagen; dann sind immer auch gleich die Achslager dran. Die Achslager werden direkt von den Bewegungen des Federpakets, also des Federbunds, geführt.

Bei unseren Modellachsen dagegen sind die Achsschenkel glatt und bleiben nicht im Lager, wenn wir sie nicht in irgendeiner anderen Weise halten.

Damit im 1:87-Modell die Buchse mitsamt der gefederten Achse eine bewegliche, dennoch genau definierte Führung bekommt, bedarf es eines konstruktiven Elements, das ich hier „Lagerstein“ nennen möchte. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, solch ein Element auszubilden oder es sogar auch direkt in die Geometrie des Achslagerkastens einzubeziehen, wie dies in den neuesten Bausätzen von D.I.T. geschieht.

Ein spezielles Problem

Nun haben wir ja bei den Vorbildern viele, sehr unterschiedliche Achslagerkästen, die eigentlich alle jeweils eine eigene Lösung verlangen, was in der Praxis bedeutet, es müsste jeweils ein eigener Gussbaum angefertigt werden, es sei denn, ein Kleinserienhersteller böte den von mir gesuchten Typ gerade an. Und auch: Eine noch so ausgezeichnete Achslagerkastenattrappe aus Kunststoff, die ich an dem Modell, das ich gerade verbessern will, schon vorfinde, könnte ich für die Lenkachsenlösung nicht gebrauchen. Solche Fälle gibt es viele. Was tun?

Ich schlage deshalb vor, die Funktionen (1) „Achse entsprechend der Federbewegung zwischen den Gleitbacken kontrolliert führen“ und (2) „vorbildgerecht aussehen“ grundsätzlich konstruktiv zu trennen, und zwar so, dass die erste Funktion als eine Standardschnittstelle ausgeprägt wird, welche für alle Typen von Achslagerkästen verwendet werden kann, doch zugleich so, dass man als Betrachter die Trennung der Funktionen praktisch nicht sieht. Unterschiedliche Bemaßungen finden wir an den Vorbildern für den Backenabstand vor. M.E. müsste es genügen, erst einmal zwei Versionen eines solchen Lagersteins anzubieten, eine für Backenabstand 2,3 mm (also für den G02, G10 und ähnliche ältere Gleitlagertypen), und eine für Backenabstand 2,8 mm (für die neueren Bauarten). Die Produktion beider Typen befindet sich bei Klaus-Dieter Pfennigs D.I.T. in Vorbereitung. Bemaßungen in gleicher Größenordnung finden sich seit längerem bei einer Reihe anderer Kleinserienhersteller.

D.I.T.-Neuheit: Exakt berechnetes Längsspiel in Baugröße H0 wird möglich

Was aber neu, und nur bei D.I.T., zu haben ist: Backenabstand und Lagerstein können so aufeinander abgestimmt werden, dass je nach Radstand des Wagens das so genannte Längsspiel der Achse gewährleistet ist. Es erlaubt, dass sich die Achse unter der Einwirkung der Feder dynamisch, also selbsttätig, beim Eintritt in den Gleisbogen radial einstellen kann. Die Rückstellung in die Mittellage erfolgt dann bei gerader Fahrt ebenso dynamisch, – als Folge des Waugewichts, welches (in der Geraden) darauf hinwirkt, dass beide Seiten der Feder gleichmäßig belastet werden (Lenkachsen effekt). Wie dieser Rückstell effekt zustande kommt und wie er in der Baugröße H0 nachgeahmt werden kann, habe ich in leicht fasslicher Form in einem längeren Beitrag erklärt, der in der schweizerischen Zeitschrift LOKI (11,12/2009) erschienen ist.

Das Beste aller Welten

D.I.T. richtet sich mit seinem Angebot auf zwei Bedarfsvarianten ein:

Variante 1:

Für Bausätze aus dem Hause D.I.T. wird zusätzlich zu der bisher bekannten Ausstattung ein spezielles Bausatzpaket zur Ausrüstung mit Echtaufhängung und als Lenkachsenfahrzeug angeboten, das je nach den Wünschen des Modellbauers auf die Erfordernisse seines Fahrzeug-Prototyps zugeschnitten werden kann. Da hier die Geometrie des Achslagerkastens dem Vorbild entsprechend feststeht, definiert und minutiös nachgebildet ist, lag es nahe, die Funktionen der Achslagerführung gleich in den Achslagerkasten zu integrieren. Einer Universalschnittstelle „Lagerstein“ bedarf es dabei nicht mehr.

Variante 2:

Für nicht von D.I.T. angebotene H0-Modelle und für Modellprojekte der Free-Lancer stellt D.I.T. nach Wunsch der Kunden individuelle Angebote zusammen, mit denen diese ihre Fahrzeuge mit freien Lenkachsen ausrüsten können. Modellgerechte Teile aus dem Angebot der Kleinserienhersteller und auch der Industrie (z. B. gelungene Achslagerkastenattrappen aus Metall oder Kunststoff, Achshalter) lassen sich so mit dem Lenkachsenangebot von D.I.T. kombinieren. Als Kernstück solchen Umbaus bietet sich dann in der Regel die universale Schnittstelle „Lagerstein“ an, so dass, um ein Beispiel zu geben, der Modellbauer seine bevorzugte Achslagerkastenattrappe nur von innen auszuhöhlen und auf den Lagerstein aufzukleben braucht.

