

**Universität für künstlerische und industrielle Gestaltung  
Kunstuniversität Linz**

Institut für Kunst und Bildung

Studienrichtung Technik & Design / Werkerziehung

**Die Welt im Kleinen**  
*Faszination Modelleisenbahn*

---

Florian Brandl

**Diplomarbeit**

Zur Erlangung des akademischen Grades  
Mag. art.

Betreut von: Em. Univ.-Prof. MMag. Wolfgang Stifter

Datum der Approbation: 01.03.2016

Linz 2016

## **Abstract**

Ein Ziel dieser Arbeit ist es, die eigenen Erfahrungen beim Bau einer möglichst vorbildgetreuen Modelleisenbahnanlage zu dokumentieren, mit dem Hintergrundwissen aus dem Vorbild zu kombinieren und sie für einen interessierten Leserkreis zugänglich zu machen. Ein zweites Ziel ist das Aufzeigen von Möglichkeiten, wie Jugendliche wieder mehr mit dem Themenbereich Technik in Verbindung gebracht und zum selbstständigen „handwerklichen Tun“ hingeführt werden können. Die Arbeit ist folgend aufgebaut: Im ersten Kapitel geht es um die Hinführung zum Thema Modelleisenbahn, anhand eines historischen Abrisses und der wesentlichen Eckpunkte zum Thema. Das zweite Kapitel widmet sich dem großen Vorbild und versucht die wesentlichsten Punkte wie Eisenbahngeschichte, dem Ober- und Unterbau sowie ergänzende Eisenbahnbegriffe darzustellen. Anschließend erfolgt im dritten Kapitel eine Vertiefung in Richtung dem Bau einer Modelleisenbahnanlage. Das vierte und letzte Kapitel versucht eine Zusammenführung von Vorbild und Modell im Schulbereich. Es folgen für die Unterrichtsfächer Werkerziehung und Mathematik konkrete Unterrichtsbeispiele für die unterschiedlichen Schulstufen.

### **Gender-Hinweis:**

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Text, soweit nicht anders angeführt, nur die männliche Form verwendet. Gemeint ist stets sowohl die weibliche als auch die männliche Form.

# Inhaltsverzeichnis

Abstract .....	2
1. Einleitung.....	5
2. Leitthema Modelleisenbahn .....	6
2.1 Spielzeug mit Tradition ?.....	6
2.2 Firmen ABC.....	8
2.3 Modelleisenbahner und Modelleisenbahnerinnen.....	12
2.4 Maßstäbe, Nenngrößen und Spurweiten.....	13
2.4.1 Warum H0?.....	15
2.4.2 Schienensysteme – Gleise, Weichen und Co.....	16
3. Die Eisenbahn – Das große Vorbild .....	19
3.1 Spurweiten der Welt .....	20
3.1.1 Übersicht über die wichtigsten Spurweiten der Welt:.....	21
3.1.2 Eisenbahn in Österreich .....	21
3.1.3 Schmalspurbahnen in Österreich .....	23
3.2 Bahnhofsarten.....	25
3.3 Wichtige Bahnstrecken in Österreich.....	26
3.4 Gleisbereich – Der Oberbau .....	28
3.4.1 Schienen und Weichen.....	29
3.4.2 Kleineisen .....	34
3.4.3 Schwellen.....	35
3.4.4 Gleisbett .....	39
3.4.5 Oberleitung.....	39
3.5 Gleisbereich – Der Unterbau .....	44
3.6 Eisenbahnbegriffe.....	46
4. Modellbahnanlage.....	46
4.1 Anlagenkonzepte.....	47
4.1.1 Anlagenformen.....	48
4.1.2 Platzproblem .....	50
4.2 Unterbau .....	52
4.3 Baumaterial .....	57
4.4 Werkzeug.....	59
4.5 Technik .....	61
4.5.1 NEM – Normen europäischer Modelleisenbahnen.....	62
4.5.2 Gleistrassen .....	67
4.5.3 Rampen – Steigungen - Gefälle .....	68

4.5.4	Gleiswendel .....	70
4.5.5	Sandwichplatten.....	71
4.5.6	Gleisbau .....	71
4.5.7	Radius Schablonen .....	74
5.	Modellbahn und Schule.....	76
5.1	Lehrplanbezug der Modelleisenbahn in der Schule.....	77
5.2	Anknüpfungsmöglichkeiten in der Schule.....	78
5.2.1	Allgemeines zum Thema Verkehr.....	78
5.2.2	Technik der Eisenbahn .....	79
5.2.3	Modelleisenbahn.....	83
5.3	Interessensgruppen.....	83
5.3.1	Beispiele aus der BRD .....	83
5.3.2	Projektideen .....	86
5.4	Werkerziehung .....	91
5.4.1	5. Schulstufe – Produktgestaltung & Design / Gebrauchsgut .....	91
5.4.2	6. Schulstufe – Mechanik .....	92
5.4.3	7. Schulstufe – Mechanik .....	92
5.4.4	8. Schulstufe - Mechanik .....	94
5.5	Mathematik.....	95
5.5.1	5. Schulstufe – Rechnen mit Dezimalzahlen.....	95
5.5.2	6. Schulstufe – Raummaße / Geometrisches Vorstellungsvermögen.....	96
5.5.3	7. Schulstufe - Maßstab und Verhältnis .....	97
5.5.4	8. Schulstufe – Kreis und Kreisfläche.....	98
5.5.5	9. Schulstufe - Trigonometrie .....	101
5.5.6	10. Schulstufe – Funktionen .....	102
5.5.7	11. Schulstufe – Differenzialrechnung.....	103
5.5.8	12. Schulstufe - Analysis .....	104
6.	Danksagung .....	105
7.	Literaturverzeichnis.....	106
8.	Onlinequellen .....	108
9.	Abbildungsverzeichnis.....	110

## 1. Einleitung

Mein Interesse für das Thema Verkehr insbesondere Eisenbahn, entstand bereits im Kindergartenalter mit einer Lego Duplo Eisenbahn. Seit diesem Zeitpunkt fanden auch Vorbildbeobachtungen am Linzer Hauptbahnhof, im Bahnhof Traun und entlang der Steyrtalbahn statt. Regelmäßige Besuche im Modelleisenbahnklub Linz weckten zusätzlich das Interesse am Modelleisenbahnsektor. Das Literaturstudium für diese Arbeit begann eigentlich schon vor vielen Jahren. Im Laufe der Jahre hat sich ein großer Fundus an Fachbüchern und Fachzeitschriften angesammelt, der weit über die vorliegende Arbeit hinaus geht. Es folgten Besuche in allen größeren Verkehrsmuseen, wie beispielsweise dem Verkehrshaus Luzern, im Miniaturwunderland in Hamburg und vielen Museumsbahnen in Österreich, Deutschland und der Schweiz. Die aktive Mitarbeit im Modelleisenbahnklub Linz förderte zusätzlich die Professionalisierung am Modellbahnsektor. Daraus entstand die Faszination das Vorbild möglichst präzise ins Modell umzusetzen. Durch die langjährige Beschäftigung mit dem Bau einer eigenen Anlage sowie den dabei erworbenen Erfahrungen entstand ausgehend vom Vorbild ein weitreichender Erfahrungsschatz in diesem Themenbereich. Daraus resultiert ein Ziel der Arbeit, die eigenen Erfahrungen beim Bau einer möglichst vorbildgetreuen Modelleisenbahnanlage zu dokumentieren, mit dem Hintergrundwissen aus dem Vorbild zu kombinieren und sie für einen interessierten Leserkreis zugänglich zu machen. Ein weiteres Ziel der Arbeit ist das Aufzeigen von Möglichkeiten, wie Jugendliche wieder mehr mit dem Themenbereich Technik in Verbindung gebracht und zum selbstständigen „handwerklichen Tun“ durch den Unterricht und das Angebot in der Schule hingeführt werden können.

Daraus resultiert der Aufbau der vorliegenden Arbeit: Im ersten Kapitel geht es um die Hinführung zum Thema Modelleisenbahn, anhand eines historischen Abrisses und der wesentlichen Eckpunkte zum Thema. Das zweite Kapitel widmet sich dem großen Vorbild und versucht die wesentlichsten Punkte wie Eisenbahngeschichte, dem Ober- und Unterbau sowie ergänzende Eisenbahnbegriffe darzustellen. Anschließend erfolgt im dritten Kapitel eine Vertiefung in Richtung dem Bau einer Modelleisenbahnanlage. Das vierte und letzte Kapitel versucht eine Zusammenführung von Vorbild und Modell im Schulbereich. Es folgen für die Unterrichtsfächer Werkerziehung und Mathematik konkrete Unterrichtsbeispiele für die Schulstufen 5-12. Weitere Themenbereiche wie Landschaftsbau, Fahrzeuge und technische Ausstattung von Modelleisenbahnanlagen müssen weiterführenden Arbeiten vorbehalten bleiben.

Abschließend sei festgestellt, dass seitens der Hersteller durch die Kombination mit Smartphones und Tablets versucht wird, eine Attraktivierung dieses Themenbereiches zu erreichen. Dies schlägt sich auch im 2015 erstmals eingeführten Tag der Modelleisenbahn am 2. Dezember nieder. Damit soll mehr Aufmerksamkeit auf dieses kreative, lebensnahe und pädagogische Spielzeug gelenkt werden. Die Modelleisenbahn kann damit nicht nur als ein künstlerisch wertvolles und technisch anspruchsvolles Hobby bezeichnet werden.

## 2. Leitthema Modelleisenbahn

Im Bereich der Freizeitaktivitäten nimmt die Eisenbahn bei jung und alt einen besonderen Platz ein. Die Faszination ist darin begründet, dass die Modelle beweglich sind und die zugehörige Umgebung individuell gestaltet werden kann. Unterschiedliche Spurweiten und Maßstäbe sorgen dafür, dass für jeden Typ von Modelleisenbahner etwas dabei ist und eröffnen ihm einen riesigen Spielraum für Kreativität. Unter der Bezeichnung „Modelleisenbahn“ fasst man im Allgemeinen sämtliche Aktivitäten zusammen, die sich mit der originalgetreuen Nachbildung von Eisenbahnen befassen. Dazu gehören die künstlich angelegte Modelllandschaft sowie alle Arten von Fahrzeugen. Ein Großteil verfügt über einen eigenen Antrieb der über manuelle, halbautomatische oder automatische (Computer-) Systeme gesteuert wird.

[vgl. Lieb, 2015, S.7]

### 2.1 Spielzeug mit Tradition ?

Die Modelleisenbahn besitzt eine lange Geschichte. Bereits kurz nachdem die erste „echte“ Eisenbahn ihren Betrieb aufgenommen hat, warben Zeitungsinserte für die ersten Eisenbahnmodelle. Die ersten Spielzeuglokomotiven wurden in den 1850er Jahren auf den Markt gebracht und bestanden zumeist aus Holz oder Blech. Es waren sehr frei nach dem realen Vorbild gestaltete Lokomotiven die ohne jeglichen Maßstab in unterschiedlichen Größen erzeugt wurden. Diese Modelle wurden auch als Bodenläufer bezeichnet, da sie an einer Schnur nachgezogen werden konnten und keinen eigenen Antrieb besaßen. Bis zur heutigen Modelleisenbahntechnik mit Antrieb brauchte es noch viele Jahre. [vgl. Lieb, 2015, S.8] In weiterer Folge wurden erste Modelle mit Eigenantrieb entwickelt und auf den Markt gebracht - Modelle konnten nun somit erstmals selbst fahren. Die ersten Antriebe beruhten wie beim großen Vorbild auf Dampfmaschinen, die mit verschiedenen Brennstoffen betrieben wurden, wie Bsp.: Spiritus, Alkohol, Kohle und auch glühende Eisenbolzen (ähnlich der Technik des damaligen Bügeleisens). [vgl. Wagner, 2003, S.10 & S. 24f] Um mit den Zügen nicht mehr am Boden fahren zu müssen wurden ca. 1890 erste Schienensysteme vorgestellt, dabei setzte sich die Bezeichnung der Spurweiten der heute noch existierenden Firma Märklin durch. Es gab zu dieser Zeit die „Spuren“ I, II, III, IV. Mit allen diese „großen“ Spurweiten musste jedoch immer noch auf dem Boden gefahren werden. Im Jahr 1891 brachte die Firma Märklin das erste Modell mit Uhrwerktrieb auf den Markt. Dieses immer noch sehr frei nach Vorbild gestaltete Modell des damals fortschrittlichsten Fortbewegungsmittels begann fortan einen Siegeszug durch die Kinder- und Jugendzimmer von wohlhabenden Familien. [vgl. Wagner, 2003, S. 14f] Kurz nach der Jahrhundertwende wurden die ersten elektrisch betriebenen Modellbahnen entwickelt. Das gefährliche dabei war, dass diese Bahnen anfangs mit Netzstrom 230V betrieben wurden. Zur Gefahrenverminderung wurde ein Widerstand in Form von Glühbirnen eingebaut um die Spannung zu reduzieren. Diese Form des Modellbahnbetriebs mit gefährlich hohen Spannungen wurde innerhalb kürzester Zeit durch Schaltungen mit Schwachstrom (max. 24V) ersetzt. Durch diese Entwicklung wurde die Modelleisenbahn immer mehr massentauglich und auch zu günstigeren Preisen angeboten! [vgl. Wagner, 2003, S. 24ff]

Anfang der 1920er Jahre wurde der sogenannte Normtisch eingeführt. Ein Tisch mit der Größe von 120 cm x 80 cm wurde als Standardnorm für eine 6 Personen Arbeiterwohnung mit 30m<sup>2</sup> festgelegt. Die ersten „Tischeisenbahnen“ wurden genau für diese Größe in Spur 0 gebaut. Kurz darauf im Jahr 1923 wurde von der heute nicht mehr existierenden Firma Bing die erste Modelleisenbahn in Spur H0 (zu Beginn 00 genannt) auf den Markt gebracht. Die damals marktführende und prestigeträchtige Firma Märklin und die heute noch existierende Firma Trix brachten ihrerseits erst ab 1935 Modelleisenbahnen in der Spurweite H0 auf den Markt. Dieser Zeitpunkt wird heutzutage als die

Geburtsstunde der ab diesem Zeitpunkt am weitesten verbreiteten Spurweite angesehen. Heute beträgt der Marktanteil der Eisenbahnmodelle in Spur H0 ca. 80%. [vgl. Märklin, 2009, S. 6ff]

Ab 1946 gab es viele verschiedene kleine Modellbahnhersteller (Göls, Sperl, Tornade, Liliput, Kleinbahn, uvm.), die sehr schöne Modelle in Spur H0 erzeugten. Aufgrund von wirtschaftlichen Problemen sind bis zum Jahr 1955 alle „neuen“ Firmen wieder verschwunden, einzig die Firmen Kleinbahn und Liliput haben überlebt. [vgl. Reitinger, 2011] Der Erfolg der Firma Kleinbahn liegt darin begründet, dass der Firmengründer Ing. Erich Klein immer ein Ziel verfolgte: Jeder Arbeiter soll mit einem Wochenlohn eine komplette Modelleisenbahnpackung kaufen können! Zu Beginn der Firma Kleinbahn im Jahr 1947 kostete eine Anfangsgarnitur 490 Schilling. Ein Wochenlohn eines Arbeiters betrug zu dieser Zeit durchschnittlich 200 Schilling. Die Firma Kleinbahn investierte in die Produktion, diese wurde vereinfacht und weitestgehend automatisiert. Im Jahr 1950 konnte der Preis auf 460 Schilling reduziert werden. In den folgenden Jahren gelang es durch weitere Produktionsverbesserungen den Preis zunächst auf 295 Schilling und bis zum Jahr 1955 auf 195 Schilling zu senken. [vgl. Kleinbahn] Die Firma Liliput, gegründet von Walter Bücherl, begann ganz bescheiden mit kleinsten Serien ebenso im Jahr 1947. Liliput lieferte sehr fein detaillierte Modelle und erarbeitete sich in Laufe kürzester Zeit einen sehr guten Ruf und stieg in die erste Reihe der Modelleisenbahnhersteller in Europa auf. [vgl. Wagner, 2003, S. 82]

Ab dem Jahr 1955 herrschte nahezu ein Modellbahnboom. Es kam zu einem riesen Andrang und nahezu jede Familie kaufte zu Weihnachten eine Startpackung. Dieser Boom, begründet unter anderem durch den Staatsvertrag und die daraus resultierende „Freiheit“, dem steigendem Wohlstand und der Tatsache, dass die Eisenbahn das wichtigste Verkehrsmittel darstellte. Die Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) investierten in neue Züge und gleichzeitig entwickelten die Modellbahnhersteller teils noch im selben Jahr die neuen Fahrzeuge. Das Erfolgsmodell schlecht hin stellte damals der Schnellzug „Blauer Blitz“ dar, der von Kleinbahn und Liliput noch im selben Jahr produziert und verkauft wurde. [vgl. Reitinger, 2011] Ebenfalls erfolgreich waren die in den Folgejahren entstandenen Marken Fleischmann und Trix (in Österreich blieb die Marke eher unbedeutend) sowie die 1960 gegründete österreichische Firma Roco, die ab 1973 auch Eisenbahnmodelle nach österreichischem Vorbild herstellte.

Es folgte eine lange Zeit, in der die Modellbahnbranche von diesen Marken beherrscht wurde, ehe im Jahr 2007 die Firma Jägerndorfer ihre „Collection“ auf den Markt brachte.

## 2.2 Firmen ABC

Die folgende Auflistung soll einen Überblick über die für den österreichischen Markt relevanten Hersteller geben. Interessant ist bei einigen Firmen deren ursprüngliches Geschäftsfeld, welches teilweise sehr konträr zur Modelleisenbahn war.

### ***Dolicho***

Firmengründer: Ing. Herbert Ischovitsch

Gründungsjahr: 1989

Spurweiten: H0, H0e

Produkte: Fahrzeuge

Ing. Herbert Ischovitsch war ursprünglich Konstrukteur und Techniker bei Liliput. Nachdem Liliput ihre Produktion in Wien eingestellt hatte und die Firma ins Ausland verkauft wurde, machte sich Herr Ischovitsch unter dem Namen Dolicho selbstständig. Es wurden von Anfang an ausschließlich Modelle nach österreichischem Vorbild hergestellt. Im Laufe der Jahre übernahm Dolicho auch die Generalvertretung für einige andere Hersteller (u.a.: Liliput-Bachmann und Piko). Die Firma Dolicho beendet Ende des Jahres 2015 ihre Geschäftstätigkeit. [vgl. Reitinger, 2011]

### ***Fleischmann***

Firmengründer: Jean Fleischmann

Gründungsjahr: 1887

Spurweiten: N, H0, 0e

Produkte: Fahrzeuge, Schienen und Zubehör

Die Firma Fleischmann beschäftigte sich ursprünglich mit der Produktion von Blechspielzeug (hauptsächlich Flugzeuge und Schiffe) und wurde im Jahr 1938 durch die Arisierung der Nationalsozialisten von der Firma Doll & Co übernommen. Fortan kam als neues Geschäftsfeld die Produktion von kleinen Dampfmaschinen und Eisenbahnmodelle in Spur 0 hinzu. 1949 brachte Fleischmann als erster Hersteller eine Modelleisenbahn im System „Zweileiter-Gleichstrom“ auf den Markt. Ab 1952 wurden Modelle in Spur H0 erzeugt. Kurioserweise verwendete Fleischmann im Gegensatz zu sämtlichen anderen Herstellern einen anderen Maßstab (ursprünglich 1:82, später 1:85) für seine Fahrzeuge in Spur H0 (heute einheitlich 1:87).

