



von DI Peter G. BRANDL; Salzburg (AUT)

## Faszination Zahnradbahn

### Anfänge der Zahnradbahn

Die geniale Erfindung des Rad-Schiene-Systems stieß bei größeren Steigungen bald an ihre Grenzen. Durch den relativ geringen Reibungswert zwischen dem Stahlrad und der Stahlschiene mussten sich die Ingenieure des 19. Jahrhunderts eine Lösung einfallen lassen. Mit der Erfindung der Zahnstange gelang eine solche, um Adhäsionsbahnen auch Steigungen weit über 100 Promille befahren zu können (die steilste Adhäsionsbahn ist die Pöstlingbergbahn in Linz mit 116 Promille, wobei die Straßenbahn in Lissabon punktuell sogar 135 Promille im reinen Reibungsbetrieb bewältigt).

Nach ersten Ideen um 1800 realisierte der Engländer John Blenkinsop bereits 1812 die erste Zahnradbahn. Als technischer Leiter der Kohlegruben in Middleton wollte dieser die Zugkraft der bis zu 66 Promille steilen Strecke erheblich verbessern. Anders ausgedrückt: Er traute der damals noch weitgehend unerforschten Adhäsion zwischen Rad und Schiene nicht. Das System funktionierte und wurde auch andernorts im Bergbau und bei Werksbahnen eingesetzt. 1847 wurde in Indianapolis in den USA eine kombinierte Werksbahn mit Reibungs- und Zahnstangenbetrieb eröffnet. Der Betrieb verlief zufriedenstellend. Die Schwachstelle war jedoch eindeutig die Bremsenbremstechnik, was zu sehr geringen Geschwindigkeiten und einem enormem Materialverschleiß

führte. Ein baldiger Abbau der Zahnstange war die Folge.

Als erste öffentliche Bahn verkehrt seit 1869 in Nordamerika eine Zahnradbahn mit 330 Promille auf den Mount Washington. Erfunden hatte diese Technik aber nicht nur Sylvester Marsh in Amerika, sondern auch Niklaus Riggenbach, welcher die erste Europäische Zahnradbahn 1871 in der Schweiz auf den Rigi am Vierwaldstättersee mit einer Maximalsteigung von 250 Promille in Betrieb nahm. Sein Patent hatte er allerdings bereits 1863 angemeldet. Damit war der Start für die touristische Erschließung der Berge gekommen, genauso aber auch die wirtschaftliche Erschließung von topographisch schwierigen Gebieten.

### Zahnradbahntechnik für Hauptbahnen

War die Zahnstangentechnik bislang eher Bergwerks- und Tourismusbahnen vorbehalten, so fand das System mit der Erfindung der Abt'schen Zahnstange eine breitere Verwendung. Roman Abt schuf ein Lamellen-Zahnstangen-System und trennte außerdem den Zahnrad- und den Adhäsionsantrieb der Lokomotiven. So konnte diese Technik auch auf durchgehenden Hauptbahnen eingesetzt werden.

Die Harzbahn (Rübelandbahn) in Deutschland war hier Vorreiter in Sachen eines Zahnrad-Vollbahnbetriebes. Aber auch auf zahlreichen anderen Abschnitten wurden

bei größeren Steigungen Zahnstangenabschnitte eingebaut. Auf anderen Kontinenten wurden mit gemischten Systemen - Reibungs- und Zahnradbahn - ebenfalls große Höhen im Vollbahnbetrieb überwunden, wobei mit 4.830 Metern Höhe in den Anden der welthöchste Punkt im Bahnbetrieb erreicht war. Auf der afrikanischen Benguelabahn in Angola waren lediglich 2,1 Kilometer mit Zahnstange versehen. 1344 Kilometer hat man als Reibungsbahn ausgeführt.

### Steil Bergauf

Ein Superlativ für sich ist die 1888 errichtete, 4,6 Kilometer lange Pilatusbahn am Schweizer Vierwaldstättersee. Mit einer Steigung von 480 Promille ist sie die steilste Zahnradbahn der Welt, sieht man von der Treidelbahn am Panamakanal ab, welche zum Schleppen der Schiffe an den Schleusen Steigungen bis 500 Promille erreicht. Um bei der Pilatusbahn das Aufklettern der Wagen an der steilen Schiene zu verhindern, entwickelte Eduard Locher ein einzigartiges Zahnradsystem mit waagrecht liegenden Zahnrädern.

Erwähnenswert ist aber auch - unter den vielen faszinierenden Zahnradbahnen - die katalonische Bergbahn nach Montserrat. Die 1892 errichtete Meterspurbahn mit Abt'scher Zahnstange wurde nämlich 1957 eingestellt und 2003 wieder als moderne Zahnradbahn in Betrieb genommen.

### Zahnradbahnen in Österreich

Bereits 3 Jahre nach in Betriebnahme der ersten europäischen Zahnradbahn auf den Schweizer Rigi fuhr die 6 Kilometer lange normalspurige Kahlenbergbahn mit maximal 100 Promille mittels System Riggenbach von 1874 bis 1919 auf den Wiener Aussichtsberg. Auch die Gaisbergbahn verkehrt leider schon lange nicht mehr. Von 1887 bis 1928 wurde mittels System Riggenbach die 5,3 Kilometer lange Meterspurstrecke mit einer Maximalsteigung von 250 Promille auf den Salzburger Hausberg bewältigt.