Wo liegen die Schakenböcke?

Wer sich die Lage der Federn vor den Achshaltern einmal an einem realen Güterwagen näher angeschaut hat, wird bemerkt haben: Die Blätter des Federpakets liegen manchmal am Achshalter so eng an, dass kaum ein Pappdeckel in den Spalt dazwischen passt. Im H0-Modell ist so hohe Präzision nicht darstellbar, jedenfalls nicht dann, wenn wir fordern, dass die Federn nun auch noch einwandfrei funktionieren. Genehmigen wir uns also in unseren Modellen mindestens ein Blatt Papier dafür, nämlich 0,1 mm!

Wenn unsere Modellschaken in Proto87 dann am Langträger, wo man sie sieht, und wo sie auffallen, um nicht mehr als eine Papierstärke hervortreten, statt bündig abzuschließen, wird das auch für ein geübtes Auge erträglich sein. Ist aber der Langträger auch noch nur einen Deut zu schmal ausgefallen und treten sie deshalb vor der Vorderkante des Langträgers noch stärker hervor, ist die Grenze der Toleranz schnell erreicht.

Was kann man da tun? Peinlich darauf achten, dass die Flankenbreite von 1,15 mm, – die sich von den älteren 10-Zentimeter-Profilen herleitet – an der Unterkante des Langträgerprofils auf keinen Fall (etwa durch Schleifen, oder durch Beschränkung auf Einsatz nur handelsüblicher Profile, etwa U-Profil 1 x 3 mm) unterschritten wird.

Das Beispiel in **Abb. 1** zeigt so eine verhältnismäßig beengte Situation: Schakenböcke und Federblätter, wie sie bei D.I.T. nun zu haben sind, weisen exakt maßstabgerechte 0,9 mm auf, der Langträger des Modells ist dort an der Unterkante 0,95 Millimeter breit, zu wenig, um in Baugröße H0 zwischen Feder und Achshalterblech auch noch Laschen, Laschenverschluß sowie eine Blattbreite Luft unterzubringen.



In diesem Fall legte ich deshalb zwischen Langträger und Achshaltergabel ein 0,3 mm-Distanzstück ein, wie **Abb. 2** es zeigt, verbreiterte damit also das Operationsfeld vor dem Achslagerhalter, das für die echt funktionierende Federmimik zur Verfügung steht, von 0,95 mm auf 1,25 mm. Die Länge der Federn muss darauf natürlich eingerichtet sein. Für den H0-Modellbauer geht

Abb. 2

deshalb D.I.T. mit seinem Angebot unterschiedlicher Federblattlängen und auch unterschiedlicher Federblattzahl pro Bund erstmals in der Modellbahnerei darauf ein.

Und nun die Ausführung.

Stückliste für einen Zweiachser, beispielsweise:

- H0pur™.Radsätze, 2 Achsen, Ø 11,5 mm, Achslänge 24,0 mm Zapfen **[Abb. 1]**.
Scheibenräder. Für Speichenräder und Räder mit kleinerem Durchmesser gibt es verschiedene Möglichkeiten, die hier einzeln nicht erörtert werden können. Die Räder müssen auf jeden Fall nach Standard Proto87/ H0pur™ gefertigt sein. Bezugsquelle: Bahnsinn-Shop oder Wiederverkäufer, ClubProto87 (hier insbesondere Speichenräder, für Clubmitglieder).



Abb. 3

- 1 Gussbaum Schakenböcke aus Messing, (a) Verbandsbauart Länderbahn/Reichsbahn/DB **[Abb. 3]**, oder (b) französischer Typ (Dreieckform), SNCF Standard. Bezugsquelle: D.I.T.
- 1 Satz Schaken (Laschen) aus Stahl, angeätzt und durchgeätzt, a) je 2 Augen Ø 0,4 mm **[Abb. 4]**, oder (b) oval. Bezugsquelle: D.I.T.