Im Jahr 2008 wird Fleischmann von der Modelleisenbahn GmbH übernommen, die auch schon Besitzer der Firma Roco ist. [vgl. Fleischmann]

### ***Jägerndorfer***

Firmengründer: Klaus Jägerndorfer

Gründungsjahr: 1960

Spurweiten: N, H0

Produkte: Fahrzeuge

Die Firma Jägerndorfer beschäftigt sich seit jeher mit dem Großhandel von Spielwaren aller Art. Ab 2007 produziert die Firma Jägerndorfer eine eigene Modelleisenbahnlinie. Entwickelt wurde die sogenannte „Jägerndorfer Collection“ vom heutigen Firmenbesitzer Klaus Jägerndorfer, dem Ur-Enkel des Firmengründers der Firma Liliput (1946) Walter Bücherl.

### ***Kleinbahn***

Firmengründer: Ing. Erich Klein

Gründungsjahr: 1947

Spurweite: H0

Produkte: Fahrzeuge, Schienen und Zubehör

Kleinbahn ist wohl einer der bekanntesten Modelleisenbahnhersteller in Österreich. Die Firma gilt als der europaweit erste Hersteller, der Modelleisenbahnen industriell fertigte und viel Innovationen in die Branche brachte. Das Unternehmen stellte erstmals die Gehäuse der Fahrzeuge in einem Stück komplett aus Kunststoff mit Hilfe des Kunststoffspritzgussverfahrens her. Das veränderte die Branche nachhaltig. Die Produktpalette ist seit jeher auf den österreichischen Markt ausgerichtet und wird nur durch Kleinbahn selbst über den Versand (heute Online Handel) und eigene Filialen vertrieben. Ziel des Firmengründers Erich Klein war und ist es, die Modelleisenbahn durch effiziente Produktion für breite Bevölkerungsschichten erschwinglich zu machen. Die Produkte sind derartig stark verbreitet, dass „Kleinbahn“ in Österreich zu einem Synonym für Modelleisenbahnen in Spur H0 wurde. [vgl. Kleinbahn]

### ***Klein Modellbahn***

Firmengründer: Mag. Oskar Klein

Gründungsjahr: 1984

Spurweite: H0

Produkte: Fahrzeuge, Schienen und Zubehör

Die Firma Klein Modellbahn ist im Jahr 1984 nach einem Streit und infolge Teilung der Firma Kleinbahn entstanden. Die Produktpalette umfasste von Anfang an Lokomotiven, rollendes Material sowie ein Gleissystem und Zubehör. Einige Produkte wurden durch die Teilung der Firma Kleinbahn übernommen, jedoch bald durch detailgetreue Modelle ersetzt. Der Vertrieb erfolgte wie bei Kleinbahn in eigenen Geschäften und im Postversand. Außerdem gab es auch einige Modellbahnhändler, die die Produkte auch im Ausland (vornehmlich Deutschland) vertrieben haben. Im Jahr 2010 musste die Firma wegen finanzieller Probleme aufgelöst werden. Sämtliche Formen und Rechte wurden von der Fa. Roco übernommen. [vgl. Reitinger, 2011]

### ***Liliput***

Firmengründer: Walter Bücherl

Gründungsjahr: 1947

Spurweite: H0

Produkte: Fahrzeuge, Schienen und Zubehör

Liliput wurde 1947 von Walter Bücherl gegründet. Anfangs wurden nur Kleinserien produziert. Durch gute Qualität wurde die Nachfrage immer größer. Im Gegensatz zu Kleinbahn entwickelte Liliput das Sortiment ab den 1960er Jahren zu einer anspruchsvollen Modelleisenbahn. Es wurden fein detaillierte Modelle gefertigt. [vgl. Wagner, 2003, S. 82] Im Jahr 1989 wurde die Firma wegen finanzieller Probleme zunächst an den deutschen Modellautohersteller Herpa aus Bayern verkauft. Kurze Zeit später wurde Liliput an den britischen Konzern Bachmann Europe Plc. abgegeben. Unter anderem wegen des guten Rufs wurde die Marke Liliput beibehalten und existiert noch heute. [vgl. Liliput]

### ***Märklin***

Firmengründer: Theodor W. F. Märklin

Gründungsjahr: 1859

Spurweiten: Z, N, H0, 0, I, II

Produkte: Fahrzeuge, Schienen und Zubehör

Das Unternehmen wurde offiziell nach Firmenangaben im Jahr 1859 gegründet und stellte zu Beginn Puppenküchen her. Der Firmengründer Theodor W. F. Märklin starb bei einem Betriebsunfall bereits im Jahr 1866. Seine Ehefrau führte die Firma weiter, ehe sie 1888 durch die beiden Söhne des Gründers übernommen wurde. Im Frühjahr 1891 wurde zum ersten Mal ein Eisenbahnmodell präsentiert. Mit diesem Produkt wurde der Grundstein für den Erfolg des Unternehmens gelegt. Durch die Brüder Märklin erfolgte zu dieser Zeit die Vereinheitlichung der Spurweiten. Dieser Schritt kann heutzutage als Vorläufer der heutigen Normierung (NEM-Normen) angesehen werden. Es folgten viele erfolgreiche Jahrzehnte mit vielen Neuheiten von Märklin ehe in der jüngeren Vergangenheit finanzielle Probleme auftraten. 2006 wurde der einstige Weltmarktführer an eine Tochtergesellschaft der österreichischen Hardt Group verkauft. Der neue Besitzer schaffte jedoch keinen Umschwung und die Verkaufszahlen sanken weiter rapide. Schließlich wurde das Unternehmen 2013 vom deutschen Spielzeugkonzern Simba-Dickie erworben.

[vgl. Märklin, 2009, S. 4ff]

### ***Piko***

Firmengründer: Volkseigener Betrieb der Deutschen Demokratischen Republik (DDR)

Gründungsjahr: 1949

Spurweiten: N, TT, H0, G

Produkte: Fahrzeuge, Schienen und Zubehör

Piko zählt heute neben Roco, Fleischmann und Märklin zu den größten Modelleisenbahnherstellern in Europa. Ursprünglich war Piko ein staatliches Unternehmen der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) und wurde noch vor Gründung der DDR von der sowjetischen Militäradministration gegründet. [vgl. Piko]

### ***Rivarossi***

Firmengründer: Alessandro Rossi

Gründungsjahr: 1945

Spurweiten: N, H0, 0

Produkte: Fahrzeuge, Schienen und Zubehör

Rivarossi war ursprünglich ein italienisches Unternehmen, welches Modelle in Spur N, H0 und 0 erzeugte. Es wurden hauptsächlich Fahrzeuge nach italienischen, aber auch deutschen und österreichischen Vorbildern erzeugt. In den 1980er Jahren gab es von Rivarossi eine eigene Produktlinie mit Fahrzeugen für den amerikanischen Markt. Im Jahr 2004 wurde Rivarossi durch den britischen Konzern Hornby International übernommen. [Giuliani, 2012]

## **Roco**

Firmengründer: Ing. Heinz Rössler

Gründungsjahr: 1960

Spurweiten: N, TT, H0, H0e, IIm

Produkte: Fahrzeuge, Schienen und Zubehör

Die Firma Roco wurde im Jahr 1960 gegründet und erzeugte zu Beginn Beigabeartikel aus Kunststoff und Militärfahrzeuge im Maßstab H0. Die ersten Eisenbahnartikel (Lokomotiven, Wagen und Schienen) waren rein aus Kunststoff und als gratis Beigabeartikel in Korona-Kaffee Packungen enthalten. Dabei handelte es sich um eine reine „Schiebebahn“ im Maßstab TT. [Reitinger, 2011] Ende der 1960er Jahre erfolgte die Fertigung von Modelleisenbahnen im Maßstab H0 im Auftrag amerikanischer Firmen und erste Güterwagen für den europäischen Markt. Der richtige Einstieg in den Modelleisenbahnsektor erfolgte erst im Jahr 1973 unter dem Namen „Roco international“ und Herausgabe eines Katalogs mit Lokomotiven, Wagen und Schienenmaterial. Mit der Übernahme der Firma Röwa und der dadurch erworbenen Formen wurde das Modelleisenbahnangebot stark ausgebaut. [Wagner, 2003, S.82]

Es folgten in den nächsten Jahren ein weiterer kontinuierlicher Ausbau des Programms (hauptsächlich für den österreichischen und deutschen Markt) und viele Innovationen. Roco leitete speziell seit Mitte der 1990er Jahre viele Veränderungen im Modelleisenbahnbereich ein, wie zum Bsp. die Digitaltechnik, vorbildgerechtere Gleissysteme, längenunverkürzte Wagen, Kurzkupplungen und vieles mehr. Kurz nach der Jahrtausendwende wird die Firma durch den Geschäftsführer von der Familie Rössler übernommen und schließlich im Jahr 2005 unter dem Dach Modelleisenbahn GmbH mit der Marke Fleischmann zusammengeführt. Roco gilt heutzutage als der innovativste Modelleisenbahnhersteller, unter anderem mit Produkten die die Modelleisenbahn und Smartphones sowie Tablets miteinander verbinden. [vgl. Roco]

## **Trix**

Firmengründer:

Gründungsjahr: 1838

Spurweiten: N, H0

Produkte: Fahrzeuge, Schienen und Zubehör

Trix entstand im Jahr durch Zusammenführung der Zinnfigurenfabrik (gegründet 1838) von Johann Haffner und der Metallspielwarenfabrik (gegründet im Jahr 1899) von Andreas Förtner im Jahr 1923. Die Marke Trix taucht allerdings erst im Jahr 1931 mit den Trix-Metallbaukästen auf. [vgl. Trix] Kurz darauf wurde mit der Entwicklung von Modelleisenbahnen begonnen. Es folgten viele erfolgreiche Jahre (hauptsächlich in Deutschland), ehe im Jahr 1997 die Firma von Märklin aufgekauft wurde. Die Marke Trix existiert noch heute als Produktlinie der Firma Märklin. Diese vertreibt das N-Spur Programm unter dem Namen „Minitrix“ und die Gleichstromversionen des H0-Programms unter der Marke „Trix“. [vgl. Märklin, 2009, S.169ff]

### 2.3 Modelleisenbahner und Modelleisenbahnerinnen

Die Fans und Freunde des Schienenverkehrs lassen sich nach Lieb in mehrere Kategorien unterteilen [...] „Da ist der Eisenbahnfreund, der sich vor allem für das große Vorbild der Modellbahn begeistert. Er ist einem Verein beigetreten, der sich um den Erhalt oder gar den Wiederaufbau und die Wiederinbetriebnahme eines bestimmten Triebfahrzeugs oder einer Strecke kümmert.“ [...] [Lieb, 2015, S.9]

Es gibt in Österreich einige Vereine die sich um den Erhalt von historisch wertvollen Anlagen und Fahrzeugen kümmern. Die beiden größten sind die ÖGEG-Österreichische Gesellschaft für Eisenbahngeschichte, die die Steyrtalbahn, das Dampfschiff Schönbrunn sowie ein großes Eisenbahnmuseum in Ampflwang am Hausruck betreibt und den 1.ÖSEK - Erster österreichischer Straßenbahn- und Eisenbahnklub der einen Großteil der staatlichen Eisenbahnsammlung im ehemaligen Heizhaus Strasshof an der Nordbahn betreut.

Ein Teil der Fahrzeuge ist heute noch betriebsfähig und steht bei Sonderfahrten in ganz Österreich und im benachbarten Ausland im Einsatz. Alle Arbeiten an den Fahrzeugen und Anlagen bzw. Gebäuden werden durch den Einsatz von vielen Helfern ehrenamtlich erbracht.

[...] „Und da ist der Modelleisenbahner, der Anlagen plant und baut und auf ihnen spielt. Manche Modelleisenbahner sind Modellbauclubs beigetreten, die Anlagen bauen, deren Dimensionen dem Einzelkämpfer in seinem Hobbykeller verwehrt bleiben müssen. Wieder andere Modelleisenbahner bauen mit Vorliebe an ihrer Anlage herum, andere fahren am liebsten mit den Zügen und wieder andere sind wahre Landschaftsbauexperten, deren Können auf Ausstellungen bestaunt werden kann.“ [...] [Lieb, 2015, S.10]

Einen nicht zu vergessenen Typ der Eisenbahnfans stellen die sogenannten „Trainspotter“ dar. Diese sammeln Aufnahmen von Lokomotiven und Wagen bzw. deren Kennzeichen. Oftmals führen diese Personen immense Archive mit Aufnahmen sowie Datenbanken mit Aufzeichnungen zu den einzelnen Fahrzeugen. Hier sei angemerkt, dass Lokomotiven und Waggons im Laufe ihrer Betriebszeit (ca. 40 Jahre) oftmals ihre Lackierung wechseln bzw. notwendigen Umbauten unterzogen werden. Damit verändert sich deren Erscheinungsbild. Trainspotter können oftmals präzise Angaben über das Aussehen, Unfälle, Umbauten sowie Informationen über Revisionsdaten und Anschriften auf der Lokomotive oder des Wagen geben.



Abb. 1 Vorbild und Modell der ÖBB Lokomotive 1142 564

Eines haben jedoch alle Typen von Eisenbahnfans gemeinsam, sie besitzen zumeist eine eigene Modelleisenbahnanlage oder sammeln Modelleisenbahnfahrzeuge. Eine solche Anlage bzw. Sammlung ist immer eine Spiegelung der Vorlieben und Neigungen des Erbauers bzw. Sammlers. [vgl. Lieb, 2015, S.10f]

Bei dem einen steht die detailgetreue Landschaft, beim anderen die vorbildgerechte Zugbildung im Vordergrund, andere legen viel Wert auf einen vollautomatischen Betrieb wie beim großen Vorbild oder sie haben es sich zur Aufgabe gesetzt die Lokomotiven und Wagen noch mehr an das Vorbild heranzubringen und werken mit Werkzeugen von Uhrmachern gezielt an der detailgetreuen Nachbildung. Die reinen Sammler setzen sich meist ein bestimmtes Thema, welches sich durch ihre Sammlung zieht: Bestimmte Epochen, bestimmte Arten von Lokomotiven, bekannte Zugsgarnituren wie der Transalpin oder der Prinz Eugen oder rein nach Ländern oder bekannten Strecken wie der Westbahn. Meistens werden die Fahrzeuge stimmig in Glasvitrinen, die oftmals ganze Räume einnehmen, wie Kunstwerke präsentiert und aufgestellt. Es gibt jedenfalls kaum Grenzen und jeder Eisenbahnfan kann sich sein persönliches Kunstwerk schaffen.

## 2.4 Maßstäbe, Nenngrößen und Spurweiten

Wenn über das Thema Modelleisenbahn gesprochen wird, kommen sehr schnell Begriffe wie Maßstab, Nenngröße und Spurweite auf. Es stellt sich für viele Menschen die Frage, wie diese Begriffe miteinander zusammenhängen. Im folgenden Kapitel wird versucht die Begriffe, zu erklären und zusammenhängend darzustellen.

- **Maßstab:**

Mathematisch betrachtet gibt der Maßstab das Verhältnis zwischen einer abgebildeten Größe (Modell) und der Größe in Wirklichkeit an.

$$\text{Maßstab} = \frac{\text{Größe im Modell}}{\text{Größe in der Wirklichkeit}}$$

Bei einem Maßstab von 1:10 bedeutet das, dass 1cm des Modells 10cm beim Vorbild entsprechen. [vgl. Chelly, 2011, S.97] Die ersten Modelleisenbahnen, die auf den Markt kamen waren sehr frei dem Original nachempfunden und jeder Hersteller wählte für sich selbst einen eigenen Maßstab. Einzig die Spurweite der unterschiedlichen Hersteller war gleich und basierte auf den von Märklin zu Beginn eingeführten Größen I, II, III oder IV. Die genauen Maßstäbe sind (sofern sie bei jedem Modell eines Herstellers gleich waren) erst ab den Modellen der Spur H0 dokumentiert. Fleischmann verwendete zu Beginn seines H0 Programms den Maßstab 1:82, später dann 1:93,5, Trix baute ursprünglich im Maßstab 1:90 und Märklin verwendete den Maßstab 1:85. Erst in den 1970er Jahren einigten sich die Firmen auf das international genormte Maß 1:87.

Viele Modelleisenbahner waren nun damit konfrontiert, dass Schnellzugwagen mit einer Länge von 26,4m (International sind Schnellzugwagen auf Längen genormt – UIC Norm) plötzlich im Maßstab 1:87 30,3cm lang waren. Auf vielen Modelleisenbahnanlagen waren diese Wagen durch die damals noch üblichen geringeren Kurvenradien nicht einsetzbar. Längere Wagen benötigen größere Radien, einerseits technisch bedingt durch Kupplung und Überhang der Wagen in Kurven, speziell bei zweigleisigen Strecken, andererseits hat auch die Optik einen wesentlichen Beitrag. So führten einige Hersteller als Übergangslösung einen verkürzten Längenmaßstab ein. Das heißt, dass für die Konstruktion des Waggons prinzipiell der Maßstab 1:87 herangezogen wird, jedoch die Länge der Waggons mit einem anderen Maßstab berechnet wird. Hierfür verwendete Fleischmann wieder seiner schon zuvor

eingesetzten Maßstab 1:93,5. Der Großteil der Hersteller verwendete jedoch für die Längenverkürzung den Maßstab 1:100 (z.B.: Roco, Märklin und Trix). Durch den fortschreitenden Ausbau eines Gleisprogramms mit größeren Radien sind heutzutage Modelle mit einem verkürzten Längenmaßstab kaum bis gar nicht mehr erhältlich. [vgl. Lieb, 2015, S.24ff]

Heute sind alle Bereiche der Modelleisenbahn normiert und unter den sogenannten NEM-Normen (NEM = Normen europäischer Modellbahnen) zusammengefasst. Die Modelle kommen so maßstäblich wie möglich auf den Markt, doch auch hier gibt es Grenzen. Manche Details müssen und werden vom Hersteller absichtlich nicht maßstäblich korrekt ausgeführt. Ein Beispiel ist der sogenannte Modulwagen der ÖBB. Dieser besitzt im Querschnitt der Seitenwand einen leichten Knick, der bei exakter Umrechnung ins Modell nicht auffallen würde. Daher wurde dieser vom Hersteller Roco verstärkt ausgeführt, damit dieser Wagentyp auch im Modell aus dem Zugverband heraussticht. Zusammenfassend kann gesagt sein, dass manche Details größer bzw. kontrastreicher ausgeführt werden müssen um vom menschlichen Auge erkannt zu werden. Dabei wird zum Teil die genaue Maßstäblichkeit eingebüßt.

