

125 Jahre Schafbergbahn

Dipl.-Ing. Peter Brandl
Leitung Bereich Verkehr Salzburg AG

Seit 1893 erklimmt die Schafbergbahn den 1783 Meter hohen Schafberg im Salzkammergut. Konkret erreicht sie nach 35 Minuten Fahrzeit, während der sie 5,85 Kilometer zurücklegt und 1190 Höhenmeter bewältigt, die Bergstation, die auf 1732 Meter Seeshöhe liegt.

Was heutzutage von jährlich rund 300 000 Fahrgästen als gemüthlicher Ausflug zu einem beliebten Aussichtspunkt in den nördlichen Alpen mit einem Hauch von Nostalgie und Technik wahrgenommen wird, ist eine ausserordentliche Leistung der Ingenieurkunst und strahlt bis heute – teilweise in modernisierter Form – eine entsprechende Faszination aus.

Anfänge der Zahnradbahntechnik

Das Rad-Schiene-System der Eisenbahn stiess bei grösseren Steigungen schon bald nach seiner Erfindung im vorletzten Jahrhundert an seine Grenzen. Wegen des relativ geringen Reibungswerts zwischen Stahlrad und Stahlschiene mussten sich die Ingenieure des 19. Jahrhunderts eine Lösung einfallen lassen, damit auch steilere Passagen überwunden werden konnten. Mit der Erfindung der Zahnstange gelang es, mit Eisenbahnen auch Steigungen von weit mehr als 100 % zu befahren.¹

Nachdem die erste Idee dazu um 1800 aufgenommen war, realisierte der Engländer John

Blenkinsop bereits 1812 die erste Zahnradbahn. Als technischer Leiter der Kohlegruben in Middleton wollte er die Zugkraft der Maschinen der bis zu 66 % steilen Strecke erheblich verbessern; zudem traute er der damals noch weitgehend unerforschten Adhäsion zwischen Rad und Schiene nicht. Sein System funktionierte und wurde daraufhin auch anderorts im Bergbau und bei Werksbahnen eingesetzt. 1847 eröffnete man in Indianapolis in den USA eine Werksbahn mit kombiniertem Reibungs- und Zahnstangenbetrieb. Diese lief an sich zufriedenstellend, allerdings zeigte sich rasch, dass der Bremsvorgang die grosse Schwachstelle war. Geringe Geschwindigkeiten und extremer Materialverschleiss führten schliesslich in Indianapolis zum Abbau der Zahnstange.

Als erste öffentliche Zahnradbahn verkehrte seit 1869 in Nordamerika die Zahnradbahn am Mount Washington mit 330 % Maximalsteigung auf einer von Sylvester Marsh entwickelten Leitzahnstange mit Zähnen mit Rundprofil, die in der Mitte des Gleises angebracht ist. Eine ähnliche Ausführung nutzte zur selben Zeit auch Niklaus Riggenbach in der Schweiz, der 1871 eine Zahnradbahn auf die Rigi am Vierwaldstätter See mit einer Maximalsteigung von 250 % in Betrieb nahm; parallel zur Rigi hatte er auch die Steinbruchbahn Ostermündigen in der Nähe von Bern gebaut. Seine Leitzahnstange unterschied sich leicht von derjenigen von Marsh, indem die zwischen zwei U-förmigen Profilen eingesetzten Sprossen trapezförmig waren, was eine konstantere Kraftübertragung ermöglichte. Das Patent dazu hatte er bereits 1863 angemeldet.

War die Zahnstangentechnik vorerst 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- vom Adhäsionsantrieb der Lokomotiven. So konnte die Technik auch auf durchgehenden Hauptbahnen eingesetzt werden. Die 1886 in Betrieb genommene Harzbahn (ab 1950 Rübelandbahn) in Deutschland war Vorreiterin eines solchen Zahnrad-Vollbahnbetriebs. Aber auch auf zahlreichen weiteren Strecken wurden bei grösseren Steigungen Zahnstangenabschnitte eingebaut.