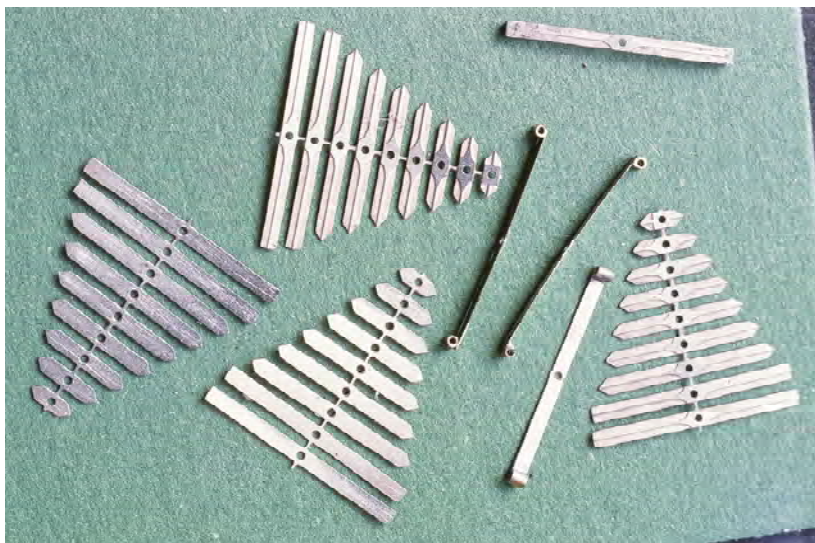


Abb. 4

- 1 Satz Federblätter aus rostfreiem Edelstahl, 0.9 mm breit, angeätzt und durchgeätzt, in den wichtigsten Varianten nach (a) Länge (gestreckt, von Auge zu Auge), (b) Anzahl der Blätter,

und (c) spitz oder stumpf. Ein aktuelles Angebot sollte jeweils bei Klaus-Dieter Pfennig eingeholt werden. Jeder Satz besteht aus vier kompletten Federblattpyramiden (plus eine Pyramide Reserve) und enthält auch die jeweils zum gewünschten Paket passenden, mit Biegenuten versehenen Federbünde sowie einen Satz von 14 Distanzringen aus 0,2 mm NS-Blech. Bezugsquelle: D.I.T.

- 4 Stück Achslagerkästen: je nach Typ, teils bei Weinert, teils bei Kleinserienherstellern wie D.I.T., Bähnlewerkstatt, Huet, teils aus ausgeweideten Altmodellen, teils als kompletter Selbstbau. Für die neueren D.I.T.-Modelle ist Achslagerführung bereits in die Gußstücke integriert, so dass sich ein extra Lagerstein erübrigt. Für alle anderen Fälle: 4 Sätze Ätzbleche, aus denen je ein Lagerstein zusammengelötet oder geklebt werden kann.
- Ferner: Micro-Nieten aus Me, Schaft 0,4 mm, Kopf 0,6 mm (Fohrmann); Messingröhrchen, Ø 1,5 mm außen, 1,0 mm innen, (Flugmodellbaushops); Stabstahl rund, Ø 0,4 mm (Fohrmann); *Fürs Löten*: Ausrüstung zum Weichlöten, zusätzlich zum Weichlöten von Stahl: Lötwasser von Felder GmbH (Fohrmann); *Fürs Kleben*: Zweikomponentenkleber „Uhu endfest 300“, (Bastelläden, Drogerieläden); UHU Alleskleber normal, und zwar der alte, tropfende, fast schon vergessene, welcher Azeton-löslich ist, (also **nicht der tropffreie mit dem roten Punkt**, der überall ganz vorn auf dem Regal steht, und **auch nicht der lösungsmittelfreie mit dem grünen Punkt**); Azeton (aus der Apotheke, es muss „Azeton p.a.“ sein, also für die Analyse, nicht vom Supermarkt).

Schritt 1:

Als erstes müssen die Federblätter ihre charakteristische Rundung erhalten, und diese Rundung muss über alle Blätter hinweg gleichmäßig sein. Ideal ist die Rundung einer Pastillendose mit Durchmesser 7,5 Zentimeter.

Wie erreicht man das? Es ist ganz einfach: Zwischen zwei Stücken Metall, – einer starren Eisenplatte als Untergrund, und einem Rundeisen oder Rundmessing, das darüber gerollt wird, Durchmesser 10 bis 12 mm! Auf die Eisenplatte werden zwei Lagen Pappe 0,3 – 0,4 mm gelegt, darüber das ausgeätzte Stück mit den fünf Federblattpyramiden, die angeätzte Seite nach unten, der Pappe zugewandt. Noch nichts austrennen!

Ein Papier (110 g) wird so zurechtgeschnitten, dass es in einem Stück alle fünf Pyramiden bedeckt, nicht aber den Rahmen. Diese Abdeckung wird auf die glatte, nicht angeätzte Oberseite der Federblätter geklebt, und zwar mit Uhu normal, und unter Zuhilfenahme von Azeton als Verdünner und eines kleinen Pinsels. Der Kleber kann dann später in einem Azetonbad wieder sauber abgewaschen werden. So geht kein Blättchen verloren. Ist die Klebung trocken, rollt man das Rundeisen mit aller Kraft, und immer wieder, über das ganze Stück, bis die gewünschte Rundung erreicht ist [Abb. 5]. Kommt zu wenig Rundung zustande, sollte man eine dritte Schicht Pappe unterlegen. Nach dem Azetonbad können die Federblätter – Pyramide für Pyramide – aus dem Rähmchen ausgetrennt werden.