- **Nenngröße:**

Die Begriffe Nenngröße und Spurweite werden sehr gerne im allgemeinen Sprachgebrauch miteinander verwechselt. Die Nenngröße weist jedem einzelnen Maßstab eine Bezeichnung mit Groß- und Kleinbuchstaben sowie Zahlen zu und drückt damit in Kurzform den Maßstab aus. [vgl. Lieb, 2015, S.16]

- **Spurweite:**

Wie beim großen Vorbild gibt es auch im Modell verschiedene Spurweiten. Genauer gesagt definiert die Spurweite den Abstand der beiden Schienen zueinander. In der Wirklichkeit sprechen wir bei der in Europa am verbreitetsten Spurweite 1435mm von Normalspur. Jeder Nenngröße sind entsprechend dem jeweiligen Maßstab entsprechende Spurweiten zugeordnet. Es wird dabei berücksichtigt, dass es im Original auch verschiedene Formen von sogenannten Schmalspurbahnen (Spurweite kleiner als 1435mm) gibt.

Folgendes Beispiel soll zum Verständnis beitragen:

In der Nenngröße H0 gibt es die Spurweiten 16,5mm, 12mm und 9mm. Diese 3 Spurweiten sind alle für den Maßstab 1:87, wobei auf den 16,5mm die Verkleinerung der Normalspur, auf 12mm Gleisen die Verkleinerung einer Schmalspurbahn mit original 1000mm Spurweite (z.B.: „alte Pöstlingbergbahn“ oder Harzer Schmalspurbahn) und auf 9mm Gleisen die Verkleinerung von Schmalspurfahrzeugen mit einer original Spurweite von 760mm (z.B.: Steyrtalbahn oder Mariazellerbahn) verkehren. Zur Unterscheidung wird daher die Bezeichnung mit Kleinbuchstaben ergänzt. Daraus folgt H0 (16,5mm), H0m (12mm) und H0e (9mm). [vgl. Lieb, 2015, S.16ff]

Folgende Tabelle soll eine Übersicht über alle momentan auf dem Markt existierenden Spurweiten liefern. Das interessante daran, die Schmalspurbahn einer Nenngröße kann rein technisch gesehen auf den Gleisen der nächst kleineren Nenngröße fahren: Zum Beispiel Fahrzeuge der Nenngröße H0e können auf Gleisen der Nenngröße N ohne Probleme verkehren.

Nenngröße	Maßstab	Spurweite Modell (mm)	Spurweite Vorbild (mm)
<b>III</b>	1:16	89	1435
<b>II</b>	1:22,5	64	1435
<b>II<sub>m</sub></b>	1:22,5	45	1000
<b>II<sub>e</sub></b>	1:22,5	32	760
<b>I</b>	1:32	45	1435
<b>I<sub>m</sub></b>	1:32	32	1000
<b>I<sub>e</sub></b>	1:32	22,5	760
<b>0</b>	1:45	32	1435
<b>0<sub>m</sub></b>	1:45	22,5	1000
<b>0<sub>e</sub></b>	1:45	16,5	760
<b>H0</b>	1:87	16,5	1435
<b>H0<sub>m</sub></b>	1:87	12	1000
<b>H0<sub>e</sub></b>	1:87	9	760
<b>TT</b>	1:120	12	1435
<b>N</b>	1:160	9	1435
<b>N<sub>m</sub></b>	1:160	6,5	1000
<b>Z</b>	1:220	6,5	1435

[vgl. MOROP, 2011, NEM 010]

#### 2.4.1 Warum H0?

Heute ist die Spurweite H0 (gesprochen „H-Null“) die am weitesten Verbreitete von allen. Doch wieso setzte sich diese Spurweite durch, wenn man bedenkt, dass sämtliche Hersteller ursprünglich die Spurweite 0 forcierten. H0 bedeutet nichts anderes als „halbe Größe 0“ und wurde zu Beginn als 00 bezeichnet. Der Siegeszug der Nenngröße H0 begann vor ca. 80 Jahren und ist zwei Entwicklungen zu verdanken.

Zum einen waren die damals geringen Platzverhältnisse ausschlaggebend für den Siegeszug der Nenngröße H0. Auf Druck der Händler, die zum einen ihren Umsatz steigern und zum anderen einer breiteren Bevölkerungsmasse (Arbeitern und Kleinbürgern) eine Eisenbahn anbieten wollten, waren die Hersteller gefordert. Es wurde ursprünglich versucht eine Größe zu finden die sich auch auf dem „Wohnzimmertisch“ betreiben lässt. Zuvor konnten alle entwickelten Modelleisenbahnen nur auf dem Boden aufgebaut und betrieben werden. Einen wesentlichen Anteil am Erfolg der Nenngröße H0 hat der nicht mehr existierende Spielzeughersteller Bind sowie in Folge auch die Firmen Märklin und Trix. Die Firma Bind (zu dieser Zeit der größte Spielwarenhersteller der Welt) stellte bereits im Jahr 1923 die erste Tischbahn her. Die Idee dahinter war eine komplette Modelleisenbahn auf einem gewöhnlichen Wohnzimmertisch aufbauen zu können. Weiters sollte diese für eine breite Masse erschwinglich sein. Als Größe wurde revolutionär die halbe Größe der damals gängigen Spur 0 gewählt, also 16,5mm bzw. 5/8 Zoll. Dieses erste Modelleisenbahnset bestand aus einer kleinen Tenderlokomotive mit Uhrwerkanttrieb, zwei Personenwagen, einem Gepäckwagen und 16 Stück Schienen, die ein Oval in der Größe von ca. 110 cm x 61 cm bildeten. Die erste Tischeisenbahn war somit geboren und begann ihren Siegeszug. [vgl. Wagner, 2003, S.50]

Zweitens gibt es noch einen zum damaligen Zeitpunkt vielleicht wichtigeren und ausschlaggebenderen

Grund. Es finden sich Hinweise, dass nach der Machtergreifung der Nationalsozialisten in Deutschland im Jahr 1933 ein Abkommen der Regierung und dem Verband der Spielzeugindustrie geschlossen wurde. Spielzeuge mussten kleiner werden. Grund dafür war, dass Rohmaterial, vornehmlich Blech aber auch Kunststoff gespart werden musste. Am Beispiel eines Waggons lässt sich zeigen, dass die Einsparungen dabei enorm sind. Zu Beginn war ein Waggon der Größe H0 bei Märklin eine genaue Verkleinerung desselben Wagens der Spur 0. Dabei beansprucht der Wagen in Größe H0 nur 25% des Materialbedarfs der Größe 0. Es ist nicht vorstellbar, dass so viel Material dabei eingespart werden konnte. Bei genauerer Betrachtung lässt sich erkennen, dass die Spur H0 (Maßstab 1:87) zwar genau die Halbierung der Spur 0 (Maßstab 1:45) darstellt, jedoch die Halbierung des Maßstabes dreiviertel des Materialbedarfs einspart. Weitere Beispiele dazu lassen sich auch in anderen Bereichen der „Spielzeugindustrie“ wie bei Automodellen, Schiffen und anderen Spielwaren aus Blech finden. [vgl. Wagner, 2003, S.51ff]

#### 2.4.2 Schienensysteme – Gleise, Weichen und Co

Das am weitesten verbreitete Schienensystem über alle Spurweiten hinweg, ist das sogenannte Zweileiter-System. Einzig bei der Spurweite H0 gibt es verschiedene Systeme.

Aus diesem Grund werden folgend die verschiedenen Begriffe und Punkte anhand der Spurweite H0 erläutert, da dies im Fall des Zweileiter-Systems bei allen anderen Spurweiten ident ist.

- **Zweileiter-System:**

Das Zweileiter-System stellt das am weitesten verbreitete System und wahrscheinlich das einfachste System dar. Die beiden Schienen sind elektrisch getrennt. Das bedeutet, eine Schiene führt den „Plus-Pol“ und die andere den „Minus-Pol“. Voraussetzung dafür ist, dass sämtliche Radsätze der Fahrzeuge elektrisch getrennt sein müssen. So werden von den Herstellern die Achsen derart konstruiert, dass sie entweder auf einer Seite oder sogar auf beiden Seiten in einer Kunststoffbuchse im Radreifen gelagert sind. Zu Beginn wurden die Achsen einfach in der Mitte getrennt und durch eine Kunststoffhülse wieder zusammengesteckt. Umgangssprachlich wird das Zweileiter-System oft auch als Gleichstromsystem bezeichnet, was aber technisch nicht unbedingt sein muss, jedoch von allen Modellbahnherstellern seit Entwicklung dieses Systems als solches bezeichnet wird.

- **Mittelleiter-System:**

Beim Mittelleiter-System sind die beiden Schienenstränge elektrisch miteinander verbunden und stellen einen Pol (die „Masse“) dar. Zwischen den Schienen gibt es einen zweiten Pol, der anfänglich durch eine dritte Schiene und später durch Kontaktpunkte auf den Schwellen ersetzt wurde. Die Fahrzeuge benötigen in der Mitte einen Schleifer um einen Kontakt herstellen zu können. Der einzige Hersteller von Mittelleitersystemen war und ist die Firma Märklin.

- **Dreileiter-System:**

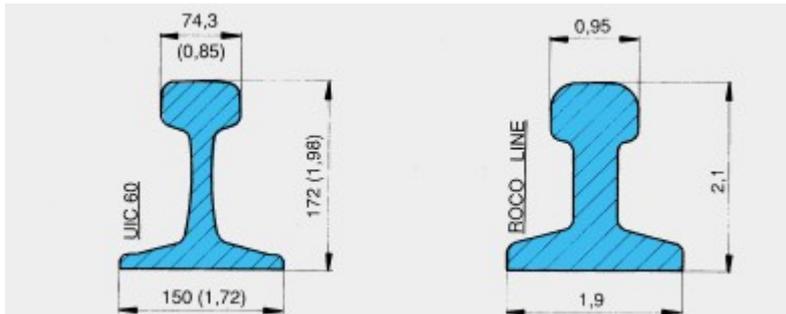
Sehr ähnlich dem Mittelleitersystem der Firma Märklin gab es in den Anfängen der Firma Trix (Mitte des 20. Jahrhunderts) ein Dreileiter-System. Es wurde konstruiert um einen Zweizugbetrieb ohne elektrische Schaltungen zu ermöglichen. Die beiden Schienen stellten jeweils einen eigenen „Pol“ dar, einen dritten „Pol“ bildete der Mittelleiter in Form einer weiteren Schiene.

Seit Einführung von Gleissystemen für Modelleisenbahnen waren diese in der Regel eine sehr vereinfachte Nachbildung von echten Gleisen, bedingt durch die für den Betrieb notwendigen Normen. Die Schienen nahezu aller Hersteller bestanden aus dem Schwellenrost (zumeist aus

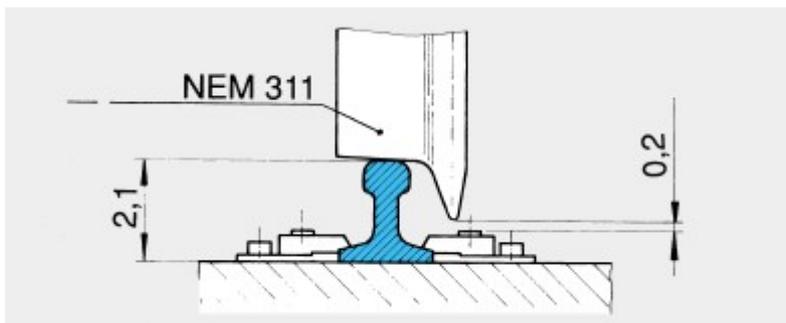
Kunststoff gefertigt) und darauf befestigten Schienen. Erst zu Beginn der 1990er Jahre gab es eine zukunftsweisende Innovation durch Roco mit der Einführung eines sehr Vorbildgetreuen Gleises.

### **Roco-Line Gleissystem**

Eine der Neuerungen des Roco-Line Gleissystems war die Ausführung des Schienenprofils mit einer Höhe von lediglich 2,1 mm. Vergleicht man diese Höhe mit der von der Eisenbahn weitgehend verwendeten „UIC60“-Schiene ist das Roco-Profil mit einer Toleranz von 0,1 mm eine maßstäbliche Verkleinerung innerhalb der Modelleisenbahnnormen (NEM 120). Hergestellt werden die Schienenprofile aus dem sehr gut elektrisch leitenden, rostfreiem und sehr Jahren bewährten Material Neusilber.



**Abb. 2 Vergleich Schienenprofile UIC60-Schiene und RocoLine – Schiene**



**Abb. 3 Detailansicht RocoLine-Schiene mit Radreifen**

[...] „Ein Rechteck mit den Maßen 230 x 61,6mm ist die Basis für den ROCO-LINE-Gleisraster. Ein Koordinatensystem, dessen Maße wie zufällig gewählt wirken. Tatsächlich ist es aber Ergebnis einer exakten Studie über die Ansprüche von Spiel- und Modellbahnern. In diesem Raster können einerseits schlanke Weichenherzstückwinkel und großzügige Abzweiggradien angeboten werden, andererseits berücksichtigt der Parallelgleisabstand vorhandenes Zubehör wie Bahnsteige etc. Der Raster macht Gleisplanschablonen überflüssig. Schon ein einfaches Blatt kariertes Papier genügt, um die Dimensionen der gewünschten Gleisfigur genau ermitteln zu können.“ [...]

[Roco, 2001, S. 88]

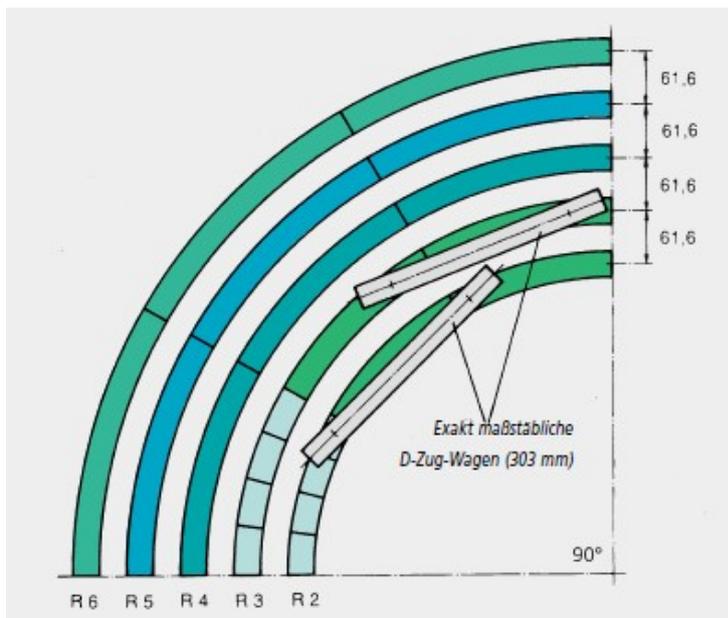


Abb. 4 Übersicht RocoLine Standardradien

Beim Roco Line Gleissystem gibt es fünf Grundradien im Parallelabstand von 61,6 mm. Für einen Vollkreis sind jeweils 12 Stk. Gleise notwendig.

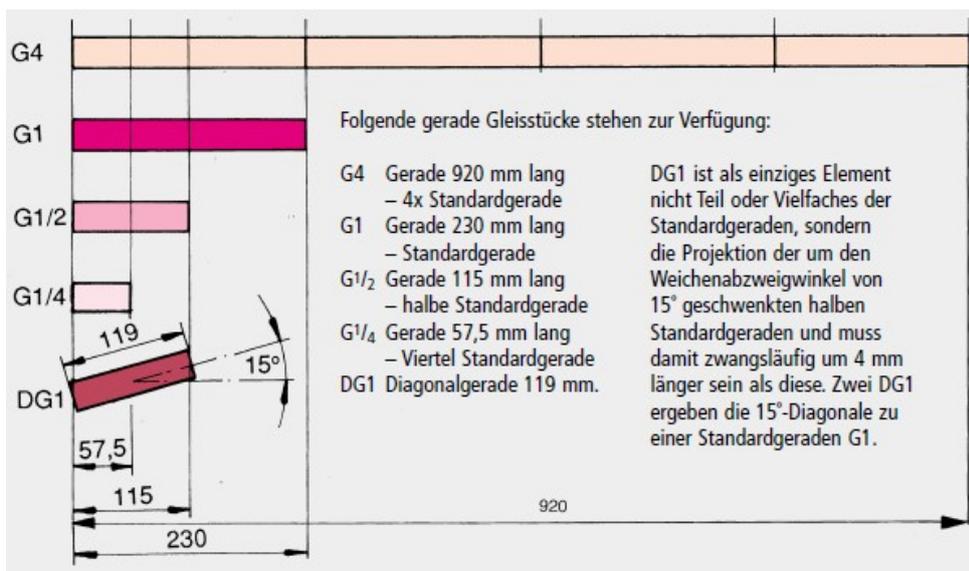


Abb. 5 Übersicht gerade Gleisstücke des RocoLine Systems

Das Gleissystem kommt mit zwei verschiedenen langen Geraden Gleisen aus. Alle weiteren Gleise sind Teile oder Vielfache der Standardgeraden. Um an keine Grenzen stoßen zu können, bietet Roco ein sogenanntes „Flexgleis“ an, dass in alle beliebigen Radien gebogen werden kann. Es ist 920mm lang, dies entspricht genau viermal der Standardlänge. Weichen und Kreuzungen werden in zwei verschiedenen Varianten angeboten, mit einem Abzweigwinkel von 10° oder mit 15°. Folgend nun ein paar Anwendungsbeispiele, die die Kombination der eben genannten Teile sehr gut darstellen. [vgl. Roco, 2001, S.86ff]

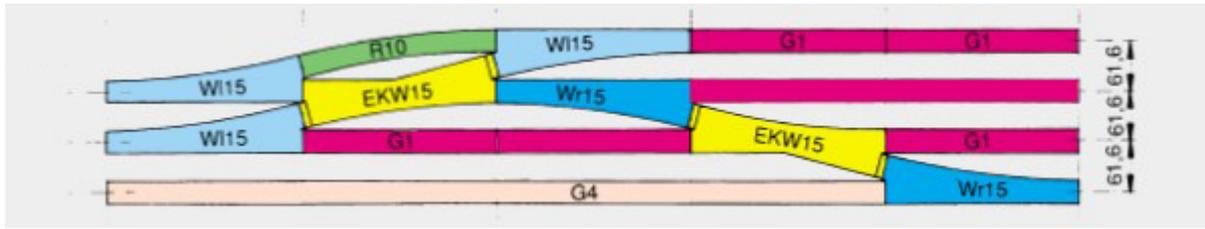


Abb. 6 Anwendungsbeispiel RocoLine

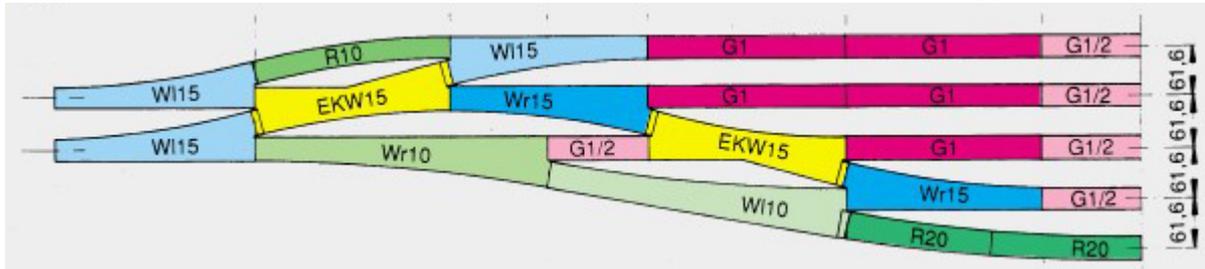


Abb. 7 Anwendungsbeispiel RocoLine

### 3. Die Eisenbahn – Das große Vorbild

Die Stunde „Null“ der Eisenbahn, das Jahr 1825, wirkt aus heutiger Sicht ziemlich willkürlich festgelegt. Die Geburtsstunde der Eisenbahn begann jedoch schon viel früher.