Anderorts wurden mit gemischten Systemen – Reibungs- und Zahnradbahn – ebenfalls grosse Höhen im Vollbahnmodus überwunden, wobei in den Anden der weltweit höchste Punkt im Bahnbetrieb erreicht wurde. Vom Bahnhof La Cima an der peruanischen Morococha-Linie, die derzeit jedoch stillgelegt ist, führte die Anschlussbahn eines Bergwerks bis auf 4830 Meter Seeshöhe.

In Brasilien verkehren auf der Bahnstrecke Santos – Jundiá immer noch Güterzüge über den Zahnradbahnabschnitt des Systems Abt mit einer Drei-Lamellen-Zahnstange. Die

Zahnradbahnsysteme

- System Riggenbach (Niklaus Riggenbach, 1817 – 1899): Leitzahnstange, bei der die Zähne als Sprossen zwischen zwei U-förmige Profile eingesetzt sind.
- System Strub (Emil Strub, Schweiz, 1858 – 1909): Zahnkopfstange – auch Strub'sche Breitkopfschiene genannt –, bei der die Zähne in einer der Keilkopfschiene ähnlichen Schiene eingefräst sind. Durch Haken, die um den Schienenkopf herumgreifen, soll bei besonders steilen Abschnitten ein Aufklettern verhindert werden. Wird seit einigen Jahren von der Firma Tensol unter der Bezeichnung TN70 vermarktet.
- System Abt (Carl Roman Abt, 1850 – 1933): Lamellenzahnstangen, wobei eine, zwei oder drei Zahnstangen gegeneinander verschoben und mit den Zähnen nach oben im Gleis liegen und das Zahnrad von oben eingreift. Der Vorteil bei der Verwendung mehrerer Lamellen ist die gleichmässige Kraftübertragung, da sich immer mindestens ein Zahn im Eingriff befindet.

- System Locher (Eduard Locher, 1840 – 1910): Fischgrätenzahnstange in Form einer Doppelzahnstange mit Zähnen auf der linken und rechten Seite, die im Gleis liegt, wobei die Zahnräder von der Seite her eingreifen. Auch dieses System soll ein Aufklettern verhindern, da die auftretenden Kräfte an den Zähnen in waagrechtlicher Richtung wirken und einander aufheben.

- System Marsh (Sylvester Marsh, 1803 – 1884): Leitzahnstange mit Zähnen mit Rundprofil.

- System Von Roll (Von Roll AG): Lamellenzahnstange, die wie beim System Abt aus einem Flachstahl besteht, 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 der Systeme Riggenbach und Strub zur Anwendung, da sie in der Herstellung günstiger ist.



Die Z11 mit einem Zug nach St. Wolfgang beim Km 3.8 zwischen Dorneralm und Schafbergalpe (Foto: S. Jurasovits, 15. Juli 2018).

Kreuzung des talwärts fahrenden Zuges mit der VZ 32 und dem Richtung Schafbergspitze verkehrenden Zug mit der VZ 31 in der Haltestelle Schafbergalpe (Foto: S. Jurasovits, 15. Juli 2018).

Bahnstrecke verbindet über 140 Kilometer die brasilianische Hafenstadt Santos mit den Städten São Paulo und Jundiá, wobei knapp zehn Kilometer eine Steigung von mehr als 100% aufweisen, weshalb dort auch die stärksten Zahnradlokomotiven der Welt eingesetzt werden.

Eine Besonderheit für sich ist die 1888 errichtete, 4,6 Kilometer lange Pilatusbahn am Vierwaldstätter See. Mit einer Steigung von bis zu 480% ist sie die steilste Zahnradbahn der Welt, sieht man von der Treidelbahn am Panamakanal ab, die zum Schleppen der Schiffe an den Schleusen Steigungen bis zu 500% 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.