Abb. 5

Aufpassen beim Abschleifen der Reste von den Stegen! Mit der Trennscheibe nur das Nötigste wegnehmen, gerade so viel, dass die blanke Stelle später vom Federbund verdeckt wird. Die Feder

bleibt nämlich farblich unbehandelt, so dass die Federblätter nicht mit Farbe verklebt werden, doch deren hyper-saubere, schwarz-matten Ätzflächen „auf ewig“ sichtbar bleiben. Farbe bekommt dann nur die obere Sichtfläche des Hauptfederblatts und auch die nach außen zeigende Sichtfläche des Federbunds. Auf keinen Fall brünieren! Der Stahl besteht nämlich aus rostfreiem Edelstahl, bei dem (a) Brünieren problematisch ist, und außerdem kriegt man (b) die Säure nie wieder aus dem Federbund heraus. Bei Güterwagen habe ich die Erfahrung gemacht, dass es vollauf genügt, nur der Sichtfläche des Federbunds Farbe zu geben und das Hauptfederblatt unbehandelt zu lassen. Warum? Das Hauptfederblatt reflektiert sowieso den Hintergrund. Und der ist dunkel.

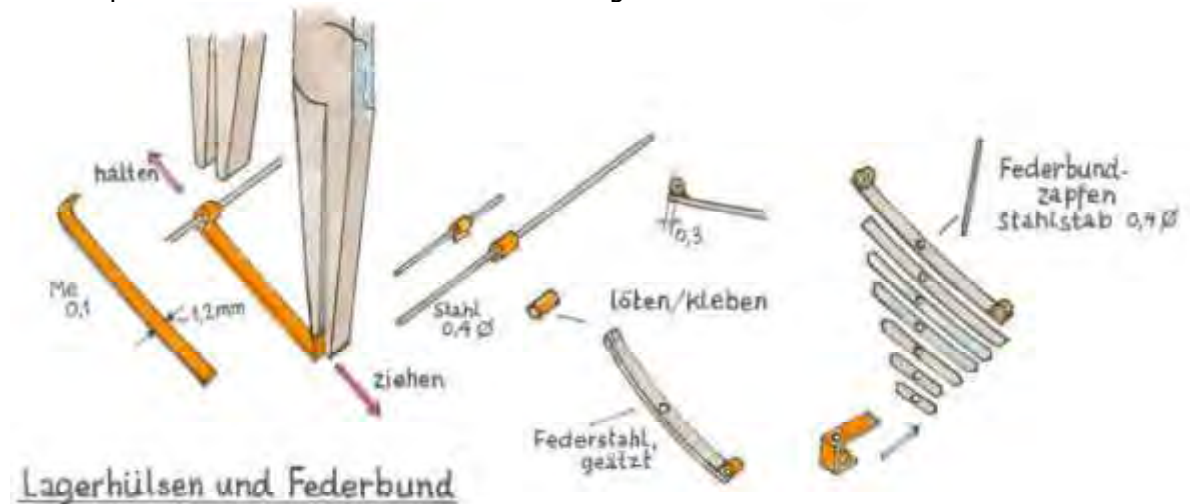


Abb. 6

Schritt 2:

Nun setzen wir die vier Federn zusammen, tunlichst zunächst eine nach der anderen; später, wenn man mehr Erfahrung hat, kann man einiges „rationalisieren“. Die **Abb. 6 (Unten)** zeigt auf, wie man aus einem etwa 1,2 mm breiten Streifen 0,1 mm Messingblech, der sich mit der Büroschere schnell schneiden lässt, die Lagerhülsen für die Schakenachsen biegen kann. Man braucht dann nur zwei Flachzangen, einen Stahlstab $\varnothing 0,4$ mm, und eine glatte Eisenunterlage. Der Umfang ist rechnerisch zweimal der Radius r mal n , also 1,86 mm, was wir aber für die Praxis eher knapp halten sollten, damit sich das Röhrchen sauber um den Stahl wickeln lässt. Abgeschnitten wird mit einem Nagelscherchen an vorher markierter Stelle. Ein winziger Spalt (0,1 – 0,2 mm) sollte am Ende bleiben; das wäre zum Platzieren beim Löten bzw. Kleben hilfreich, ist aber nicht kriegsentscheidend..

Wer lötet, nimmt das Lötwasser von Felder als Primer, wer klebt, „Uhu endfest 300“ als Kleber. Der bindet sehr langsam ab, so dass man die Lage immer noch etwa zwanzig Minuten lang korrigieren kann. Beim Löten muss die vom Lötwasser benetzte Stelle hauchdünn vorverzinnt sein, das Röhrchen aus Messing ebenfalls, und zwar am Spalt.

Eine sauber rechtwinklige Lage des Röhrchens lässt sich wie folgt erreichen: Mit einer Kreuzpinzette wird das Hauptfederblatt an den Flanken gegriffen und so eingespannt, dass die Oberseite des Federblatts, auf welche das Röhrchen gelötet werden soll, mit der vorverzinnten Stirnseite in einer Schrägung von etwa 30 Grad gegen eine senkrechte Holzwand (z. B. Holzleiste) gelehnt werden kann, dabei das Ende des Hauptfederblatts auf einem kleinen Sockel, ebenfalls aus Holz, flach aufliegt, so dass man das Röhrchen beim Lötvorgang mit dem Schraubendreher fest andrücken kann und es nicht vom heißen Kolben angesogen und mitgenommen wird. In den Winkel wird nun das Röhrchen gelegt, positioniert und angelötet. Wenn man es so macht, ist die Sache ein Kinderspiel und in einer Sekunde erledigt. Für beide Verfahren gilt: Wenn sich ein kleiner Sockel von Material ergibt, wie **Abb. 6 (Mitte)** es zeigt, so ist dies willkommen. Mit der Trennscheibe kann am Schluss die Überlänge an den Hülsenenden weggeschliffen werden. Dabei erweist sich dann auch, ob die Verbindung wirklich fest ist. Hier aber auch wieder unbedingt nur so viel Material wegnehmen, wie erforderlich, und möglichst so, dass die blanke Schleifstelle nicht augenfällig erscheint, vielmehr von der Schake verdeckt wird. Bedenken, dass sich das Röhrchen mit Zinn oder Kleber zusetzt, braucht man nicht zu haben, die Kohäsion des Materials besorgt das schon.