Am 27 September 1825 beförderte zum ersten Mal ein Zug zwischen Stockton und Darlington nicht nur Kohle, Erz und andere Güter, sondern auch Personen.

*[...]“Freilich ist diesem Ereignis eine lange, an Umwegen und Irrwegen reiche Vorgeschichte vorausgegangen. Als Eisen für die Bahn in solchem Umfang Verwendung fand, daß sich der Begriff „Eisenbahn“ prägte, hatten die Menschen das Prinzip der Fortbewegung von Fahrzeugen in bewußt angelegten Spuren bereits einige Jahrtausende hindurch genützt, allerdings ohne dabei eine nennenswerte Entwicklung zu erreichen.“ [...]*

[Rossberg, 1977, S 9]

Die ersten Schienen dürften auf in den nassen Boden eingefahrene Spuren zurückgehen, die sich bei anhaltender Trockenheit verhärteten und anschließend eine Spurführung boten. Die damit entstandene Erleichterung dürfte die ersten Impulse zur künstlichen Anlegung solcher Anlagen gegeben haben. Funde und Untersuchungen von Archäologen und Wissenschaftlern deuten auf die Entstehung solcher Anlagen bereits in der Jungsteinzeit hin. Im Mittelmeerraum sind Spurrillen und Abzweigungen, die in Felsgestein gemeißelt wurden, erhalten. Diese werden dem Neolithikum zugeordnet. Auch die Römer kannten diese Technik und machten auf ihren gepflasterten Straßen in großem Umfang Gebrauch von derartigen „Spurbahnen“. Vor den Römern noch benutzten Sie die Griechen, deren Lehrmeister wiederum die Ägypter waren, die die Spurbreite zum ersten Mal normierten.

[vgl. Rossberg, 1977, S.9ff]

Es folgten viele Jahre in denen sich die „Eisenbahn“ nicht gravierend weiterentwickelte.

Verschiedene Spurbahnen wurden seither zum Transport von Gütern und Baumaterial errichtet. Erst durch die Industrialisierung und der fortschreitenden Entwicklung der Dampfmaschinenteknik entstanden Konzepte zum Bau und Betrieb von dampfbetriebenen Spurbahnen. Mit dem berühmten Lokomotivrennen im Jahr 1829 wurde das Zeitalter des Dampflokomotivbetriebes auf Schienen in der Spurweite von 4 englischen Fuß = 8 ½ Zoll = 1435 mm eingeläutet. Diese Spurweite verbreitete sich auf der ganzen Welt verbreitet. Die erste überregionale Eisenbahnstrecke auf dem europäischen

Kontinent war trotz der bereits bekannten neuen Technik die Pferdeeisenbahn von Linz nach Budweis, welche später bis Gmunden verlängert wurde. Die Pferdeeisenbahn ging im Jahr 1832 in Betrieb und obwohl sie vorrangig für den Güterverkehr gebaut wurde, transportierte die Bahn von Anfang an auch Personen. Durch die rasche Entwicklung der „Dampf“-Eisenbahn und durch die stetig steigende Zahl von Fahrgastzahlen und Gütertransporten wurde bereits sehr bald, trotz des viel zu schwachen Oberbaues, die Strecke Gmunden – Linz im Zusammenhang mit dem Bau der Kaiserin-Elisabeth-Bahn (der heutigen Westbahn) auf Lokomotivbetrieb auf eine Spurweite von 1435 mm umgestellt. Die weitere Strecke nach Budweis musste wegen den engen Radien weiter mit Pferden betrieben werden. Der Pferdeeisenbahnbetrieb endete schließlich 1872. [vgl. Vetter, 2007, S. 12f]

### 3.1 Spurweiten der Welt

Bei Eisenbahnstrecken auf der ganzen Welt werden ca. zwanzig verschiedene Spurweiten von 600 mm bis zu 1676 mm verwendet. Der Großteil der Strecken in Nordamerika, Europa, dem Vorderen Orient, China und Australien hat eine Spurweite von 1435 mm. Diese Spurweite wird auch als Normalspur oder Regelspur bezeichnet, alle darunter als Schmalspur und alle darüber als Breitspur zusammengefasst. Die Normalspur geht auf Georg Stephenson, einem Eisenbahningenieur des 19. Jahrhunderts zurück. Er wurde mit dem Bau einer Eisenbahnstrecke in England beauftragt. Seitens der Industrie wurde vorgegeben, dass die Bahnlinie im Notfall auch mit Fuhrwerken befahren werden können sollte. Stephenson wählte das Maß auf Grund der Breite der römischen Straßen, die wiederum auf die Breite von Kampfwagen und Fuhrwerken zurückgeht, aus. Die Kampfwagenspur wurde seinerzeit von Ägyptern auf das Maß von drei heiligen ägyptischen Ellen (entspricht 1524 mm) genormt. Da die damals üblicherweise verwendeten Winkelschienen eine Breite von 44,5 mm hatten betrug die Breite zwischen den Innenkanten der Schienen also 1435 mm. Das kuriose daran ist, dass bei Festlegung der Spurweite von Außenkante zu Außenkante gemessen wurde und unsere heutige Normalspurweite von 1435 mm durch die Materialstärke des Schienenkopfes entstanden ist. Im Normalfall werden bei Spurweiten jeweils die Innenkanten der Schienen zur Messung herangezogen. Dies hängt damit zusammen, dass je nach Spurweite und Streckenklasse bzw. Belastung der Schienen verschiedene Schienenprofile (Breite bzw. Stärke) eingesetzt werden. [vgl. Metzeltin, 1974, S.17f]

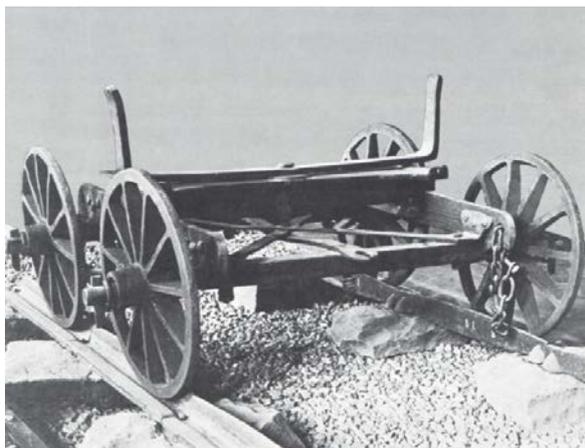


Abb. 8 Gußeiserne Winkelschienen aus dem Jahr 1800

### 3.1.1 Übersicht über die wichtigsten Spurweiten der Welt:

Spurweite in mm	Bezeichnung	Erklärung, Länder
1676	Breitspur	Spanien und ehemalige spanische Kolonien
1524	Breitspur	Russland und ehemalige Staaten der UdSSR (Baltikum), Finnland
1435	Normalspur	Europa und große Teile der Welt. ca. 65% aller Schienennetze
1067	Kapspur	Afrika, Kanada, Japan
1000	Schmalspur	Deutschland, Österreich, Schweiz viele Straßenbahnen und Schmalspurbahnen
900	Schmalspur	Deutschland und Österreich Straßenbahnen und Bahnen im Bergbau
760	Schmalspur „Bosnische Spurweite“	Österreich und heutige Staaten der ehemaligen Österreich-ungarischen Monarchie. Schmalspurbahnen
750	Schmalspur	Deutschland Schmalspurbahnen
600	Feldbahnspur	Europa Feldbahnen und Bahnen in Industrieanlagen.

### 3.1.2 Eisenbahn in Österreich

1829 veranlasste der Kaiser von Österreich ein Konzept zur Verbesserung der Verkehrssituation auszuarbeiten, das die wichtigsten Städte in der Monarchie und einen Anschluss zum Seehafen von Triest herstellen sollte. Am 23. November 1837 begann in Österreich (damals noch Österreich-ungarische Monarchie) das Eisenbahnzeitalter mit der ersten Fahrt eines Dampfzuges von Floridsdorf nach Wagram. Zu Beginn des Jahres 1840 standen erst knapp 150 km Eisenbahnnetz in Betrieb. Es drohte der Stillstand bei weiteren Ausbauten, da es Probleme mit der Kapitalaufbringung seitens des Staates gab. Und so wurde der Bahnbau immer mehr privaten Interessenten überlassen. Um 1850 waren von den insgesamt bereits auf 1433 km angewachsenen Eisenbahnnetz „nur“ 994 km im Staatseigentum. Zu diesem Zeitpunkt war Österreich bereits eines der größten Eisenbahnländer der Welt mit erstaunlichen Alpenbahnen, einem sehr gut verzweigten Streckennetz und einer dynamischen und über die Grenzen hinaus bekannten Lokomotivindustrie.

[vgl. Schefold, 1986, S.27ff]

Mitte der 1850er Jahre wurde die staatliche Eisenbahnpolitik mit dem Bau und Betrieb eigener staatlicher Eisenbahnstrecken radikal geändert. Jedoch war der Staat durch die teilweise unglückliche Politik von Kaiser Franz Josef I nach einiger Zeit finanziell nicht in der Lage den Eisenbahnbau fortzusetzen und war somit auf private Geldgeber angewiesen. Darüber hinaus wurden damals schon fast alle bereits vorhandenen Staatsbahnen an teils ausländische Interessenten aus Frankreich verkauft. Zu dieser Zeit wurden, wegen der hohen Gewinnaussichten, auch zahlreiche Privatbahnen gebaut (z.B.: Kaiserin-Elisabeth-Westbahn, kurz KEB). Die Privatbahnära dauerte dann noch bis zum Börsenkrach und wirtschaftlichen Zusammenbruch im Jahr 1873 an. Einige Privatbahnen wurden zahlungsunfähig und in der Folge verstaatlicht. Ende 1884 umfasste das staatliche Eisenbahnnetz

5103 km und wurde der kaiserlich-königlichen Staatsbahn (kkStB) übergeben. Im November 1918 zerbrach nicht nur die österreich-ungarische Monarchie, sondern auch ein Eisenbahnnetz mit über 46000 km. Gleichzeitig mit der Ausrufung der Republik wurden auch die deutsch-österreichischen Staatsbahnen gegründet, welche ab nun die verbliebenen 6000 km Streckennetz der ehemaligen kkStB betrieben. [Kaiser, 2012, S.8ff] Entsprechend den Auflagen des Friedensvertrages von Saint Germain musste die Bezeichnung der staatlichen Eisenbahnen 1919 geändert werden. Ab 1921 hießen diese dann endgültig Österreichische Bundesbahnen. Als Abkürzung musste wegen eines Markenstreits mit einer schweizerischen Privatbahn BBÖ gewählt werden. Der Anschluss an das Deutsche Reich brachte das Ende der BBÖ. [vgl. Kaiser, 2012, S. 66ff]

Nach Kriegsende kam der Eisenbahn beim Wiederaufbau eine große Rolle zu, obwohl gegen Ende des Krieges die Deutsche Wehrmacht fast alle Brücken und infrastrukturellen Einrichtungen der Eisenbahn zerstört hatte. Um die Versorgung der Bevölkerung sicherstellen zu können, musste so rasch als möglich ein Notfallbetrieb aufgenommen werden. Der Aufbau einer gesamtösterreichischen Eisenbahnorganisation gestaltete sich zunächst schwierig, da das Land in vier Besatzungszonen aufgeteilt war und unter Einfluss der vier Alliierten stand. So wurde zu Beginn in jeder Besatzungszone die Bundesbahndirektion aktiviert (z.B.: in Linz entstand die Direktion für die US-Besatzungszone). Mit dem 1. November 1945 konnte die Generaldirektion der Österreichischen Staatsbahnen (ÖStB) in ihrem Wirkungsbereich den Betrieb wieder aufnehmen und damit standen die staatlichen Eisenbahnen schon sehr bald wieder unter einem Dach. Im Jahr 1947 wurden die Österreichischen Staatsbahnen in Österreichische Bundesbahnen umbenannt. [vgl. Kaiser, 2012, S. 100ff] Das Kürzel ÖBB wurde erst Anfang der 1950er Jahre mit dem neuen Nummernschema für Fahrzeuge eingeführt. Für die damals neu bestellten Nachkriegsdiesellokomotiven der Baureihe 2045 sollte der technische Zeichner von SGP (Simmering-Graz-Pauker) Johann Bender ein modernes Logo entwerfen, das auch auf allen anderen Fahrzeugen angebracht werden sollte. In Anlehnung an ein Rad mit Flügel sollte das von ihm designte Logo Dynamik vermitteln. Umgangssprachlich ist dieses Logo unter dem Namen „Flügelrad“ bekannt. [vgl. Fürschuss, 2012, S.6]



**Abb. 9 ÖBB Flügelrad**

Nach der Beseitigung der Kriegsschäden richtete sich das Hauptaugenmerk auf die Elektrifizierung der wichtigsten Hauptstrecken, die Beendigung des unwirtschaftlichen Dampfbetriebes und Erneuerung des Fuhrparks. Außerdem wurden vor allem in den Landeshauptstädten neue Bahnhöfe errichtet. Fast genau 140 Jahre nach der ersten Fahrt eines Dampfzuges in Österreich, im November 1837, sollte an genau jenem Ort an dem die erste Fahrt endete die Dampflokära zu Ende gehen. Die Österreichischen Bundesbahnen feierten am 13. Jänner 1978 festlich das „Ausblasen“ der letzten in Planbetrieb stehenden Lokomotive im heutigen Bahnhof Deutsch-Wagram. Die Ära des

Dampfbetriebes sollte in Österreich jedoch noch weiter andauern. Bei mehreren Schmalspurstrecken der Österreichischen Bundesbahnen endete der planmäßige Dampfbetrieb gar erst knapp vor der Jahrtausendwende. [vgl. Wagner, 1990, S.5]

Ab Anfang der 1970er Jahren begann die ÖBB ihr erstes Corporate Design umzusetzen. Alle Fahrzeuge sollten sich in einem freundlichen und weithin sichtbaren Farbleid präsentieren. So wurden grundsätzlich folgende Farben ausgewählt:

Kasten: Blutorange RAL 2002

Zierstreifen: Elfenbein RAL 1014

Dach: Elfenbein RAL 1014

Rahmen / Laufwerk: Tiefschwarz RAL 9005

(wurde in den 1980er Jahren auf Umbragrau RAL 7022 geändert)

Dazu sollte es auch ein neues freundliches Logo mit Wiedererkennungswert geben. Zusammen mit den neuen Hausfarben, wurde das Bildzeichen und ein einheitlicher Schrifttyp (Helvetica halbfett) für alle Beschriftungen an Fahrzeugen und Gebäuden eingeführt. Das Bildzeichen ist umgangssprachlich auch als „ÖBB-Schnecke“ oder „Pflatsch“ bekannt. [vgl. Fürschuss, 2012, S.7]



Abb. 10 ÖBB Emblem – „Pflatsch“

1993 gab es nach langer Zeit die erste größere Umstrukturierung, indem die ÖBB in eine Gesellschaft umgewandelt wurden. 2001 begann durch ein neues EU-Gesetz zur Liberalisierung des Eisenbahnverkehrs in Europa die Privatbahnära mit der Gründung eines eigenen Eisenbahnunternehmens durch die Voest Alpine namens Cargoserv. [vgl. Pinterich, 2008, S.4] Bereits mit Jahresbeginn 2004 gab es die nächste Umstrukturierung bei der Bundesbahn. Der ÖBB Konzern, so wie wir ihn heute kennen, war geboren. Seit diesem Zeitpunkt besteht die ÖBB aus einem Konzern mit mehreren Teilgesellschaften im In- und Ausland. Gleichzeitig damit wurde auch ein neues Corporate Design festgelegt und das im Ausland eher unbekannt bestehende ÖBB Emblem durch einen Schriftzug ersetzt.

### 3.1.3 Schmalspurbahnen in Österreich

Die Schmalspurbahnen haben eine große Bedeutung in der Eisenbahngeschichte Österreichs vom Anfang bis zur Gegenwart. Gebaut wurden sie ursprünglich zur Erschließung der engen Täler. Es sind nur 3 Strecken zur Gänze eingestellt, auf den anderen findet Plan und Touristikverkehr statt. Am Anfang war die Einführung von Schmalspurbahnen nicht ganz unumstritten. Es gab Diskussionen über die Vor- und Nachteile gegenüber der Normalspur (1435mm).

