

VÖV, Fachtagung Zahnradbahnen 2010

Matterhorn Gotthard Bahn in Brig, Kongresszentrum Simplonhalle

Referat von Ernst Zbinden

Zahnstangenschmierung

Praktische Erfahrungen

- Abrieb und Verschleiss an Zahnstange und Zahnrädern sind Langzeitschäden deren Ursachen schwierig zu bestimmen sind.
- Jede der etwa 28 schweizerischen Bahnen mit Zahnstangenabschnitten hat ihre eigenen Betriebsbedingungen.
- Es gibt keine einheitliche Lösung der Probleme.
- Die Bahnen sind die eigentlichen Erfahrungsträger. Der Konstrukteur in der Lieferfirma ist auf den Erfahrungsaustausch mit dem Betreiber angewiesen, damit eine optimale Schmierung entsteht.

Der Verschleiss

Roman Abt konnte noch 1919 in der „Hütte“ schreiben: Die Zahnstangen-Abnutzung ist verschwindend klein. Durch Schmierung wird ihre Lebensdauer sowie die der Zahnräder erhöht und die Reibungswiderstände vermindert.

Heute ist die Situation anders:

- die Fahrweise war beschaulich
- damals kannte man den Winterbetrieb noch nicht
- der heutige Betrieb zeigt unterschiedlichen Verschleiss, mit Spitzenwerten bei Winterbetrieb auf über 1200m Höhe.

Abnutzung entsteht:

- durch Abrieb infolge Mangelschmierung
- durch geometrische Fehler in der Zahnstange.

Diese Fehler führen zu:

- hohen dynamischen Kräften, welche die Fließgrenze des Materials überschreiten
- die Zahnflanken werden deformiert. Dieser Zustand entspricht dann nicht mehr einer Verzahnung sondern einer formschlüssigen Kraftübertragung
- es entsteht Lärm
- die Entgleisungsgefahr wächst.

Der Schmierstoff

Voraussetzungen an den Schmierstoff:

- die Reibung vermindern
- grosse Haftfähigkeit
- hohe Druckfestigkeit
- sprühbar bis -25°C
- geringe Umgebungsverschmutzung
- umweltfreundlich.

Die Zahnstangenschmierung arbeitet immer im Bereich der Mischreibung bei der sich die Spitzen der Metalloberflächen berühren. Dazwischen ist aber immer noch eine mehr oder weniger dicke Schmierschicht vorhanden.

Einen speziell für die Zahnstange entwickelten Schmierstoff gab es früher nicht. Die Verbrauchsmengen waren zu gering. Für die Schmierung der Zahnstange verwendeten die Bahnen oft gebrauchtes Getriebeöl, das sie auf die Zahnstange tropfen liessen oder, sofern Druckluft vorhanden, aufsprühten.

Etwa 1950 gelang es für die Spurkranzschmierung einen hochviskosen Schmierstoff mit Lösemittel sprühbar zu machen. Zur Verbesserung der Haftung wurde Bitumen verwendet. Dieser Schmierstoff wurde auch bei der Zahnstange eingesetzt. Die Forderungen nach hoher Druckfestigkeit, Anwendung bei tiefen Temperaturen und Umweltverträglichkeit konnte er aber nicht erfüllen.

Seit Mitte der 80ziger Jahre sind Schmierstoffe mit Festanteilen vorhanden, mit ihnen änderte sich auch die Schmiertechnik:

- über längere Zeit sollen kleine Mengen von hochwertigem Schmierstoff aufgesprüht werden
- das Abschleudern des Schmierstoffs soll so verhindert werden
- bei Schmierstoffen mit Festanteilen übernimmt der Feststoff die Schmierung der Gleitflächen und das Öl den Transport der 0,005 Millimeter langen Graphit-Plättchen
- der Feststoff bleibt an der Metalloberfläche haften und wird durch den Zahneingriff in die Oberflächenstruktur eingepresst
- es entsteht eine Oberflächenbeschichtung. Diese Eigenschaft wird auch zur Reparatur von aufgerauten Zahnflanken von Grossgetrieben genutzt
- der Schmierstoff in Kontakt mit der Umwelt wird biologisch abgebaut, es entsteht im wesentlichen Kohlendioxid
- mit 8 bis 10% Feststoffanteil ist die Wirkung bei der Spurkranzschmierung und offenen Getrieben optimal. Beim System Zahnstange / Zahnrad mit seinen oft kleinen Kontaktflächen sind 15% die richtige Wahl.