Schritt 3:

Sind bei Schritt 2 beide Verfahren in etwa gleich gut, so sollte nun, beim Zusammenfügen der Federblätter, besser geklebt werden, und zwar mit Zweikomponentenkleber „Uhu endfest 300“. Dabei kommt es darauf an, dass die Blätter durch den Bund – und nur hier im Bund – steif und exakt ausgerichtet gehalten werden, sich zu den Enden hin sonst aber frei bewegen können. Ich ziehe Klebung deshalb vor, unter anderem, weil das Auftragen einer so winzigen Menge Zweikomponentenklebers immer unter dem Glas genau kontrolliert werden kann. Aufgefädelt werden die einzelnen Federblätter an einem Stückchen Stahlstab $\varnothing 0,4$ mm, der sich zunächst einmal am besten auf einem Feilklöbchen aufrichten und festklemmen lässt, beginnend mit dem Hauptfederblatt. Der Stahlstab wird später oben gekappt und unten zum Federzapfen verkürzt. Eine so winzige Menge Klebstoff sauber und sparsamst auf einem Quadratmillimeter beiderseits des Stahlstabs aufzutragen, wie **[Abb7]** es zeigt, ist gewiss außergewöhnlich und verlangt höchste Konzentration.

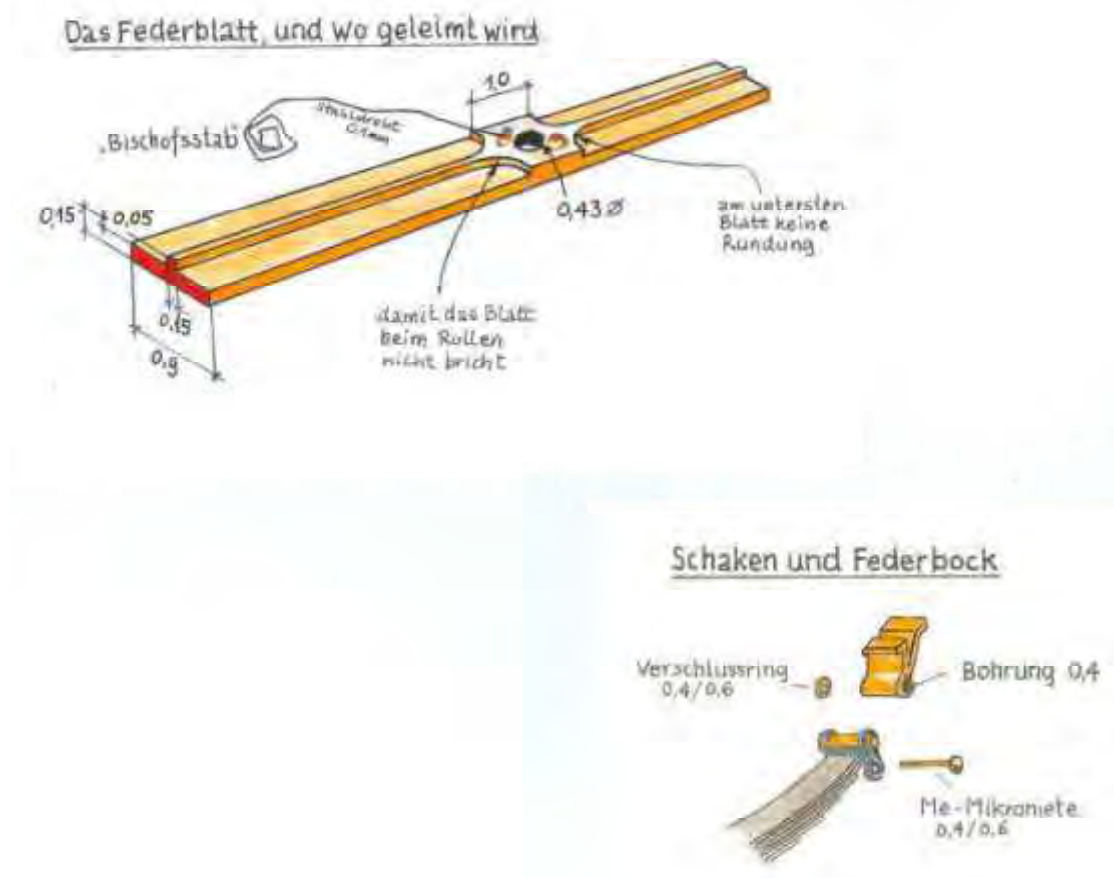


Abb7

Ich rate, das Ergebnis des Auftrags Federlage für Federlage mit Hilfe eines Fadenzählers zu kontrollieren. Hat man gepatscht, gibt's nur eins: Den ganzen Satz sofort (1) über Nacht ins Azetonbad, (2) Blatt für Blatt vom Restbelag mit Korund Körnung 2000 befreien, (3) jedes Blatt noch mal durchs Azeton ziehen, damit kein Fett bleibt, und (4) alles von vorn!