- Es mussten eigene Lokomotiven und Wagen angeschafft werden
- Zu den normalspurigen Hauptstrecken musste umgestiegen werden
- Güter mussten umgeladen werden.
- Bau und Erhaltungskosten sind um einiges niedriger
- Bessere Anpassung in den engen Tälern möglich

Um die engen und schmalen Täler so rasch wie möglich zu erschließen entschied man sie dann doch zum Bau von den billigeren Schmalspurbahnen in einer Spurweite von 760 mm. Warum 760 mm? Die Wahl auf die Spurweite von 760mm war von Anfang an klar, da die Heeresverwaltung der damaligen Österreichisch-Ungarischen Monarchie bereits seit 1878 in Bosnien und Herzegowina Schmalspurbahnen in dieser Spurweite betrieb und auf eine einheitliche Spurweite bestand um im Kriegsfall Fahrzeuge ohne Probleme austauschen zu können. Die Spurweite von 760mm wird daher oft als „bosnische“ bzw. „österreichische“ Spurweite bezeichnet. Innerhalb des heutigen Österreichs entstanden ab 1889 derartige Schmalspurstrecken. Zu den bekanntesten Strecken aus den Anfangsjahren zählen:

- 1889: Steyrtalbahn (Garsten – Klaus, Zweigstrecke Pergern – Bad Hall); erste Schmalspurbahn im heutigen Österreich
- 1890: Salzkammergutlokalbahn (Salzburg – Bad Ischl, Zweigstrecke St. Lorenz - Mondsee)
- 1896: Ybbstalbahn (Waidhofen an der Ybbs – Kienberg-Gaming, Zweigstrecke Gstadt - Ybbsitz)
- 1898: Mariazellerbahn (St Pölten – Gusswerk, Zweigstrecke Ober Grafendorf – Ruprechtshofen)
- 1898: Pinzgauer Lokalbahn (Zell am See – Krimml)

Auch mit dem Beginn des 20. Jahrhunderts hielt der Schmalspurboom an und es wurden weitere Bahnen eröffnet. Zu den bekanntesten zählen:

- 1900: Waldviertelbahn (Gmünd NÖ – Litschau – Heidenreichstein bzw. Groß Gerungs)
- 1900: Zillertalbahn (Jenbach – Mayrhofen)
- 1902: Bregenzerwaldbahn (Bregenz – Bezaun)

Bei allen Bahnen handelt es sich um sogenannte „isolierte“ Streckennetze, das heißt sie beginnen in einem Bahnhof einer Normalspurstrecke. Es war zwar der Zusammenschluss einzelner Strecken geplant, wurde aber durch den ersten Weltkrieg verhindert. Danach gab es im stark geschrumpften Österreich wirtschaftliche Probleme und es konnte 1927 nur die Zweigstrecke Ruprechtshofen – Gresten (Verlängerung der Zweigstrecke der Mariazellerbahn) gebaut werden. Damit hatte das Österreichische Schmalspurnetz seine größte Ausdehnung von 768,2 Kilometern.

Fast alle Schmalspurbahnen wurden von privaten Aktiengesellschaften bzw. von den jeweiligen Landesverwaltungen gebaut und blieben auch vorerst in deren Besitz; die Betriebsführung hatte jedoch in den meisten Fällen die Staatsbahn. Bis 1940 gingen die meisten in Bundes- bzw. Landesbesitz über, ausgenommen der Salzkammergut-Lokalbahn und der Zillertalbahn.

Bis auf die Zweigstrecke Sierning – Bad Hall der Steyrtalbahn überlebten alle Schmalspurbahnen den zweiten Weltkrieg und leisteten einen wichtigen Beitrag zum Wiederaufbau. Mit der zunehmenden Motorisierung traten die Nachteile der Schmalspurbahnen zu Tage und die Bahn war gegenüber Auto und LKW nicht mehr konkurrenzfähig. Somit kam es nach und nach zur Einstellung von einem Teil dieser Bahnen.

- 1957: Gesamteinstellung der Salzkammergutlokalbahn
- 1964: Zweigstrecke Pergern – Sierning der Steyrtalbahn.
- 1968: Personenverkehr Molln – Klaus (Steyrtalbahn)

In den 1970er Jahren blieben die Schmalspurbahnen von Einstellungen verschont. Erst 1980 fielen wieder zahlreiche Schmalspur – Kilometer dem Rotstift zum Opfer.

- 1980: Grünburg – Klaus (Steyrtalbahn)
- 1980: Kennelbach – Bezaun (Bregenzerwaldbahn)

Ein weiteres schwarzes Jahr für die schmale Spur folgte 1982 mit der Einstellung der Steyrtalbahn, welche bis zum Schluss als einzige Strecke Österreichs ausschließlich mit Dampflokomotiven betrieben wurde.

- 1983: Kennelbach – Bregenz (Bregenzerwaldbahn)
- 1986: Einstellung des Personenverkehrs im nördlichen Waldviertel.
- 1988: Bergstrecke der Ybbstalbahn (Lunz am See – Kienberg-Gaming)
- 1988: Mariazell – Gusswerk (Mariazellerbahn)
- 1998: Umspurung auf Normalspur Wieselburg an der Erlauf – Gresten (Zweigstrecke der Mariazellerbahn)

Obwohl die ÖBB Mitte der 1980er Jahre neue Dieseltriebwagen beschaffte, waren weitere Einstellungen nicht aufzuhalten. Außerdem trieb der sehr personalintensive und umständliche Güterverkehr das Defizit weiter in die Höhe.

Heute existieren noch ca. 400 Kilometer, das sind 52 % des einstigen Streckennetzes von 1927. Die einzige Schmalspurbahn welche nie in die negativen Schlagzeilen geraten ist, ist die Zillertalbahn. Sie wurde 2008 sogar teilweise zweigleisig ausgebaut. Es sind nur wenige Schmalspurstrecken komplett von der Landkarte verschwunden (z.B.: Salzkammergut – Lokalbahn), da sich einige private Vereine um die Erhaltung kümmern und erfolgreich Nostalgiefahrten mit Dampf- und Diesellokomotiven anbieten. Die Leistungen dieser Vereine sind mittlerweile anerkannt und gehören schon oft zum fixen touristischen Angebot der Regionen und Gemeinden. [vgl. Vetter, 2007, S. 105ff]

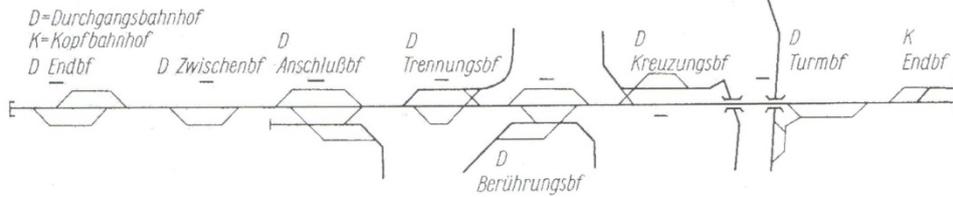
### **3.2 Bahnhofsarten**

Formell werden die unterschiedlich gestalteten Bahnanlagen nach Lage und Bedeutung für den Betrieb bezeichnet. Jedoch gibt es keine verbindlichen Begriffsbestimmungen. Es hat sich bewährt die Bahnhöfe nach folgenden Gesichtspunkten zu unterscheiden:

- Nach der Aufgabe als Abstellbahnhof, Containerbahnhof, Hafenbahnhof, Verschiebebahn, Industriebahn, Personenbahnhof oder Güterbahnhof.
- Nach der Lage im Streckennetz als Anschlussbahnhof, Berührungsbahn, Durchgangsbahn, Endbahnhof, Knotenbahnhof, Kopfbahn, Kreuzungsbahn, Spurwechselbahn, Systemwechselbahn, Trennungsbahn, Turmbahn, Vorbahn oder Zwischenbahn.
- Nach der Lage des Empfangsgebäudes als Dreiecksbahn, Inselbahn oder Keilbahn.

Nachstehende Grafik bietet einen Überblick über die erwähnten Begriffe. [Preuß, 2009, S.90ff]

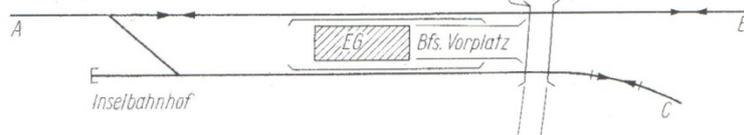
1. Bahnhof nach Grundrißform und Lage zum Streckennetz



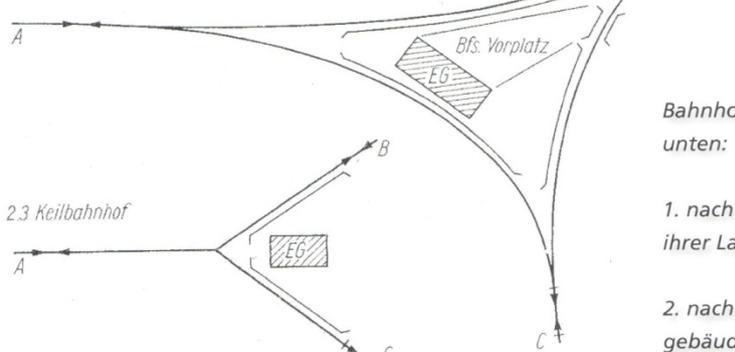
2. Bahnhof nach der Lage des Empfangsgebäudes (EG) zu den Hauptgleisen



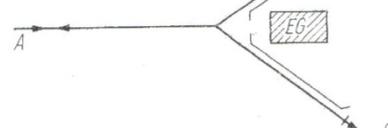
2.1 Empfangsgebäude in Seitenlage Zwischenbahnhof



2.2 Dreiecksbahnhof



2.3 Keilbahnhof

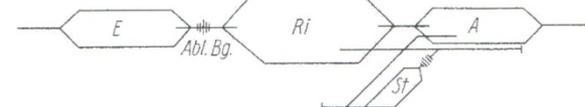


Bahnhofstypen, von oben nach unten:

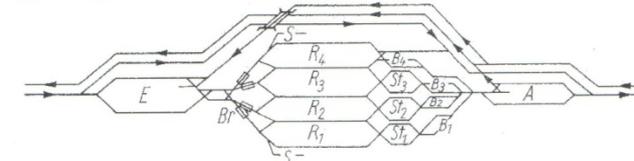
1. nach der Grundrißform und ihrer Lage im Streckennetz,
2. nach der Lage des Empfangsgebäudes als Zwischen-, Dreiecks- oder Keilbahnhof,
3. Rangierbahnhöfe als Flach- oder Gefällebahnhof.

3. Rangierbahnhof

3.1 Flachbahnhof



3.2 Gefällebahnhof



Entnommen: Lexikon »Eisenbahn«, Berlin 1971

Bahnhofsarten

Abb. 11 Bahnhofsarten

### 3.3 Wichtige Bahnstrecken in Österreich

Stellvertretend für das österreichische Streckennetz werden nachfolgend die Westbahnstrecke als Beispiel für die wichtigste Normalspurstrecke in Österreich und die Mariazellerbahn als bekanntester Repräsentant für das Schmalspurnetz vorgestellt.

#### Westbahnstrecke

Die Westbahn führt (nicht wie oft angenommen von Wien bis nach Bregenz) von Wien über Linz nach Salzburg und ist eine der bedeutendsten Bahnstrecken Österreichs. Sie wurde ursprünglich durch die Kaiserin – Elisabeth – Bahn als Westbahn erbaut und betrieben. [Wegenstein, 1995(1979), S.3f] Mitte des 19. Jahrhunderts entstanden die Planungen für den Bau der Westbahn von Wien nach

Salzburg. Doch es gab Probleme, da die Pferdeeisenbahngesellschaft das Privileg hatte, im Abschnitt Linz-Gmunden alleine eine Bahnlinie zu betreiben. Doch nach langen und zähen Verhandlungen gelang es der Kaiserin-Elisabeth-Bahn 1857 alle Gesellschaftsanteile zu erwerben. Dabei verpflichtete sie sich auch die bestehende Strecke in Normalspur (1435mm) für den Dampflokbetrieb neu zu errichten. Wegen der ungewöhnlichen Spurweite (1106mm) und der ungünstigen Trassierung konnte man die vorhandenen Gleisanlagen nicht in das Eisenbahnnetz integrieren. Mit der Inbetriebnahme der neuen Strecke im Jahr 1872 endete der Pferdeeisenbahnbetrieb und die Gleisanlagen wurden abgebaut. Bis heute sind noch viele Bahndämme, Bahnhofsgebäude und Bahnwärterhäuschen erhalten. [vgl. Vetter, 2007, S.12f]

Der erste Streckenabschnitt von Wien nach Linz wurde 1858 eröffnet und bereits 1860 war die Strecke bis Salzburg in Betrieb. Der Name Kaiserin-Elisabeth-Bahn (K.E.B.) wurde im Laufe der Zeit von der Bevölkerung durch den Namen Westbahn ersetzt. Es finden sich aber auch heute noch alte Grenzsteine entlang der Strecke mit der Aufschrift K.E.B.. 1884 ging die Strecke in staatlichen Besitz über, der zweigleisige Ausbau wurde beschlossen und 1901 fertiggestellt. Die Elektrifizierung begann nach dem ersten Weltkrieg, doch die Strecke war nach einigen Verzögerungen erst 1952 vollständig elektrifiziert. [Wegenstein, 1979, S.3f] Um den gestiegenen Kapazitäten gerecht zu werden wurde 1990 mit dem Ausbau der Westbahn zu einer Hochleistungstrecke begonnen, einerseits durch Anpassung der Bestandstrecke und andererseits durch den viergleisigen Ausbau. Die entstandene Neubaustrecke mit ihrem begradigten Streckenverlauf und vielen Tunnelabschnitten kann mit bis zu 230km/h befahren werden. Damit wurde eine deutliche Reduzierung der Fahrzeit möglich und so beträgt die Fahrzeit von Wien nach Salzburg zur Zeit 2 h 22 min. Eine weitere Reduzierung wird mit dem Ausbau im Abschnitt Linz – Salzburg in den nächsten Jahren angestrebt. [EBÖ, 2015, S. 596] Da der Wiener Westbahnhof ein Kopfbahnhof ist müssen die Züge gestürzt werden. In Zeiten der Liberalisierung und offenen Grenzen enden die Züge oftmals nicht in Wien. Mit der Inbetriebnahme der Neubaustrecke durch das Tullnerfeld sowie dem Lainzer Tunnel im Jahr 2012 wurde die Fahrzeit von und nach Wien erheblich verkürzt. Zusammen mit der Vollenbetriebnahme des neuen Wiener Hauptbahnhofs mit Fahrplanwechsel im Dezember 2015 ist der durchgehende Betrieb zum Flughafen Wien oder weiter Richtung Osten möglich. Sämtliche Fernverkehrszüge der ÖBB werden seit diesem Zeitpunkt zum neu erbauten Wiener Hauptbahnhof geführt. Der Wiener Westbahnhof wird planmäßig von keinem Fernzug mehr bedient und soll nun vorwiegend dem Regional und Pendlerverkehr dienen. [EBÖ, 2016, S. 42f]

### ***Mariazellerbahn***

Die Strecke der Mariazellerbahn gliedert sich in zwei Abschnitte, die Talstrecke bis Laubenbachmühle und die Bergstrecke bis Mariazell. Während sich die Talstrecke durch das landwirtschaftlich genutzte Hügelland des Pielachtals schlängelt, windet sich die 27‰ steile Bergstrecke in Serpentina den Berg hinauf und wird oft auch mit verschiedenen Schweizer Bergbahnen verglichen. [Straka, 2011, S.6ff] Die anfangs von den NÖLB (Niederösterreichischen Landes Bahnen) eingesetzten Lokomotiven waren schon nach kurzer Zeit an ihre Grenzen gestoßen und so wurden von der Lokomotivfabrik Krauss in Linz neue stärkere Lokomotiven entwickelt. Die neu entwickelten Stütztenderlokomotiven der Reihe 399 wurden ab 1906 eingesetzt. Da das Verkehrsaufkommen so stark war, waren auch bald diese Maschinen am Ende ihre Leistung angekommen und so kam es zur Elektrifizierung der Strecke. Die Arbeiten für die Elektrifizierung begannen bereits 1907 und wurden 1911 abgeschlossen. In dieser Zeit wurde wieder die Lokomotivfabrik Krauss in Linz damit beauftragt Elektrolokomotiven (BR 1099) zu bauen. Dies war zu dieser Zeit einmalig, da es noch keine Erfahrungen mit einer derart langen Strecke gab. Die Mariazellerbahn war somit eine der ersten elektrisch betriebenen Überlandbahnstrecken der Welt. Die Stromversorgung erfolgte von Anfang an durch eigens gebaute

Wasserkraftwerke in der Region. Somit stellte die Elektrifizierung nicht nur eine infrastrukturelle Verbesserung der Region dar, sondern brachte auch den elektrischen Strom in die Region. [Straka, 2011, S.14ff] Eine weitere Besonderheit dieser Bahnstrecke sind die 1910 erbauten Lokomotiven der Baureihe 1099. Nach über 100 Jahren endete mit Fahrplanwechsel im Jahr 2013 der planmäßige Einsatz dieser Fahrzeuge. Diese Fahrzeuge wickelten bis zu diesem Zeitpunkt die Hauptlast des Verkehrs ab und stellen somit die am längsten planmäßig eingesetzten Fahrzeuge der Welt dar. Heute sind sie noch bei Sonderfahrten zu bewundern.



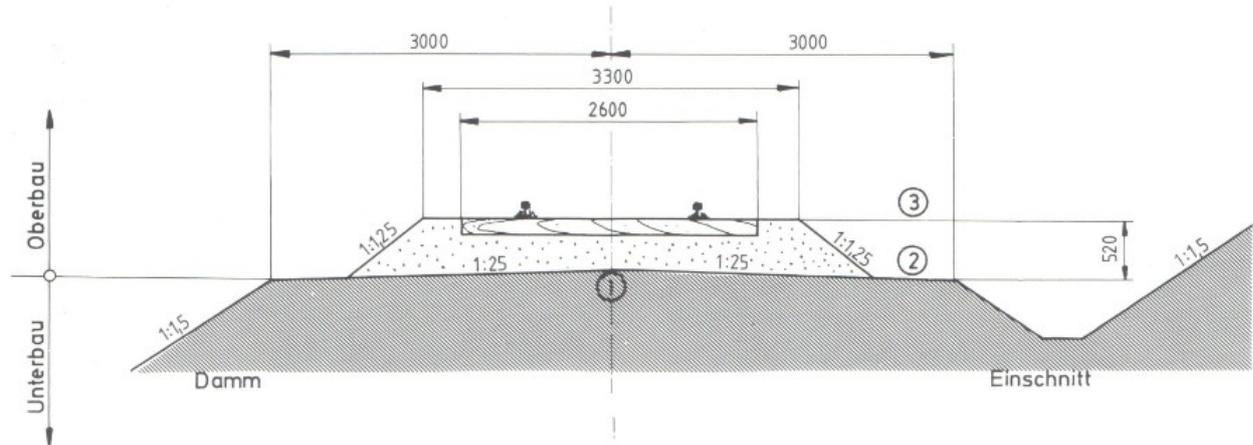
Abb. 12 Mariazellerbahnlokomotive Baureihe 1099

### 3.4 Gleisbereich – Der Oberbau

Unter den Begriff Gleis versteht man umgangssprachlich die Fahrbahn von Schienenfahrzeugen. Schienen, Weichen, Schwellen, Befestigungsmittel und das Schotterbett zusammen fasst man unter dem Begriff Oberbau zusammen. Der Begriff „Gleis“ wird oft als Sammelbegriff verwendet. Das Gleis im engeren Sinn ist jedoch ein Teil des Oberbaus und bezeichnet die Kombination von Schwellen, Schienen und Kleineisen im fertig verlegten Zustand.