Zahnradbahnen im Nahverkehr

Zahnradbahnen sind aber nicht nur eine technische Attraktion im Ausflugs- und Eisenbahnverkehr; sie werden bei topographischer Notwendigkeit auch als ganz normales innerstädtisches Verkehrsmittel genutzt. Bestes Beispiel dafür ist die mit bis zu 173% Steigung steilste U-Bahn-Linie der Welt, nämlich die 2,4 Kilometer lange Métro-Linie C in Lyon, die im gemischten Adhäsions- und Zahnradbahnbetrieb mit dem System von Roll seit 1974 die Wege der ÖPNV-Nutzer im Vergleich zum parallel betriebenen Obus-Angebot erheblich verkürzt.

In Stuttgart ist die allgemein „Zacke“ genannte Gleichstrom-Zahnradbahn des Systems Riggenbach vom Zentrum zum Stadtbezirk Degerloch, die schon seit 1884 verkehrt, im Stadtbahnnetz integriert. In Italien gibt es zwei

Die Z 12 mit dem Zug Richtung Schafbergspitze bei der Tunnelfahrt im Km 5,6 kurz vor der Endstation (Foto: S. Jurasovits, 15. Juli 2018).



Zahnradbahnen im städtischen Nahverkehr: In Turin verkehrt auf einer vormals durch eine Standseilbahn betriebenen, 3,2 Kilometer langen Strecke seit 1935 die Gleichstrom-Zahnradbahn Sassi – Superga des Systems Strub. In Genua ist die 1,1 Kilometer lange und bis zu 214% steile Zahnradbahn Principe – Granarolo Bestandteil des öffentlichen Verkehrs.

Die Schwabenbergbahn des Systems Strub in Budapest mit 3,7 Kilometern Länge und einer Maximalsteigung von „lediglich“ 110% war die dritte Zahnradbahn weltweit und ist als Linie 60 immer noch fest im Strassenbahnnetz integriert.

Moderne Zahnradbahnen

So alt und historisch anmutend die Zahnradbahntechnik auch scheinen mag, so modern sind die neueren Anlagen. Beeindruckend ist diesbezüglich die „Chemin de fer à crémaillère du Puy de Dôme“ nahe Clermont-Ferrand. Bereits von 1907 bis 1926 bestand eine Bahnverbindung auf den ehemaligen

Vulkan; sie wurde jedoch durch das Aufkommen des Automobils verdrängt. Seit 2012 verkehrt dort nun eine Zahnradbahn des Systems Strub über nahezu fünf Kilometer mit einer Maximalsteigung von 155%. Die modernen 1500-Volt-Gleichstrom-Triebwagen von Stadler sind dabei fast baugleich zu jenen Wagen, die seit 2003 auf der neuen, 5,2 Kilometer langen gemischten Adhäsions- und Zahnradbahnstrecke von Monistrol zum Kloster nach Montserrat in Katalonien verkehren. Auch dort gab es bereits von 1892 bis 1957 eine Bergbahn, die nun in modernisierter Form und bei einer maximalen Steigung von 156% reaktiviert wurde.

Im Skigebiet von Perisher Valley im australischen New South Wales fährt seit 1987 die „Skitube“-Zahnradbahn. Der Name wurde von der Londoner U-Bahn abgeleitet, verkehrt doch die Bahn des Systems von Roll auf ihrer 8,5 Kilometer langen und maximal 125% steilen Strecke grossteils im Tunnel. Die Wagen sind wegen ihrer grossen Kästen die breitesten Zahnradbahn-Fahrzeuge der Welt.



Es wurden nicht nur neue Zahnradbahnstrecken errichtet; auch bei bestehenden Systemen fand ein teilweise massiver Modernisierungsschub statt, wie beispielsweise in der Schweiz bei der Zentralbahn, der Matterhorn – Gotthard-Bahn, der Berner Oberland-Bahn oder der Jungfraubahn. Nicht nur wurden die Strecken ertüchtigt und leistungsfähiger gemacht, sondern vor allem auch mit modernen Fahrzeugen und damit einhergehenden Komfortverbesserungen sowie mit Fahrzeitverkürzungen der Kundennutzen optimiert.