Da die allein schon geringe Menge Zweikomponentenkleber, die sich im erforderlichen HalbeHalbe-Verhältnis abschätzen und anmischen lässt, natürlich in keinem Verhältnis steht zu jener Winzigkeit, die für den Zusammenbau einer Feder gebraucht wird, ist es unerlässlich, die beiden Teilmengen penibel und in allen Richtungen immer wieder mit dem gezahnten Spachtel „durchzuwalken“. Nur so kann ich wirklich sicher sein, dass der minimale Teil, den ich letztlich entnehme, auch die gewünschten Eigenschaften „mitbekommen“ hat. Zur Entnahme benutze ich ein kleines Stück Stahldraht $\varnothing 0,1$ mm, der sich zwischen zwei spitzen Fingern exakt manövrieren lässt. Ich habe ihn dazu an einem Ende nach Art eines Krummstabs gebogen. Den ungleich größeren Rest des Klebers halte ich immer als Abbindeprobe zurück, so dass ich zum Beispiel prüfen kann, ob eine letzte Korrektur noch möglich ist.

Hier nun die Abfolge: Als erstes sollte das Ätzteil des Federbunds an zwei von den drei Biegenuten leicht angebogen, in den Stahlstab eingeführt werden, sodann das Hauptfederblatt und weiter Federblatt für Federblatt aufgefädelt werden. Bei jedem neu hinzukommenden Blatt wird eine Spur Kleber an den in **[Abb.7]** bezeichneten zwei Stellen aufgetragen. Der Stahlstab $\varnothing 0,4$ mm muss exakt gerade und der Montage wegen nicht zu kurz sein, sagen wir 2 cm, unten noch etwa 8 mm herausragend, damit man an ihm die Feder zum Abbinden sauber im rechten Winkel ausrichten kann. Mit Augenmaß geht das am besten.

Klaus-Dieter Pfennig hat die Biegenuten zum Federbund präzise auf die Zahl der jeweils bei ihm bestellten Federblätter eingestellt, so dass nichts gezwängt zu werden braucht, aber auch nichts zu viel ist.. Ist die letzte Lage erst einmal „eingefangen“, kann man auch den Zapfenstahl mit Kleber benetzen und auf diese Weise etwas mehr Kleber durch Hin- und Herschieben in den Bundbereich einführen.

Zum „Einfangen“ der letzten, kleinsten Blattlage mit dem letzten Winkel des Federbunds (dem Quadratmillimeter mit dem Loch in der Mitte):

Es ist nicht wie im Märchen, wo es hieß: „Wer bindet der Katze die Schelle um?“, sondern „Wie“. Niemand wird es ja fertig bringen, dass alle acht, neun, zehn, ja 11 Federblätter so perfekt gebogen ausgefallen sind, dass sie, aufgefädelt am Stahlstab und mit Kleber versehen, (der noch nicht klebt), schon brav aufeinander geschichtet daliegen. Man muss sie zusammenquetschen, um sie ans Ende des Stabes zu kriegen und in einem glücklichen Moment; den erlösenden Quadratmillimeter über Stab und Stapel zu kriegen.

Ich binde deshalb die widerstrebenden Federn rechts und links des Stabs immer erst mal mit einem hauchfeinen Drähtchen zusammen, wie wir es um die feinen Metallsägeblätter gebunden finden, die wir kaufen. Da ich jetzt Klaus-Dieters Federn in größeren Mengen habe und meinen ganzen Wagenpark damit ausrüsten kann, wird mir das aber zu mühsam und habe mir etwas anderes ausgedacht: Von Fohrmann besorge ich mir eine Kreuzpinzette mit flachen Greifbacken, No. 23075 und schleife mit der Trennscheibe aus der Mitte der beiden Backen einen Kanal von 1,2 mm Breite und geringer Tiefe heraus. Das genügt, um den Bund sauber und sicher so lange zusammenzuhalten, bis, ja bis „der Katze die Schelle“ umgelegt ist.

Fürs Abbinden mache ich mir auf einem Kärtchen immer eine genau bemessene Zeichnung, die mir als Vorlage und Lehre für die exakte Geometrie der vier Federpakete dient, welche über Nacht abbinden sollen **[Abb. 8]**.