Die Geschichte der Eisenbahn ist mit der Entwicklung des Oberbaus bzw. dessen Komponenten untrennbar verbunden. Die historische Entwicklung des Oberbaus und seinen Einzelteilen ist von unzähligen Konstruktionen geprägt. Anders als zu anderen Fahrbahnen (Auto, Schiff, etc.) muss die „Fahrbahn“ der Eisenbahn eine Doppelfunktion erfüllen. Zum einen müssen die darauf verkehrenden Fahrzeuge wie bei allen anderen Fahrbahnssystemen auch darauf „getragen“ werden und im Gegensatz zu anderen muss bei der Eisenbahn die Fahrbahn auch die darauf verkehrenden Fahrzeuge führen. Daraus resultiert eine aufwendige Konstruktion. Die Fahrbahn muss große Lasten aufnehmen können, hohe Fahrgeschwindigkeiten erlauben, extremer Hitze und Kälte trotzen und soll unter allen diesen Belastungen immer in der exakt festgelegten Linienführung verbleiben. Alle diese Anforderungen werden vom heutigen Oberbau mit seinen fünf Elementen erfüllt. Die fünf Elemente des Oberbaus:

- Schienen und Weichen
- Kleineisen<sup>1</sup>
- Schwellen
- Gleisbett
- Oberleitung (bei elektrifizierten Strecken)



**Abb. 13 Unterscheidung zwischen Oberbau und Unterbau**

Wichtigster Punkt des Oberbaus ist die zuverlässige Spurführung der Fahrzeuge sowohl bei hohen Lasten als auch bei hohen Geschwindigkeiten. Weiters die Aufnahme sowohl von statischen als auch ruhenden Lasten sowie deren Verteilung auf den tragfähigen Unterbau. Dämme, An- und Einschnitte sowie Brücken. Der Unterbau umfasst auch die Entwässerung des Gleiskörpers, damit bei verschiedensten Wetterverhältnissen ein reibungsloser Verkehrsablauf gewährleistet ist. Die Elastizität bei der Lastverteilung wird dabei neben der Nachgiebigkeit der Schienen auch durch Federwirkung der Gleisbettung erreicht. Dies ist für die Bewältigung der unterschiedlichen fahrdynamischen Vorgänge am Oberbau von Bedeutung und wird auch nur durch ein sauberes, wasserdurchlässiges und fest gestopft Gleisbett erreicht. Alle heute in Verwendung befindlichen Materialien sind so konzipiert, dass sie das Gewicht (Achslast), die Beschleunigung, das Anfahren und das Abbremsen verkraften können. Extreme Temperaturen können am Oberbau keine größeren Schäden verursachen. So stellen der Winter mit tiefen Minusgraden oder Sommertemperaturen von über 30° C keine Gefahr für den Oberbau dar. Die Technologie des Gleisbaus hat in den vergangenen rund 200 Jahren einen enormen Fortschritt erfahren. [vgl. Kerber, 1999[1996], S.10ff]

### 3.4.1 Schienen und Weichen

Das wichtigste Glied des Gleisbaus ist die Schiene. Sie ist der unmittelbare Träger der Lasten und nimmt alle übertragenen Kräfte auf. Die Geschichte der Schiene ist über 200 Jahre alt. Im Laufe der Zeit hat sie unterschiedlichste Formen bis zu ihrer heutigen Form angenommen. Zu Beginn wurden in England Stahlbänder auf Längsschwellen montiert. Doch bald wurde diese Konstruktion abgelöst und es entstand ein eigener Industriezweig der sich mit der Herstellung von Eisenbahnschienen beschäftigt. Die Lösung wurde mit einem sogenannten I-Träger gefunden, der eine der stabilsten Querschnittsformen im Stahlbau darstellt. Doch auch als die nunmehrige Form, Vignolschiene genannt, festgelegt wurde, entwickelte jede Bahnverwaltung eigene Untervarianten, die wiederum nicht miteinander kombinierbar waren. Es gab eigene Schienen- und Laschenformen sowie dazugehöriges Kleineisen. Damit wollte man eine gewisse Eigenständigkeit demonstrieren.

<sup>1</sup> Kleineisen ist der Fach bzw. Sammelbegriff für Schienenbefestigungsmaterial.

Das Angebot an Schienen ist heute überschaubar und nahezu beliebig miteinander kombinierbar. Auf vereinzelt Nebenbahnen oder Abstellgleisen können sich noch Schienen mit anderem Profil aus der Zeit rund um den ersten Weltkrieg finden. Während auf Strecken des ehemaligen Ostblocks zum Großteil noch Schienen der Bauformen S49 und R65 (Bezeichnung der DR) liegen, dominieren auf allen anderen Strecken im restlichen Europa Schienen der Bauform UIC 60. Die Zahlen beziehen sich dabei jeweils auf die jeweilige Masse (in Kilogramm) pro Laufmeter. Die Abkürzung UIC steht für International Union of Railways. [vgl. Kerber, 1999[1996], S.40f]

Alle Eisenbahnschienen werden bei der Produktion mit einem Walzzeichen versehen. Dies ist insofern wichtig, um später die Schiene identifizieren zu können und im Falle von „Fehlern“ den Hersteller bzw. das Produktionsjahr herauszufinden. Folgende Grafische Darstellung erklärt die Bedeutung der einzelnen Zeichen.

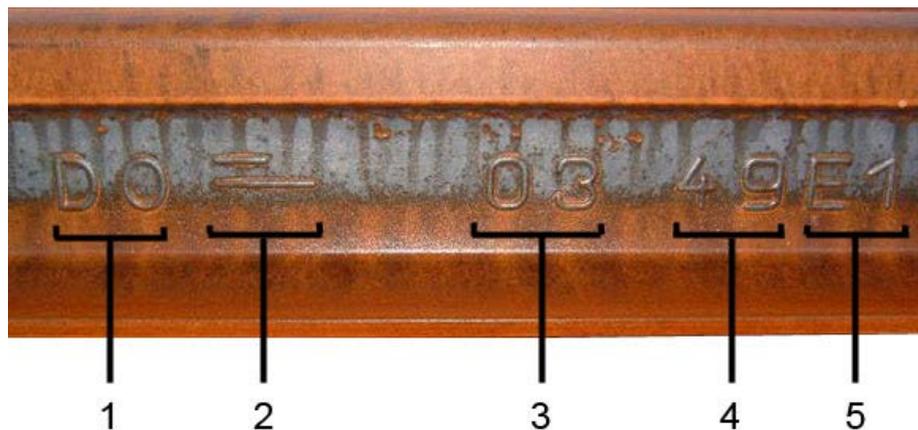


Abb. 14 Walzzeichen

- 1 Hersteller ( zum Bsp.: Voest Alpine Donawitz "DO", Österreich
- 2 Stahlsorte
- 3 Produktionsjahr (zum Bsp.:2003 -> 03)
- 4 Schienenkennzeichnung und Metergewicht
- 5 Schienenprofil (zum Bsp.: S49, R65, UIC 60, ...)

Neben der bereits erwähnten Vignolschiene deren Varianten auf nahezu allen Eisenbahnstrecken zum Einsatz kommen, sollten auch die beiden folgenden Konstruktionsprofile erwähnt werden.

- **Rillenschiene**

Auch diese Schienenform ist fast ausschließlich im Bereich von Strassenbahnen im Stadtgebiet weit verbreitet. Sie unterscheidet sich zur Vignolschiene durch die in den „Kopf“ eingewalzte Rille, die den Spurkanal immer frei hält. Dadurch ist es möglich, die Schienen im Straßenpflaster einzulassen oder im Bereich von Straßen den Zwischenraum der Schienen ans Straßenniveau mit Asphalt anzugleichen. In vielen Städten in denen die Straßenbahn auf eigenem Gleiskörper fährt werden auch Rillenschienen eingesetzt und sogenannte Rasengleisstrecken errichtet, bei welchen die Schienen bis zur Oberkante mit Erdschicht verfüllt sind und damit Grünflächen geschaffen werden. Rillenschienen werden zumeist auf einem festen Gleistragwerk aus Beton montiert. Die Schienen werden auf Beton- oder Stahlschwellen montiert und anschließend mit Beton bis zur Oberkante der Schwellen eingegossen. Ein Nachteil der Rillenschiene ist die Schmutzansammlung in den Rillen. Hierzu muss in regelmäßigen Abständen der Schmutz aus dem Spurkanal entfernt werden.



Abb. 15 Querschnitt Rillenschiene

- **Keilkopfschiene**

Keilkopfschienen sind sehr ähnlich zu Vignolschienen. Der Unterschied wird auf der nachstehenden Abbildung deutlich. Im Gegensatz zu den Vignolschienen sind bei Keilkopfschienen die Seiten des Schienenkopfes keilförmig abgeschrägt. Keilkopfschienen kommen hauptsächlich bei Bergbahnen zum Einsatz. Grund für deren Entwicklung ist die bei Bergbahnen zusätzlich notwendige Bremse. Dies wurde früher durch eine auf den Schienenkopf wirkende Zangenbremse gelöst. Dabei klammert sich die Bremse wie eine Zange an den Schienenkopf. Dafür sind auch bei Weichen Sonderkonstruktionen notwendig, da die Zangenbremse den Schienenkopf permanent umklammert. Weichen dieser Art werden als Schleppweichen bezeichnet. Bei der Linzer Pöstlingbergbahn waren bis zu deren Umbau im Jahr 2008 Keilkopfschienen im Einsatz. Heute wird die bei Bergbahnen zusätzlich notwendige Bremsenergie durch Magnetschienenbremsen erreicht.

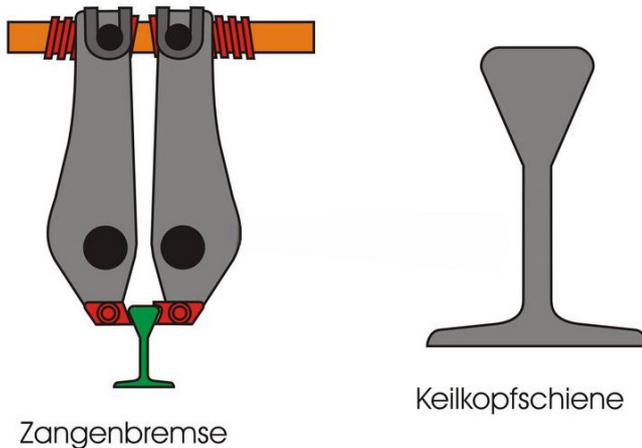


Abb. 16 Zangenbremse und Keilkopfschiene

Ein ziemlich unbekannter Punkt ist das Rad-Schiene-Verhältnis der Eisenbahn. Bei Eisenbahnrädern sind die Laufflächen etwas geneigt, genau im Verhältnis 1:20. Weiters ist der Übergang von Lauffläche zum Spurkranz rund. Dadurch tangieren sich die beiden an genau zwei Punkten. In der folgenden Abbildung mit A und B bezeichnet.

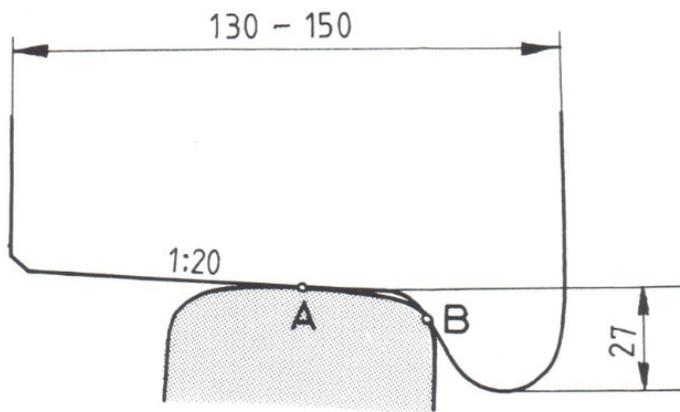


Abb. 17 Kontakt zwischen Rad und Schiene

Am Punkt A, dem Radstützpunkt werden die lotrechten Radlasten übertragen. Am Punkt B, dem Spurkranzdruckpunkt wirken die seitlichen Kräfte, wie Fliehkräfte in Bögen und die Stoßkräfte infolge des Sinuslaufes von Eisenbahnfahrzeugen. Als Sinuslauf wird das Laufverhalten von Eisenbahnwaggon bezeichnet. Während der Fahrt laufen die beiden Spurkränze des Waggons ständig wechselseitig an die Innenseiten der Schienenköpfe auf. Durch den Sinuslauf wird während der Fahrt eine Selbstzentrierung des Waggons erreicht und damit das Fahrzeug stabilisiert. Weiters wird damit die Abnutzung des Schienenkopfes minimiert. [vgl. Kerber, 1999(1996), S.41f]

**Weichen** stellen eine Sonderkonstruktion aus Schienen im Oberbau dar. Folgende Abbildung bietet einen Überblick über die verschiedenen Arten von Weichen:

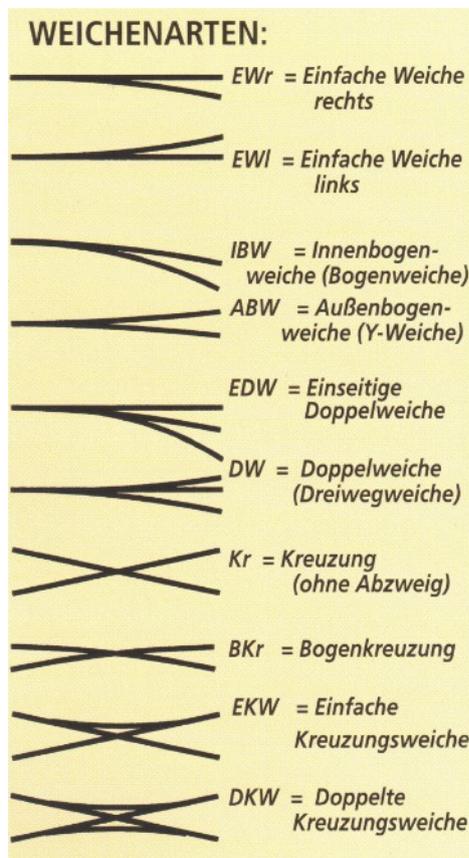


Abb. 18 Weichenarten

Vereinfacht gesagt sind Weichen und Kreuzungen da um von einem Gleis auf ein anderes zu wechseln. Näher betrachtet werden sie jedoch für viele auf den ersten Blick nicht erkennbare Aufgaben eingebaut.

- **Weichen in Bahnhöfen**
  - Dienen zum Zusammenstellen und Auflösen von Zugsgarnituren.
  - Bieten die Möglichkeit, Züge an unterschiedlichen Bahnsteigkanten einfahren zu lassen.
  - Geben eine Möglichkeit zum Kreuzen von Zügen bzw. zum Überholen.
- **Weichen auf freier Strecke**
  - Erlauben die Bedienung von Anschlussbahnen bei Industriebetrieben.
  - Bieten eine Möglichkeit zur Streckentrennung bzw. Abzweigung.

Es gibt darüber hinaus Weichen, die eine Zusammenführung von unterschiedlichen Spurweiten ermöglichen. Solche Exemplare findet man in Bahnhöfen in denen mehrere Spurweiten aufeinandertreffen. In Österreich ist das unter anderem in Jenbach, St. Pölten Alpenbahnhof, Zell am See / Tischlerhäusl und in Vorchdorf der Fall. Eine weitere äußerst wichtige Aufgabe erfüllen sogenannte Schutzweichen. Die Weichen sind an Abzweigungen und Einbindungen von Nebengleisen situiert und verhindern das ungewollte Einfahren bzw. Abrollen von Fahrzeugen auf das Hauptgleis. [vgl. Kerber, 1997, S.10ff]

Geometrisches Unterscheidungsmerkmal von Kreuzungen und Kreuzungsweichen gegenüber herkömmlichen Weichen sind ihre Kreuzungswinkel bzw. der Abzweigungswinkel. Kreuzungen und Kreuzungsweichen sind zumeist schiefwinkelig und meist eine konstruktive Notwendigkeit bei Weichenstraßen mit engen Platzverhältnissen. Sie besitzen zumeist Kreuzungswinkel, die dem doppelten Winkel oder sogar dem dreifachen Winkel von Weichen entsprechen. [vgl. Kerber, 1997, S.37f]

Bei Weichen und Kreuzungen tauchen immer wieder Begriffe auf, mit denen auch der Modelleisenbahner immer wieder konfrontiert wird. Nachstehende Abbildung bietet einen Überblick über die wichtigsten Begriffe:

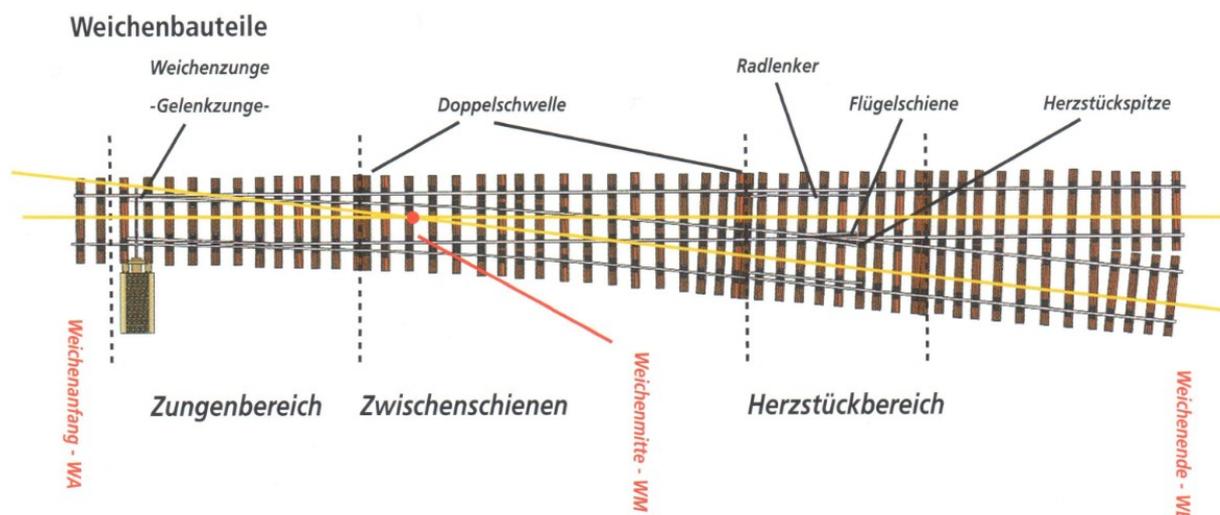


Abb. 19 Weichenbauteile

### 3.4.2 Kleineisen

Als Kleineisen werden die speziellen Teile bezeichnet, die die Schiene mit der Schwelle oder sonstigen Auflagern verbinden. Weiters gehören auch noch Laschen und Schrauben, mit denen die Schienen untereinander verbunden wurden, dazu. Bis auf wenige Ausnahmen entfällt dies heutzutage, da die Schienen aufgrund des besseren Fahrverhaltens miteinander verschweißt sind. Auch diese speziell entwickelten Teile müssen bestimmten Anforderungen gerecht werden. Unter anderem müssen sie die Schienen mit den Schwellen oder Tragwerken sicher und haltbar miteinander verbinden. Die Verbindung muss jedoch elastisch bleiben, um Längenänderungen bei Temperaturschwankungen und eine Flexibilität bei der Montage zu gewährleisten. Die Verbindungen müssen einfach und schnell lösbar sein, um bei Beschädigungen den Austausch von Schienen und/ oder Schwellen möglichst rasch und effizient durchführen zu können. Weiters ist die exakte Spurweite zu garantieren. Die Konstruktion muss derart einfach sein, dass eine Massenherstellung und die Verarbeitung durch ungeübte Arbeitskräfte möglich ist.