Weltweit verkehren heute mehr als 50 Zahnradbahnen in ausgeprägter technischer Vielfalt. Davon zeugen

- verschiedene Spurweiten,
- Zahnstangensysteme mit unterschiedlichen Teilungen und verschiedenen Zahnbreiten, Zahnhöhen und uneinheitlicher Lage des Teilkreisdurchmessers ab Schienenoberkante,
- Traktionsarten wie Dampf, Diesel oder Elektrizität (Fahrleitung oder Stromschiene mit Gleich-, Wechsel- oder Drehstrom),

- unterschiedliche Bremssysteme (Druckluft- oder Vakuumbremse),
- verschiedene Lichtraumprofile,
- unterschiedliche Zugsicherungssysteme.

Zahnradbahnen in Österreich

Bereits drei Jahre nach der Inbetriebnahme der ersten europäischen Zahnradbahn auf die Rigi wurde 1874 die sechs Kilometer lange normalspurige Kahlenbergbahn des Systems Riggenbach mit bis zu 100% Steigung eröffnet. Bis 1919 brachte sie die Passagiere auf den Wiener Aussichtsberg, danach wurde sie eingestellt. Auch die Gaisbergbahn verkehrte nicht mehr: Von 1887 bis 1928 hatte die 5,3 Kilometer lange Meterspur-Zahnradbahn des Systems Riggenbach mit einer Maximalsteigung von 250% den Salzburger Hausberg bewältigt.

Immer noch in Betrieb ist die 1889 eröffnete, nunmehr älteste österreichische Zahnradbahn: Die Achenseebahn in Tirol verkehrt auf ihrer 6,7 Kilometer langen und maximal 160% geneigten Meterspurstrecke teilweise als Zahnradbahn des Systems Riggenbach

wie auch als Adhäsionsbahn. Eingesetzt werden die ältesten Zahnradbahnlokomotiven Europas.

Seit 1897 ist die Schneebergbahn, eine meterspurige Zahnradbahn des Systems Abt, auf einer Länge von 9,7 Kilometern bei einer Maximalsteigung von 197% im östlichen Alpenvorland südlich von Wien in Betrieb.

Historisch interessant ist auch die 1891 errichtete kombinierte Zahnrad- und Reibungsstrecke der normalspurigen, 19,9 Kilometer langen und bis 1978 auf einer Länge von 14,6 Kilometern mit Zahnstange ausgerüsteten Erzbergbahn von Vordernberg nach Eisen-erz, da dort die weltweit grössten Dampf-Zahnradlokomotiven unterwegs waren.

Die Geschichte der Schafbergbahn

Schon Mitte des 19. Jahrhunderts wurde auf dem Schafberg dank dessen Lage in der Mitte des Salzkammerguts, umgeben von Seen und Bergen, eine erste einfache Unterkunft errichtet. Gemeinsam mit dem Besucherstrom wuchs die Hotelanlage auf dem 1783 Meter hohen Aussichtsberg immer weiter an, weshalb bald eine technische Erschliessung ins Auge gefasst wurde. Verschiedenste Projekte und Trassenstudien wurden evaluiert; es gab auch Überlegungen, eine Seilbahn zu errichten. 1892 wurde dann mit dem Bau einer Zahnradbahn begonnen. Die Talstation befindet sich in St. Wolfgang in Oberösterreich, allerdings wird schon nach 472 Metern die Landesgrenze nach Salzburg überfahren. Im weiteren verläuft die eingleisige meterspurige Bahnstrecke mit einer Maximalsteigung von 255% über die Kreuzungspunkte Aschinger (Km 1.1), Dorneralpe (Km 2.7) und die Station Schafbergalpe (Km 4.1 auf 1363 Meter Seehöhe) bis zur Bergstation Schafbergspitze (Km 5.9 auf 1732 Meter Seehöhe).