Auf den Schafberg im Salzkammergut verkehrt noch heute eine meterspurige Zahnradbahn, Zahnstangensystem Abt. Das 1893 eröffnete Verkehrsmittel mit einer Länge von 5,9 Kilometer Länge misst an der größten Steigung 260 Promille und ist ausschließlich mittels Zahnrad angetrieben. Die 1889 eröffnete Achenseebahn verkehrt hingegen mittels System Riggenbach als Zahnradbahn wie auch teilweise als Adhäsionsbahn auf ihrer 6,7 Kilometer langen und maximal 160 Promille geneigten Meterspurstrecke. Dabei sind dort die ältesten Zahnradlokomotiven Europas eingesetzt. Die dritte heute noch in Betrieb befindliche Zahnradbahn in Österreich führt seit 1897 auf den niederösterreichischen Schneeberg. Auch hier wurde die Meterspur gewählt, und das System Abt kommt bis maximal 197 Promille über 9,7 Kilometer zur Verwendung.

Historisch interessant ist auch die 1891 errichtete kombinierte Zahnrad- und Reibungsstrecke der normalspurigen 19,9 Kilometer langen und auf 14,6 Kilometer mit Zahnstange ausgerüsteten Erzbergbahn von Vordernberg nach Eisenerz, da hier die weltgrößte Dampf-Zahnradlokomotive verkehrte. Leider wurde bereits 1988 der Planbetrieb eingestellt.

Auch die schmalspurige 900 Millimeter-Werksbahn am Erzberg selber, welche von 1810 bis 1987 verkehrte (Museumsbetrieb noch heute), war teilweise mit einer Abt-Zahnstange ausgerüstet und ist elektrisch betrieben worden.

### Unikate der Eisenbahntechnik

Weltweit verkehren heute mehr als 50 Zahnradbahnen, wobei jede für sich ein Unikat darstellt. Davon zeugen verschiedenste Spurweiten, Zahnstangensysteme (mit unterschiedlichen Zahngeometrien) oder Traktionsarten wie Dampf, Diesel oder Strom (Fahrleitung oder Stromschiene mit Gleich-, Wechsel- oder Drehstrom), unterschiedliche Bremssysteme (Druckluft- oder Vakuumbremse), verschiedenste Lichtstrahlprofile oder ungleiche Zugsicherungssysteme.

Die Kombination von faszinierender Technik, historischem Charme und den meist wunderschönen hochalpinen Zielen fasziniert heute wie auch schon vor über 100 Jahren.



Oben: Die Rigi-Bahn war die erste personenbefördernde Zahnradbahn in Europa und verkehrt seit 1871

Links - Seite 12: Die Pilatusbahn gilt mit 480 Promille als steilste Zahnradbahn der Welt

Fotos (2): DI Horst SCHAFFER

### Quellen bzw. weiterführende Literatur:

- Messerschmidt W. (1972) Zahnradbahnen, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart
- Fleißig T. (2004) Zahnradbahnen in Österreich, EK-Verlag, Freiburg
- Fader K. (2003) Zahnradbahnen der Alpen, Tosa Verlag, Wien
- Kenning L. (1992) Eisenbahnhandbuch Österreich, Verlag Kenning, Nordhorn

### Zahnradbahnsysteme

- **System Riggenbach:** Von Niklaus Riggenbach (1817 - 1899) erfunden; Leiterzahnstange: In ein U-förmiges Profil sind die Zähne als Sprossen eingesetzt.
- **System Strub:** Erfunden von Emil Strub (1858 - 1909); Zahnkopfstange (auch Strub'sche Breitenkopfschiene genannt): Die Zähne sind in eine der Keilkopfschiene ähnlichen Schiene eingefräst. Durch Haken, die um den Schienenkopf herumgreifen, soll bei besonders steilen Abschnitten ein Aufklettern verhindert werden.
- **System Abt:** Nach Carl Roman Abt (1850 - 1933): Lamellenzahnstangen; Eine, zwei oder drei Zahnstangen liegen gegeneinander verschoben mit den Zähnen nach oben im Gleis; ein entsprechendes Zahnrad greift von oben ein. Besonderer Vorteil bei Verwendung mehrerer Lamellen ist die gleichmäßigere Kraftübertragung, da sich immer mindestens ein Zahn im Eingriff befindet.
- **System Locher:** Erfunden von Eduard Locher (1840 - 1910); Fischgrätenzahnstange: Eine Doppelzahnstange mit Zähnen auf der linken und rechten Seite liegt im Gleis, die Zahnräder greifen von der Seite aus ein. Auch dieses System soll ein Aufklettern verhindern, da die auftretenden Kräfte an den Zähnen in waagrechter Richtung wirken und einander aufheben.
- **System Marsh:** Sylvester Marsh (1803 - 1884); Leiterzahnstange mit Zähnen aus Rundprofil: Sie ist bei der ab 1866 gebauten und 1869 fertiggestellten Mount Washington Cog Railway eingesetzt.
- **System von Roll:** Firma von Roll, Lamellenzahnstange: wie beim System Abt besteht diese Zahnstange aus einem Flachstahl, in den die Zähne mit der Verzahnungsgeometrie der Systeme Riggenbach oder Strub eingefräst werden. Die Zahnstange kommt in erster Linie bei Neubauten sowie beim Ersatz alter Zahnstangen nach den Systemen Riggenbach respektive Strub zur Anwendung, da sie in der Herstellung günstiger ist.