Wie generell in der Entwicklung der Technik waren auch bei den Kleineisen ursprünglich einfachste Konstruktionen die ersten Lösungen. Die ersten Befestigungsmittel von Schienen an Schwellen waren Nägel. Dazu gab es geschmiedete Nägel mit Hakenköpfen. Später wurden erste Schrauben mit sehr großen Köpfen erzeugt. Anfänglich erfolgte die Verbindung zwischen Schiene und Schwelle mit Nägeln oder Schrauben direkt aufeinander, das heißt ohne Unterlagsplatten. Nicht einmal bei der Einführung einer geneigten Schienenstellung (Neigung von 1:20 in Verbindung mit konischen Laufflächen der Räder) wurde eine entsprechende Unterlagsplatte konstruiert, sondern die Schwellen entsprechend bearbeitet. Nach und nach wurden die Nachteile dieser direkten Befestigungsart erkannt. Der Austausch von Schienen und Schwellen war extrem aufwendig. Zudem konnten bei Austausch der Schienen nicht dieselben Löcher zur Wiederbefestigung der Schienen herangezogen werden. Die Entwicklung von unzähligen Methoden führte zu der heute üblichen Konstruktion mit Klemm- oder Spannplatten.

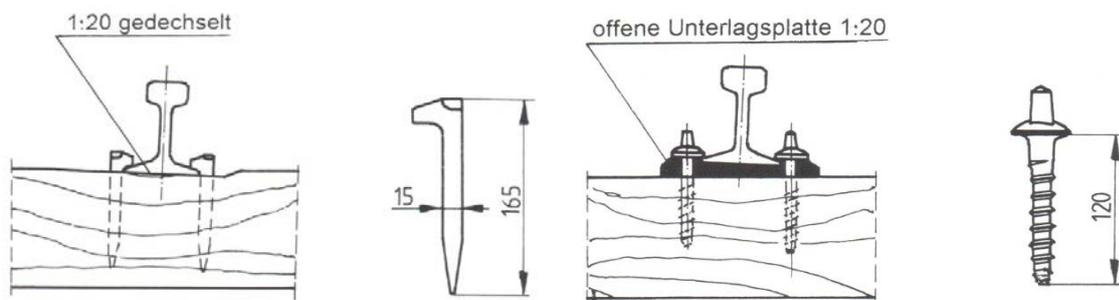
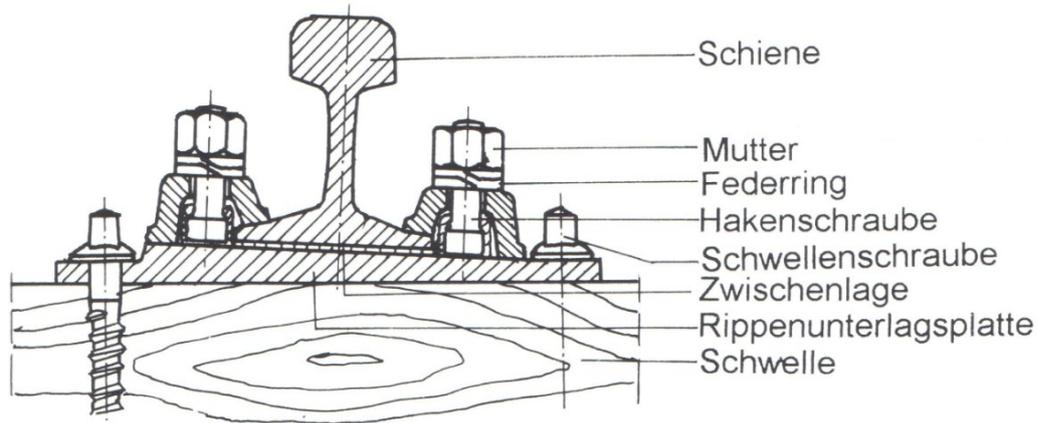


Abb. 20 Schienennägel und Schienenschrauben

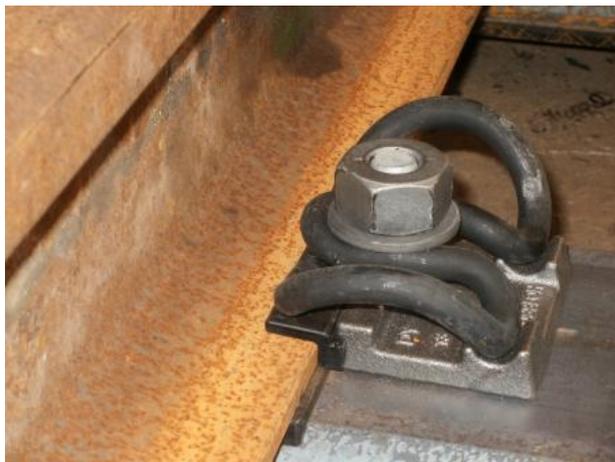
Die heute verwendete Oberbauform besteht aus zwei Hauptteilen. Zum einen aus der unmittelbar auf der Schwelle befestigten „Rippenunterlagsplatte“ und zum anderen aus dem lösbaren Befestigungsteil. Dieses Befestigungsteil besteht aus einer Hakenschraube mit einem Federring mit einer Mutter (M26) und einer Schienenklemme.

Die Rippenunterlagsplatte wird bei Holz- und Betonschwellen mit Schrauben darauf befestigt, bei Stahlschwellen und anderen Tragwerken aus Stahl (Brücken) wird die Platte direkt aufgeschweißt. In den sogenannten Rippen der Platte befinden sich schwalbenschwanzförmige Ausnehmungen in die die eine Seite der Hakenschraube eingeführt wird. Die darüber befindliche Schienenklemme fixiert die Schiene auf der Unterlagsplatte und verhindert, dass die Schraube aus den Rippen herausrutscht. Durch die Mutter mit Federring wird die nötige Spannkraft erreicht. Zur Dämpfung der Schiene befindet sich zwischen Schienenfuß und Unterlagsplatte eine Einlage aus Gummi.



**Abb. 21 Schematische Darstellung – Querschnitt Gleisbefestigung mit Unterlagsplatte und Hakenschrauben**

Diese Befestigungsform ist charakteristisch für die Zeit der Deutschen Reichsbahn. Bei vielen Bahnen wurden ab den 1970er Jahren die Schienenklammern durch die sogenannten Spannklemmen Skl ausgetauscht und ersetzt. Diese „Achter“-förmigen Klemmen sind aus Federstahldraht ( $\varnothing$  14 mm) gefertigt, haben zusätzlich federnde Kräfte und sind zudem weniger verschleißanfällig. [vgl. Kerber, 1999[1996], S.49ff]



**Abb. 22 Spannklemme Skl**

### 3.4.3 Schwellen

Der Begriff Schwelle wird im allgemeinen Sprachgebrauch für Schienenunterstützungen verwendet. Die Entwicklung der heutigen Schwelle begann bei einfachen Schienenunterstützungen aus großen Steinblöcken über die eigentlichen Schwellen bis hin zu moderner Gleistragwerken auf Hochgeschwindigkeitsstrecken. Die Anforderungen an die Stützungen sind die Übertragung der horizontalen und vertikalen Kräfte auf das Gleisbett, die sichere Gewährleistung und Erhaltung der Spurweite sowie die Sicherung der Lage der gesamten Gleiskonstruktion gegenüber Belastungen und Kräften.

Schon sehr bald setzte sich im Eisenbahnbau die Bauform mittels Schwellen durch. Doch die Form der „Schwellen“ unterschied sich stark. Zu Beginn gab es wie schon erwähnt Unterstützungen aus einzelnen großen Natursteinblöcken. Schnell zeigte sich hierbei das Problem der Spurerhaltung, da diese nur durch das Gleisbett bzw. den Untergrund oder durch Spurstangen aus Metall erreicht werden konnte. Zur Zeit der Entstehung der großen Industriezentren und Industrieanlagen in England befestigte man die Schienen auf Längsschwellen aus Holz, da man der Belastbarkeit der

Schienen mit damals noch sehr geringem Querschnitt nicht vertraute. Erst mit der Entwicklung der Vignolschiene im Jahr 1838 begann man die Schwellen quer zu den Schienen zu verlegen. Heute gibt es verschiedene Schwellenarten:

- Holzschwelle (zumeist aus Buchenholz)
- Spannbetonschwelle
- Stahlschwelle
- Kunststoffschwelle
- Tragwerke aus Stahl, Einsatz auf großen Stahlbrücken
- Tragwerke aus Stahlbeton („Feste Fahrbahn“), Einsatz auf Hochleistungsstrecken in Tunneln und auf Brücken sowie bei Straßenbahnen.

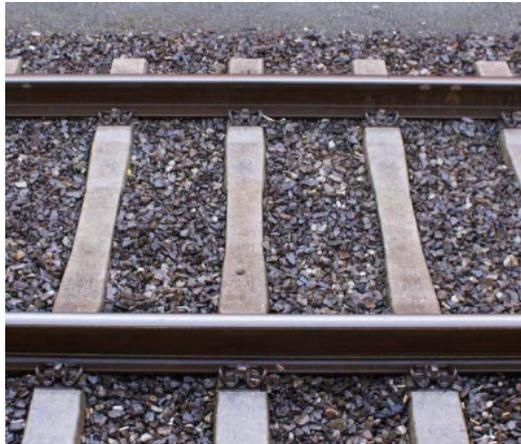
Die **Holzschwelle** wird nach wie vor noch verbaut. Sie sind sehr elastisch, gewährleisten eine gute Ausbildung der Biegelinie des Gleises und können selbst bei Überbelastungen ohne nennenswerte Beeinträchtigung die Betriebssicherheit garantieren. Die Verbindung zwischen Schiene und Schwelle ist äußerst einfach zu lösen. Bei Beschädigungen der Schwelle oder Verschleiß der Unterlagsplatten können die Holzschwellen durch Versetzen der Unterlagsplatten weiterverwendet werden. Bei Beschädigung lässt sich die Holzschwelle aufarbeiten und der Einsatz an Stellen mit geringerer Belastung ist möglich. Die Lagestabilität im Schotterbett ist durch die relativ „weiche“ Oberfläche des Holzes und die damit verbundene Verzahnung mit dem Schotter, sehr gut. Durch das relativ geringe Eigengewicht einer Buchenholzschwelle (ca. 80 kg) ist die Verarbeitung auch ohne schweres Arbeitsgerät relativ einfach möglich. Ein wesentlicher Vorteil der Holzschwelle ist auch deren geringere Geräuschübertragung bei Zugfahrten. Zugfahrten sind um ein vielfaches leiser als auf anderen Schwellenarten. Diesen Vorteilen stehen auch einige Nachteile gegenüber. Die Holzschwelle ist bei starken Beschädigungen bzw. Unbrauchbarkeit nur schwer zu entsorgen (Sondermüll). Weiters stehen die hohen Kosten des Holzes und die ökologischen Überlegungen zur Behandlung der Holzschwelle mit chemischen Substanzen entgegen. Deshalb ist man in den letzten Jahrzehnten dazu übergegangen vorwiegend Betonschwellen einzusetzen.



**Abb. 23 Holzschwellen**

Bereits 1884 wurde die erste **Betonschwelle** mit eingearbeitetem Drahtgeflecht zum Patent angemeldet. Die wirkliche Verwendung von Betonschwellen begann jedoch erst rund 100 Jahre später. Ab den 1980er Jahren wurden Betonschwellen im großen Stil verbaut. Anfangs gab es jedoch herbe Rückschläge und so mussten aufgrund von nachträglich gesehen fehlerhaften Betonmischungen tausende Betonschwellen gegen Holzschwellen ausgetauscht werden. Die heute verwendete Betonschwelle wird aus Spannbeton erzeugt. Den Nachteilen wie hohes Eigengewicht und Sprödigkeit des Betons stehen auch einige Vorteile gegenüber, die vor allem

bei den heutigen Hochleistungsstrecken von Bedeutung sind. Durch das sehr hohe Eigengewicht der Schwellen (rund 500kg pro Laufmeter Schiene) gewährleisten diese im eingeschotterten und gestopften Gleisbett eine stabile Gleislage. Im Weichenbau finden Betonschwellen erst seit wenigen Jahren Verwendung. Da die im Herzstückbereich der Weiche verwendeten extrem langen Schwellen aufgrund der Sprödigkeit des Betons nur schwer herstellbar sind.



**Abb. 24** Betonschwellen

**Stahlschwellen** wurden eine Zeit lang unter anderem beim Weichenbau eingesetzt. Die Vorteile der Stahlschwelle aufgrund ihrer Trogform und der daraus resultierenden guten Lage im Schotterbett wussten zu überzeugen. Vor allem beim Weichenbau lieferten die einfache Befestigungsmöglichkeit der Kleineisen (schweißen) und die Möglichkeit von beliebig langen Schwellen Argumente für deren Einsatz. Trotzdem findet man heute nur noch selten Stahlschwellen auf Eisenbahnstrecken. Der Hauptgrund dafür ist die starke Korrosionsanfälligkeit der Schwellen, die auch zu stärkeren Schäden am Gleis führen kann. Einzig eine Sonderbauform von Stahlschwellen wird heute noch eingesetzt. Die sogenannten Y-Schwellen bieten Vorteile bei der Gleislage in engen Bögen. Dabei übernehmen die Schwellen einzig die Aufgabe die Spur zwischen den Einzelunterstützungen aus Beton zu halten.



**Abb. 25** Aufgearbeitete Stahlschwellen. Die aufgeschweißten Schienenbefestigungspunkte sind gut zu erkennen

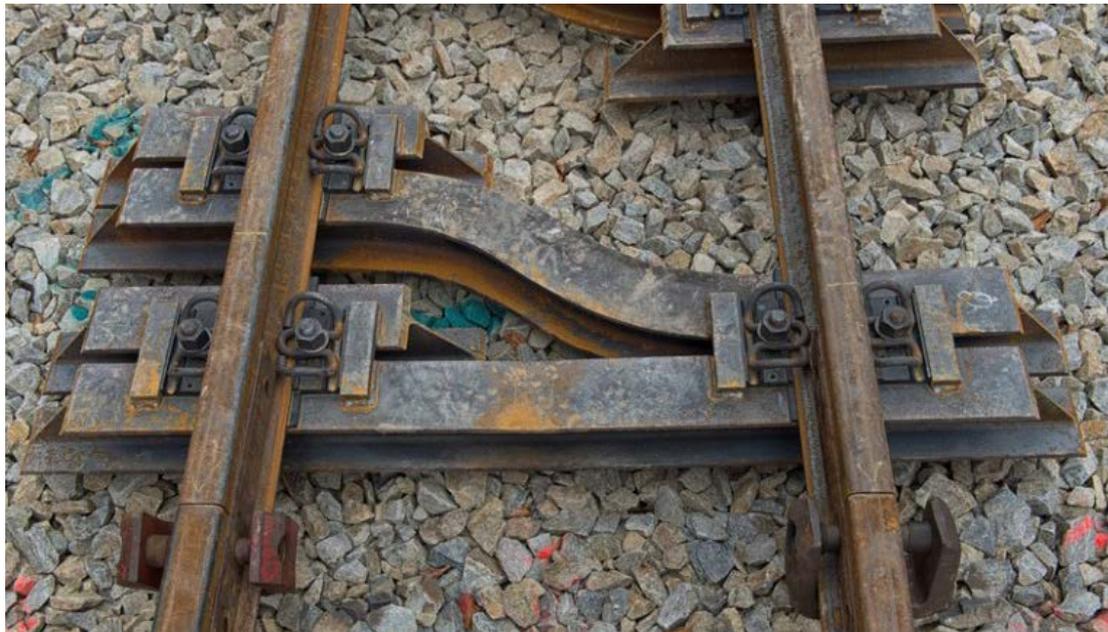


Abb. 26 Y-Schwelle der Mariazellerbahn während Gleisbauarbeiten

**Kunststoffschwelle** gibt es grundsätzlich schon sehr lange. Erste Schwellen aus Kunststoff sind seit den 1980er Jahren im asiatischen Raum bekannt. In Europa konnte sich diese Form nicht durchsetzen. Erst seit dem Jahr 2004 werden in Deutschland sehr vereinzelt Kunststoffschwelle eingesetzt. Diese Schwelle bestehen aus Glasfasern und Polyurethanschaum. Sie haben nahezu dieselben Eigenschaften wie eine herkömmliche Holzschwelle. Zusätzlich sollen Kunststoffschwelle eine höhere Biege- und Druckfestigkeit besitzen, auch wurde eine längere Lebensdauer (ca. 50 Jahre) prognostiziert. Ab dem Jahr 2018 ist in der EU das Imprägniermittel für Eisenbahnschwelle (Kreostöl) verboten. Kunststoffschwelle könnten diese Lücke dann schließen. Da aber noch keine langjährigen Erfahrungswerte vorliegen, kann noch kein Fazit über die wirklichen Vor- und Nachteile von Kunststoffschwelle gebildet werden. [Jahnke, 2016, S.63f]



Abb. 27 Kunststoffschwelle neben Stahlbetonschwelle

**Gleisragwerke** aus Stahl oder Beton sind aufwendig zu bauen. Die Vorteile sind die extrem hohe Belastbarkeit sowie die Gewährleistung einer hohen Laufruhe der Fahrzeuge. Gleisragwerke aus Stahl findet man auf sämtlichen längeren Stahlbrücken. Tragwerke aus Beton finden sich bei Straßenbahnstrecken im Stadtgebiet und bei Hochgeschwindigkeitsstrecken. [vgl. Kerber, 1999[1996], S.44ff]

#### **3.4.4 Gleisbett**

Das Gleisbett hat beim Eisenbahnbetrieb eine besondere Aufgabe. Die von Schienen und Schwellen übertragenen Kräfte müssen vom Gleisbett möglichst schonend und gleichmäßig auf den Unterbau übertragen werden. Diese enorm hohen Kräfte verlangen vom Gleisbett eine hohe Elastizität und erfordern durch die Belastungswechsel auch die Möglichkeit von Lagekorrekturen des Gleises. Diese sind durch die Verlegung in einem Schotterbett möglich und für einen sicheren Bahnbetrieb unumgänglich. Dafür stehen sogenannte Richtmaschinen für die horizontale Bearbeitung und Stopfmaschinen zur vertikalen Bearbeitung zur Verfügung. Seit Einführung der „unendlich“-langen Schiene kommt dem Gleisbett eine große Bedeutung zu, sie muss wasserdurchlässig sein und das anfallende Wasser so schnell als möglich in Entwässerungsanlagen des Unterbaus weiterleiten. Der Vorteil der Schotterbettung liegt darin, dass die Verteilung der Druckkräfte sehr schonend erfolgt und damit der Unterbau geschont wird. Als Material hat sich gebrochenes Gestein auf der ganzen Welt durchgesetzt. Der Schotter bildet durch die scharfen Kanten ein sehr stabiles und elastisches Ganzes, in die sich die Schwellen sehr gut einfügen können. Durch den großen Hohlraumanteil des Schotters kann das Wasser sehr schnell abgeführt werden und die Trocknung nach einem Niederschlag erfolgt ebenso rasch. Das Wasser kann sich in keiner Form halten. Das Gesteinsmaterial muss witterungsbeständig, druck- und abriebfest sein. Es darf auch durch große Temperaturunterschiede nicht in Mitleidenschaft gezogen werden. Dafür haben sich mehrere Gesteinsarten über Jahre hinweg bewiesen: Basalt, Diabas, Quarzporphyr, Grauwacke, Diorit, Syenit, Quarzit und Granit werden je nach regionalem Vorkommen dafür abgebaut. [vgl. Kerber, 1999[1996], S.52ff]

#### **3.4.5 Oberleitung**

Die Oberleitung stellt den fünften und einzigen nicht notwendigen Teilbereich des Oberbaus dar. Nachfolgend ein kurzer Einblick in die Entwicklung des elektrischen Betriebs von Eisenbahnstrecken. Der elektrische Betrieb stellt in der Geschichte der Eisenbahn wohl eine der bedeutendsten Fortschritte der Technik dar. Erst die Entwicklung des elektrodynamischen Prinzips im Jahr 1828 durch die Firma Siemens schaffte die Grundlage für die Entwicklung von Elektromotoren zum Antrieb von Maschinen aller Art. Es gab auf der ganzen Welt verschiedene Entwicklungen zum Antrieb von Eisenbahnfahrzeugen mit Elektromotoren. Der Erfolg war jedoch nur sehr mäßig vorhanden, kaum ein Fahrzeug funktionierte wie gewünscht. Erst im Jahr 1878 gelang es dem Ingenieur Henning Wesslau im Auftrag von Siemens eine Lokomotive mit einem Gleichstrommotor auszustatten, der die notwendige Zuverlässigkeit garantierte. Das Kuriose bei diesem Fahrzeug war allerdings, dass die Energie für die Motoren von einem Dynamo erzeugt wurde, der durch eine Dampfmaschine angetrieben wurde.