Am 1. August 1893 schickte die Salzkammergut-Localbahn den ersten fahrplanmässigen Schafbergbahn-Zug auf die Reise. Waren zu Beginn die vier bei Krauss-Linz beschafften Zahnrad-Dampflokotiven Z 1 – 4 im Einsatz, so wurde der Fahrpark schon ein Jahr später um die beiden bauartgleichen Maschinen Z 5 und 6 ergänzt. Die Passagiere konnten in jeweils einem Vorstellwagen Platz nehmen; für den Österreichischen Kaiser stand sogar ein eigener Salonwagen zur Verfügung. Dieser wird übrigens – wie auch einige originale Dampflokotiven – noch immer verwendet.

Nach dem Zweiten Weltkrieg gelangte die Schafbergbahn an die ÖBB. 1964 wurde der Fahrpark um die beiden dieselhydraulischen Triebfahrzeuge 5099.01 und 02 (heute VTZ 21 und 22) von SGP ergänzt; letzterer – nach wie vor im Charme der 1960er Jahre gehalten – wird zur Abdeckung der Spitzenzeiten auch heutzutage noch eingesetzt. Die grosse Nachfrage, aber auch die massiven Kosten der kohlebefeuchten Dampflokotiven, führ-



Oben: Bei hochalpinen Bedingungen muss im kurzen Zeitfenster zwischen Winter und Sommerbetrieb gearbeitet werden. Auch die Tunnelbaustelle samt kompletter Schienenneulage mit Y-Schwellen auf knapp 1700 Meter im Frühjahr 2017 stellte dabei eine grosse Herausforderung dar (Foto: Salzburg AG, 4. Mai 2017).

Unten: Kaum war im Tal der Schnee abgetaut, begannen im Frühjahr die Sanierungsarbeiten an der Schafbergbahn, wie hier die Sanierung des Abschnitts zwischen den Ausweichen Dorneralm und Schafbergalpe (Foto: M. Mischelin, 24. März 2018).

ten 1993 zur Lieferung der ersten ölgefeuerten Zahnrad-Dampflokomotive Z11, der 1996 die drei bauartgleichen Maschinen Z12 – 14 folgten; Hersteller war die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur. Gleichzeitig wurden die Zahl der Vorstellwagen erweitert und diese seither auch als Zwei-Wagen-Garnituren – immer bergseitig – geführt.

Nachdem die Schafbergbahn 2006 von den ÖBB an die Salzburg-AG-Tochter Salzkammergutbahn übergegangen war, wurde die Modernisierung weiter vorangetrieben, was sich nicht nur bezüglich Infrastruktur und des gefälligen Fahrzeugdesigns zeigte, sondern vor allem auch in der Beschaffung der beiden modernen leistungsstarken dieselelektrischen Lokomotiven VZ31 (2010) und 32 (2016) des Herstellers Stadler.

Sanierung der Schafbergbahn

Die immer weiter steigenden Fahrgastzahlen in Relation mit der in die Jahre gekommenen Infrastruktur hatten schon Anfang des neuen Jahrtausends die Notwendigkeit einer Generalsanierung der Schafbergbahn offenbart. Mit einer ersten Investition von 7 Millionen Euro wurden von 2009 bis 2013 die Ausweiche Aschinger neu gebaut – was in der Folge einen 20-Minuten-Takt auf der Bahn erlaubte – sowie Unter- und Oberbau wie auch das Bahnhofsgebäude im Bereich der Schafbergalpe saniert. Hinzu kamen die Modernisierung von Stützmauern und der Entwässerung, die Errichtung von Steinschlagsicherungen sowie die Erneuerung des Tunnels vor der Bergstation.