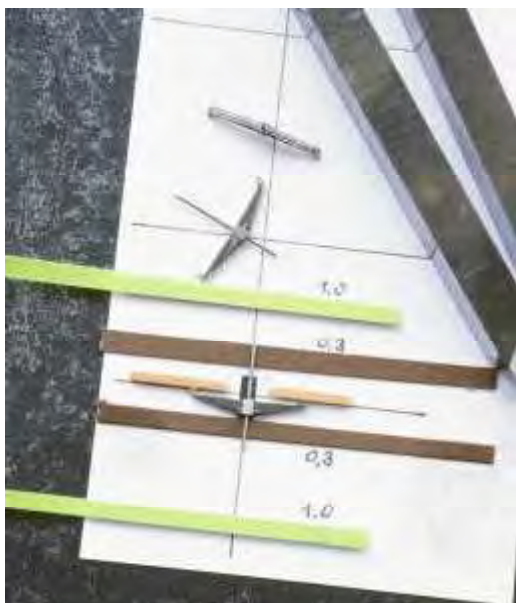


Abb. 8

Ein Schlitz von 1,2 mm in dem 0,15 mm starken Karton, der auf ebener Platte liegt, nimmt dabei den Federbund auf. So ist sichergestellt, dass alle Blätter des Pakets, Sichtseite nach unten, angedrückt

werden können und absolut parallel liegen. Wie Federpack und Zapfen zu liegen kommen sollen, zeichne ich dann auch vorher an. Auch lässt sich der Zapfen an seinen Enden fürs Abbinden mit einer halben Federbreite (0,45mm) minus eine halbe Stahlstabbreite (0,2 mm) entsprechend 0,25 mm stützen. Nach dem Aushärten wird der Stahlstab oberhalb des Hauptfederblatts mit der Trennscheibe gekappt und mit diesem bündig geschliffen. An der Unterseite bleiben erst mal 2,5 mm stehen. Die werden dann in das Zapfenloch des Achslagerkastens gesteckt und je nach Bedarf (de-facto-Wölbung der Feder, Geometrie des Achslagerkastens) im Zuge der Justierung der Lage des Wagens auf der Schiene mit Hilfe der Trennscheibe weiter gestutzt. Da man im Vorhinein nicht weiß, wie viele Distanzringe notwendig sein werden, um den Wagen richtig zu positionieren, sollte man beim Stutzen vorsichtig vorgehen. Weniger als 1 mm sollten auf keinen Fall dabei herauskommen, sonst lässt sich der Achslagerkasten nicht genau genug von der Bewegung der Feder führen.

Schritt 4

Die selbstgebauten Röhrchen schließen zur Sichtseite und zur Innenseite des Wagens hin bündig mit den Hauptfederblättern ab. Zeit, es mit der ersten Schake zu probieren. Diese Szene zeigt [Abb. 4]. Klaus-Dieter Pfennig hat die Schaken an der Sichtseite anätzen lassen, so dass sie den charakteristischen Kragen aufweisen und sich mit Außendurchmesser 0,7 mm auch um eine Winzigkeit vom Kopf der Mikroniete unterscheiden. Das macht ein vorzügliches Bild.

Also, – die Mikroniete wird von der Sichtseite des Federpakets her eingesteckt, die Schake kommt dazwischen, sie soll sich ebenfalls von der profilierten Zuckerseite zeigen. Hinter der Hülse kommt, nach innen hin, die zweite Schake, dann der Verschlussring. Es empfiehlt sich, die Schake an der Sichtseite immer gleich mit den beiden Nieten mit einer Winzigkeit Lötzinn (Lötpaste) zu verlöten, ehe die Nieten, – eine in das Röhrchen am Hauptfederblatt, die andere in den Achshalter, – eingeführt werden. Das erleichtert die Montage.

Am Federbock war erst noch das Lager zu bohren. Saubere Körnung dafür wird im Guss mitgeliefert, so dass „lediglich“ auf lotrechte Haltung des Bohrers zu achten ist. Die Bohrung 0,4 mm muss dann auch hier in der Regel leicht aufgerieben werden. Wichtig: Wenn Sie, lieber Bastler, eine Niete zur Probe eingeschoben hatten, die klemmte, dürfen Sie sie nicht mehr als Schakenachse verwenden. Denn das Material ist gezogen und sehr weich, der Bock aber ist Guss und ausgesprochen hart. Unterm Fadenzähler angucken! Das überzeugt sofort.

Die Verbindung Niete-Verschlussring wird mit Zweikomponentenkleber hergestellt.. Für die nachhaltige Trennung von den Lagern nehme ich angefeuchtetes Zigarettenpapier. Den Kleber trage ich mit dem „Krummstab“ an nur einem Punkt der Nahtstelle auf, das genügt vollkommen. Keine Rundum-Aktionen! Ohne Uhrmacherlupe oder Fadenzähler dürften (a) minimaler Auftrag und (b) Fließverhalten zwischen Öffnung und Nietenschaft nicht zuverlässig zu verfolgen sein. Festigkeit wird hier nicht verlangt. Beim Vorbild macht es ja auch gerade mal ein Splint. Wichtig ist nur: Die Feder muss in beiden Fällen bei dieser Prozedur auf der „Zuckerseite“ flach auf einer ebenen Fläche aufliegen, damit (1) die Niete nicht durchfällt, und (2) beide Schaken auch wirklich eng anliegen. Ist das Papier herausgezogen, hat das Gelenk die nötige „Luft“ und beide Schaken fallen wie Glöckchen herunter. So muss es sein! Ist dennoch das Unglück passiert und Kleber zwischen Schake und Lager gelaufen, - keine Panik! Alle beteiligten Teile sofort ins Azetonbad, das macht den Kleber als Kleber untauglich (solange er noch nicht abgebunden hat). Dann reibt man den „Schorf“ ab, wäscht die Teile im Azeton sauber und versucht das Ganze noch einmal .