Die Feststoffe haben die Tendenz mit der Zeit im Öl abzusinken. Es ist darum wichtig den Schmierstoff vor dem Umfüllen in den Pumpenbehälter durch Umrühren wieder zu homogenisieren.

Die neueste Entwicklung von Schmierstoffen mit Festanteil geht in Richtung organisches Fließfett mit eingebetteten Keramikpartikeln, also weg vom Graphit.

Die Applikation

Das bekannte Schmiersystem Sécheron ist mit Zweistoffdüsen ausgerüstet die getrennte Zuleitungen für Schmierstoff und Sprühluft aufweisen. Der Schmierstoff wird in knapp einer Sekunde ausgestossen, was das Abschleudern begünstigt. Die Modifikation der Düse mit einer Mischkammer verlängert die Sprühdauer auf etwa zwei Sekunden. Dieses System eignet sich nur für Schmierstoffe mit einem Feststoffanteil von max. 5%.

Gleichzeitig mit den Schmiermitteln mit Festanteil erschienen auch druckluftbetriebene Zentralschmieranlagen mit nur einer Zuleitung für Schmierstoff-Luftgemisch zur Düse. Dieses System sprüht:

- Schmierstoffe mit Feststoffanteilen bis zu 30%
- in geringen Mengen
- mit einer Sprühdauer von 6 bis 10 Sekunden.

Die Funktion des Ein-Rohr Systems:

- eine pneumatisch betätigte Kolbenpumpe fördert mit einem Hub eine fixe Menge Schmierstoff in den Mischblock
- die Sprühluft schiebt den Schmierstoff der Rohrwand entlang zur Düse
- die Düse ist eine konische Verjüngung des Durchmessers auf 1,2 mm
- der Sprühstrahl tritt bei einem Betriebsdruck von 5 Bar mit zirka 150 m/s oder 540 km/h aus dem Rohr.

Weiterer Pluspunkt:

- die statischen Mengenteiler, die den Schmierstoff auf zwei, drei oder vier Düsen aufteilen
- dies senkt die Anzahl der Rohrleitungen drastisch

Der Luftverbrauch dieser Anlage richtet sich nach Anzahl Düsen und der Taktzeit. Der Verbrauch an Luft pro Düse bei 5 Bar Betriebsdruck beträgt 1 Liter pro Sekunde. Gesprüht wird weg- oder zeitabhängig.

Die Steuersignale können sowohl von einem Steuergerät als auch vom Bordcomputer entnommen werden. Sie sollten jedoch einfach veränderbar sein.

Die Anordnung der Schmierdüsen gibt immer viel zu diskutieren.

- Mit dem System „Sécheron“ zeigte die Erfahrung, dass es wichtig ist den Schmierstoff unmittelbar vor dem Eingriff aufzusprühen, damit möglichst wenig davon abgeschleudert wird.
- Dies mag auch einer der Gründe gewesen sein die Zahnstange direkt zu schmieren und nicht indirekt über das Zahnrad.
- Die Lage dieser tief angeordneten Düsen ist aber sehr exponiert und führt zur Vereisung im Winter.

Angesichts der hohen Austrittsgeschwindigkeit und der guten Haftung der Feststoffpartikel sind die Düsen in Zukunft weniger nach dem Gesichtspunkt des Abschleuderns anzuordnen, sondern nach der Forderung das blanke Metall mit dem Festschmierstoff zu treffen.

zb