2018 wurde und wird die Generalsanierung der Schafbergbahn während der Vor- und Nachsaison fortgesetzt: Die Länder Salzburg und Oberösterreich sowie die Salzburg AG investieren mehr als 18 Millionen Euro in die nachhaltige Instandsetzung der historischen Zahnradbahnstrecke. Neben der Unter- und Oberbausanierung werden auch alle noch ausstehenden Kunstbauten erneuert. Die Station Dorneralpe erhält einen Bahnsteig, dem vor allem im Winterbetrieb in der Adventszeit erhebliche Bedeutung zukommen wird. Acht erneuerte Weichen, neue Ypsilon-Stahlschwellen und gesicherte Hänge und Böschungen sollen auf lange Zeit einen sicheren Betrieb gewährleisten. Zudem soll der Schafbergbahnhof in der Talstation grosszügig umgebaut werden, damit er dem Besucheraufkommen gerecht wird.

¹ Die steilste Adhäsionsbahn ist die Pöstlingbergbahn in Linz mit 116 ‰, wobei die historische Strassenbahn in Lissabon punktuell sogar 135 ‰ im reinen Reibungsbetrieb bewältigt.

Quellen

- Brandl, Peter: Faszination Zahnradbahn, Regionale Schienen 2/2006, Salzburg.
- Burger, Michael: Ergänzende Informationen Zahnradbahn, Stadler, Bussnang 2018.
- Fader, Klaus: Zahnradbahnen der Alpen, Tosa Verlag, Wien 2003.
- Fleissig, Thomas: Zahnradbahnen in Österreich, EK-Verlag, Freiburg im Breisgau 2004.
- Hefti, Walter: Zahnradbahnen der Welt, Birkenhäuser Verlag, Basel 1971.
- Kenning, Ludger: Eisenbahnhandbuch Österreich, Verlag Kenning, Nordhorn 1992.
- Mackinger, Gunter: Schafbergbahn und Wolfgangseeschiffahrt, Verlag Kenning, Nordhorn 2011.

Kolbenstangenbruch bei der Z14

Am 15. Juli 2018 blieb der Schafbergbahn-Zug mit der Z14 gegen Mittag im Km 5.0 zwischen Schafbergalm und Schafbergspitze wegen eines Kolbenstangenbruchs bei der Lokomotive stehen und blockierte die Strecke. Die Fahrgäste wurden von der zu jener Zeit einzigen auf der Schafbergspitze befindlichen Garnitur mit der Z12 abgeholt und zum Gipfel gebracht. Von der Talseite her wurde die VZ32 herangeführt, welche die Z14, nachdem bei dieser die Kuppelstangen ausgehängt worden waren, im Schrittempo zur Station Schafbergalm zurückschleppte. Dort wurde die Z14 vorerst auf dem Ausweichgleis abgestellt – wobei sie während mehrerer Stunden den Betrieb behinderte –, während die VZ32 die im Km 5.0 verbliebenen leeren Vorstell-

wagen zur Schafbergspitze führte. Derweil versahen die Schafbergbahn-Techniker die an jenem Tag ursprünglich für eine Auswaschung vorgesehene Z13 mit einer Hilfskuppelung, so dass sie am Nachmittag die Z14 von der Schafbergalm nach St. Wolfgang zurückführen konnte. (jura)

Oben: Die VZ32 schleppt die untaugliche Z14 bei Km 4.9 Richtung Schafbergalm (Foto: S. Jurasovits, 15. Juli 2018).

Unten: Gedränge in der Schafbergalm: Die schadhafte Z14 wird gerade an die Z13 für die Fahrt nach St. Wolfgang gekuppelt, während links der VTZ22 Richtung Schafbergspitze vorbeifährt und oben der talwärts verkehrende Zug mit der Z11 auf freies Gleis wartet (Foto: S. Jurasovits, 15. Juli 2018).



- Messerschmidt, Wolfgang: Zahnradbahnen, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1972.
- Typenblätter Salzkammergutbahn, St. Wolfgang 2017.

Nächste Doppelseite:

Der VTZ22 auf Talfahrt Richtung St. Wolfgang im Km 5.4 (Foto: S. Jurasovits, 15. Juli 2018).