Schritt 5

Was Aussehen und Geometrie des Achslagerkastens angeht, so sind alle Typen möglich, vorausgesetzt, sie lassen sich auf mindestens Durchmesser 1,5 mm zentrisch aushöhlen, so dass die Attrappen in den Lagerstein eingeführt und eingeklebt werden können. Wer einem Bausatz wie dem von D.I.T. für den preußischen G 02 folgt, bei dem die auf den Wagentyp zugeschnittenen Teile und Vorkehrungen (Passungen, Schlitz) mitgeliefert werden, kann sich die mühevolle räumliche Orientierung und alle Berechnungen sparen, die für eine funktionierende Aufhängung unerlässlich sind.

Die 3 mm Höhe des Lagersteins sind kein Muss. Seine Höhe und Form lässt sich der Geometrie des Achslagerkastens anpassen, und ob das Loch für den Federbundzapfen nun bis auf die Achse durchgebohrt wird oder nicht, hängt nur an der Frage, wie viel Führung im Bohrkanal für den Zapfen

übrig bleibt. Der Zapfen wird nur gesteckt, soll möglichst eng anliegen, ja, aber doch so beweglich sein, dass man ihn herausziehen kann, wenn es am Schluss darum geht, die Lage des Wagens durch Zwischenlegen von Distanzringen zu justieren. So wird es ja auch beim großen Vorbild gemacht. Und, weiter vorn am Kasten, ein weiteres Loch für eine Kanüle, etwa 0,3 mm, durchbohren, um das Lager von außen auch ölen zu können? Charmante Idee. Aber wenn der Bohrer bei einem von vier Lagerkästen abbricht und stecken bleibt? „Wer wagt es, Rittersmann oder Knapp?“ Also ich kneife da lieber. Bei Kunststoff ist das was anderes. Der allerdings müsste ölresistent sein.

Für die Schakenböcke empfiehlt es sich, sie nach Vorverzinnen auf beiden Seiten an den Langträger zu löten. Dabei muss die Hitze vom Langträger an den Bock herangeführt werden, auf keinen Fall umgekehrt, sonst geht das Röhrchen am Hauptfederblatt ab, das, wenn nicht geklebt, ja auch gelötet ist. Zunächst genügt Positionierung nach Augenmaß bei eingesetztem Achslagerkasten. Dann korrigiert man momentweise so lange, bis die Ziellage der Schaken mit 65 Grad zum Langträger erreicht ist. Bei dieser Lage kann man überprüfen, ob die Mimik des Federkonstrukts korrekt funktioniert.

Ist das Examen bestanden, geht von nun an alles sehr einfach, das Einrichten der Lage des Wagens ist purer Spaß. Die Fahrzeugpositionslehre, wie ich sie anlässlich des Baus der Gerard-P8 beschrieben habe, leistet dabei gute Dienste. Liegen die Puffer auf Sollhöhe und an beiden Wagenenden mittig zur Gleisachse, können die Achshalter mit ihren dazugehörigen Stegen geschlossen werden.

Damit man sie aber rasch mal wieder öffnen kann, empfehle ich Folgendes: Die Stifte rechts und links nur am Achshaltersteg anlöten, nicht auch im Loch selbst, am Achshalter! Diese Verbindung stellt man besser mit Uhu normal her. Wenn es nämlich Uhu normal ist, könnten Sie den Steg jederzeit wieder mit einem Tropfen Azeton lösen. Der Schaden am Lack, – na, das ist ja dann nur ein Pinselstrich.



Foto: Gerhard Watzek

Aus dem gut durchdachten und hochpräzisen Metallbausatz von Klaus-Dieter Pfennig zum preußischen G02 (mit zahlreichen Veränderungen aus der Reichsbahnzeit) habe ich dieses Modell in Baugröße H0 gebaut. Es ist wie sein Vorbild mit echt funktionierenden Lenkachsen ("Vereinslenkachsen") ausgerüstet, die an Blattfederpaketen aus hochwertigem Edelstahl aufgehängt sind. Das Rad-Schienensystem folgt dem international genormten Standard Proto:87. Als Ergebnis der anspruchsvollen Arbeit wurde nicht nur ein schöner optischer Eindruck erzielt, sondern auch ein absolut sicherer und weicher Lauf, bei dem man jeden Schienenstoß vernehmlich hören kann. Die Türen des Wagens lassen sich öffnen, schließen und vorschriftsmäßig verriegeln. Die Attrappen echter Schraubenkupplungen werden per Magnet-Kupplungsstab gehoben. Gefederte Puffer sind dabei unerlässlich. Wagengewicht: 68 Gramm.