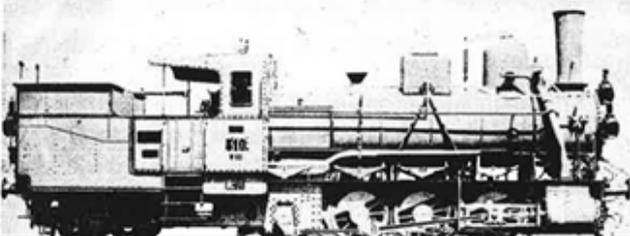
Im Jahr 1879 stellte Siemens auf der Industrieausstellung in Berlin eine Form dieser Lokomotive aus. Auf einer 3 km langen Rundkursstrecke mit einer Spurweite von 490 mm lief das Fahrzeug während der Ausstellung problemlos. Die Stromversorgung von 150V wurde nahezu ident wie bei späteren Modelleisenbahnprinzipien über einen Schleifkontakt in der Mitte des Gleises realisiert. Den zweiten Pol bildeten die beiden Schienen. Im Nachhinein betrachtet kann es als Wunder gewertet werden, dass während der Ausstellung keiner der 90.000 Fahrgäste durch den ungesicherten Stromkreis verletzt worden ist. Die weitere Entwicklung auf diesem Sektor geschah äußerst schleppend und so gab es nur ein paar Versuche, Bahnen elektrisch zu betreiben. Diese beschränkten sich auf Versuche mit Stromschienen auf Industriebahnen und nichtöffentlichen Strecken. Erst im Jahr 1894 wurde das Prinzip der heutigen Oberleitungen mit einem Schleifbügel und frei aufgehängten Oberleitungen entwickelt. Kurz vor der Jahrhundertwende um 1900 gab es vier verschiedene Varianten der Stromversorgung

- Stromversorgung über Stromschiene in der Mitte des Gleises und über beide Schienen
- Schleppkabel (dabei gab es jedoch das Problem der Streckenlänge)
- Stromschiene seitlich
- Frei hängende Stromleitung mit Abnahme über Schleifbügel

Die Stromabnahme über Schleppkabel schied sehr schnell wegen der geringen Reichweite wieder aus. Die Variante mit Stromschiene in der Mitte der Gleise wurde wegen des starken Gefahrenpotenzials ähnlich schnell ausgeschieden. Die vielversprechendsten Versuche wurden mit seitlich liegenden Stromschienen (diese Technik wird nahezu ausschließlich bei U-Bahn Strecken eingesetzt) und hochgespannten Stromleitungen erzielt. Vor allem im kohlearmen und wasserreichen Gebieten gab es fortan Bemühungen seitens der Eisenbahnverwaltungen Strecken zu elektrifizieren. Es gab auch heftigen Widerstand, zum einen aus der Bevölkerung, zum anderen durch verschiedene Industrieunternehmen die die Wasserkraft zur Stromerzeugung für sich selbst beanspruchen wollten. [vgl. Kerber, 1998, S.110ff] Bis zur flächendeckenden und großzügigen Elektrifizierung von Eisenbahnstrecken sollte noch etwas dauern. Im Jahr 1927 erschien in der Zeitschrift „Die Lokomotive“ ein Artikel der der Elektrifizierung sehr skeptisch gegenübersteht: [vgl. Verein der Eisenbahnfreunde in Lienz, 2013, S.1]

### Jeder elektrische Leitungsmast ist ein Galgen für die Dampflokomotive

Wie sehr man in vergangenen Jahrzehnten Dampflokomotive geschätzt hat, kann man aus einem in der Zeitschrift „Die Lokomotive“ (24. Jahrgang, Heft Nr. 7 aus dem Jahre 1927) erschienenen Artikel, der aus Anlass der Vollelektrifizierung in Tirol (\*) verfasst worden ist, schließen. Darin heißt es unter anderem „... **als in wenigen Monaten die letzten Tiroler Dampflokomotiven bald am elektrischen Draht standrechtlich dem Tode verfallen sein werden, jeder elektrische Leitungsmast ist ein Galgen für die Dampflokomotive**“. \*) Ausnahmen: Der elektrische Betrieb im Pustertal wurde am 28. Mai 1989 aufgenommen. Die Bahn Reutte – Pfronten und in das Zillertal wird mit Dieseltriebfahrzeugen befahren und am Achensee dampft es heute noch.



Für die Arlbergbahn konstruiert und gebaut – Dampflokom 510 – Baujahr 1884 – und inzwischen schon längst verschrottet

Abb. 28 Rückblick in eine vergangene Zeit

Nach Erfolgen bei Straßenbahnen und kurzen Lokalbahnen waren die großen Elektrokonzerne rund um Siemens bestrebt, diese Technik auch auf Eisenbahnstrecken auszuweiten. Zunächst beschränkten die Konzerne ihre Forschungen ausschließlich auf Gleichstrom. Für die Leistungen der einzelnen Fahrzeuge waren dadurch jedoch sehr beschränkt und ein Einsatz bei längeren und leistungsstarken Eisenbahnstrecken nicht möglich. Um die Jahrhundertwende 1900 beschäftigte sich die Eisenbahnindustrie auch mit Einphasenwechselstrom. Dieser brachte zwei Vorteile mit sich, die für den elektrischen Betrieb einer Eisenbahnstrecke von Nöten waren. Der Einphasenwechselstrom ist transformierbar und die Oberleitung besteht aus nur einem Fahrdrabt. Damit ist ein sicherer Betrieb möglich. [vgl. Kerber, 1998, S.112f]

Vor allem aus österreichischer Sicht interessant ist in diesem Zusammenhang die Mariazellerbahn von St. Pölten nach Mariazell. Die Strecke gilt als eine der ersten elektrisch betriebenen Bahnstrecken der Welt (Kapitel 3.2). Der elektrische Betrieb auf der Mariazellerbahn wurde im Jahr 1911 aufgenommen. Es gab zu dieser Zeit noch keine Erfahrungen mit derartig langen und

leistungsintensiven Bahnstrecken. Die beim Bau und Betrieb gewonnenen Erfahrungen trugen maßgeblich zur Elektrifizierung weiterer Bahnstrecken bei.

### **Masten**

Die Masten der Oberleitung können aus unterschiedlichen Materialien (Holz, Beton oder Stahl) bestehen und sehen je nach Einsatzort auch etwas anders aus. So unterscheidet man grob zwischen „Turmmasten“ und „Einzelmasten“. **Turmmasten** findet man hauptsächlich in großen Bahnhöfen und entlang größerer Weichenstraßen. Sie sind jeweils am Rande situiert und mit sogenannten Quertragwerken verbunden die die Oberleitung tragen. Diese Form wird nur mehr selten verbaut, da die Konstruktion aufwendiger ist und im Falle einer Beschädigung alle Gleise nebeneinander nicht befahrbar sind.

**Einzelmasten** finden sich nahezu überall. Der Name Einzelmast kommt daher, dass der Mast den Fahrdraht an genau einem Punkt fixiert. Aufgrund ihrer simplen Bauweise wird auch bei langen Weichenstraßen immer mehr dieser Art der Vorzug gegeben. Die dabei entstehenden „Masten-Wälder“ haben einen entscheidenden Vorteil. Bei Beschädigung der Oberleitung an einer Stelle, bleiben alle anderen Gleise meist verschont und der Betrieb kann auf den nicht betroffenen Gleisen weiterlaufen. Die Masten werden aus Beton und Stahl gefertigt. Gittermastkonstruktionen oder Masten aus alten Schienen gehören mittlerweile der Vergangenheit an und sind auch kaum mehr zu sehen. Einzig Holzmasten erleben zum Teil eine Renaissance. In stark Lawinengefährdeten Gebieten, zum Beispiel in der Schweiz, werden auch heute noch Masten aus Holz wegen ihrer Flexibilität gerne verwendet. Sonst findet man derartige Masten noch auf einigen Lokalbahnen oder Straßenbahnstrecken.



Abb. 29 Turmmast, Stahlmast, Betonmast und Holzmast

Zusammen mit einigen anderen Bauteilen wie Radspannwerken zur Spannung des Fahrdrahtes und Doppelauslegern zur Fahrdrahtaufhängung gibt es noch unzählige Unterbauarten von Masten, wie zum Beispiel Abspannmasten, Weichenmasten und viele andere. Auf deren Vorstellung wird wegen ihrer Komplexität an dieser Stelle verzichtet.

### ***Fahrdraht***

Der Fahrdraht stellt die unscheinbarste Komponente im Oberbau dar. Von kaum jemanden beachtet ist das kein gewöhnliches Drahtseil. Der Fahrdraht wird aus Kupfer hergestellt und hat eine Rillenform. Daher wird dieser Kupferdraht auch in der Fachsprache oft als Rillenfahrdraht bezeichnet. Dieser Rillenfahrdraht hat grundsätzlich einen runden kreisförmigen Querschnitt. In der oberen Hälfte sind links und rechts zwei V-förmige Rillen eingewalzt, sodass dort die Klemmen zur Montage der Fahrleitung befestigt werden können. Durch diese Form ist es möglich die Berührung der Befestigungselemente mit dem Stromabnehmer zu vermeiden. Es gibt unterschiedliche Stärken des Rillenfahrdrahtes, von  $80 \text{ mm}^2$  bis  $120 \text{ mm}^2$  Querschnittsfläche, je nach Streckenhöchstgeschwindigkeit. Zusammen mit den Tragseilen ergibt sich pro Kilometer Oberleitung Durchschnittlich ein Gewicht von ca. 1,4 Tonnen.

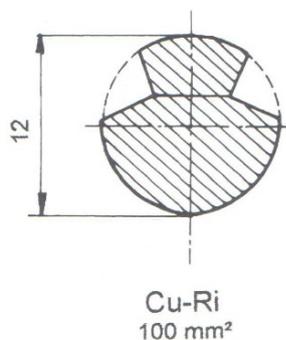


Abb. 30 Querschnitt Rillenfahrdraht mit einer Querschnittsfläche von  $100 \text{ mm}^2$

### ***Bauarten von Fahrleitungen***

- **Einfachfahrleitung**  
Die Einfachfahrleitung findet auch heute noch ihren Einsatz, vor allem bei Straßenbahnstrecken und Lokalbahnen mit geringer Höchstgeschwindigkeit. Diese Art der Fahrleitung wird entweder direkt am Ausleger des Oberleitungsmastes oder mit Tragseilen an Gebäuden befestigt. Der Fahrdraht wird dabei mit entsprechenden Klemmen befestigt. Dabei entsteht eine Linie, in der Mathematik wird diese auch Kettenlinie genannt. Das bedeutet in der Praxis, dass die Zugkräfte in den Aufhängepunkten (nicht linear) ansteigen je stärker der Fahrdraht gespannt wird.
- **Kettenfahrleitung**  
Sie stellt bei Vollbahnen die am häufigsten verwendete Art dar. Die Kettenfahrleitung ist genaugenommen eine Weiterentwicklung der Einfachfahrleitung. Durch die höhere Fahrgeschwindigkeit und den damit verbundenen höheren Belastungen im Vergleich zu Lokal- und Strassenbahnen würde es bei Vollbahnen zu Kontaktunterbrechungen und Beschädigungen des Fahrdrahtes kommen. Da der Stromabnehmer durch seine Trägheit den Höhenänderungen des Fahrdrahtes nicht nachkommen könnte. Daher gibt es bei einer Kettenfahrleitung ein Tragseil, um den Fahrdraht möglichst parallel zum Gleis zu halten und den Durchhang zu minimieren. Der Fahrdraht wird dabei mit Hängeseilen am Tragseil aufgehängt.

Für den Betrieb von großer Wichtigkeit ist das sogenannte Zick-Zack von Fahrleitungen. Dieses Zick-Zack ist bei allen Fahrleitungen notwendig damit sich das Schleifstück (zumeist aus Kohlenstoff) des Stromabnehmers nicht in die Fahrleitung einschleift:

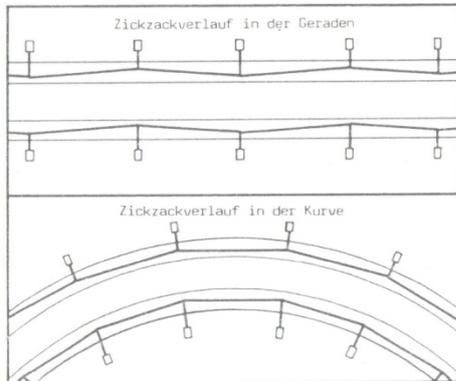


Abb. 31 Schematische Darstellung des Oberleitungs-„Zick-Zack“

### ***Funktionsweise der Oberleitung***

Zur Verdeutlichung der Funktionsweise von Oberleitungen sei das Prinzip kurz zusammengefasst. Auf den Fahrzeugen befinden sich Stromabnehmer, die den Kontakt mit der Oberleitung oder der Stromschiene herstellen. Der Stromabnehmer wird dabei mit einem Anpressdruck von ungefähr 8 kg gegen den Fahrdraht gedrückt, um einen unterbrechungssicheren Kontakt zu gewährleisten. Die Schienen werden dabei als Rückleiter (zweiter Pol) verwendet und schließen sozusagen den Stromkreis. Zum Vergleich, bei O-Bussen (die rechtlich gesehen in Österreich auch als Eisenbahnfahrzeug zählen) ist ein zweiter Fahrdraht notwendig. Nachfolgend ein Schaubild eines Stromabnehmers:

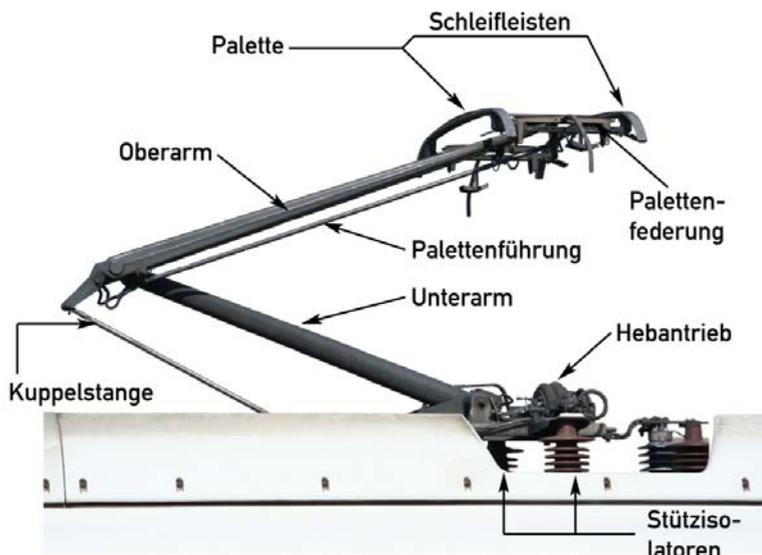


Abb. 32 Stromabnehmer mit Bezeichnungen der einzelnen Komponenten

Normal kaum zu sehen, da in der Erde vergraben bzw. mit Schotter abgedeckt sind die Rückleiter (0-Leiter) der Schienen. Auf nachfolgendem Foto gut zu erkennen sind die Kupferleitungen, die mehrmals (zur Absicherung) mit den Schienen verbunden sind.



**Abb. 33 Rückleiter bei der Linzer Straßenbahn im Bereich der Trauner Kreuzung. Aufnahme während der Bauarbeiten am 03.10.2015**

### **3.5 Gleisbereich – Der Unterbau**

Neben dem Oberbau stellt der Unterbau die zweite wichtige Komponente im Eisenbahnbau dar. Als Unterbau bezeichnet man die Konstruktionen die die Kräfte vom Oberbau aufnehmen, verarbeiten bzw. umwandeln. Neben klassischen Formen des Erdbereichs wie Geländegleiche, Bahndamm, Einschnitt und Anschnitt gibt es auch eine Reihe von Kunstbauten wie Stützmauern, Brücken, Viadukte und Durchlässe. Aufgrund des Umfangreichtums dieser Bauten beschränken wir uns an dieser Stelle auf die wichtigsten und für den Modellbau relevantesten Formen.

Sämtliche Unterbaukonstruktionen sind dazu da die durch den Oberbau übertragenen Kräfte sicher aufzunehmen. Um den später darauf ruhenden Oberbau eine sichere Lage zu gewährleisten bildet die Grundlage des Unterbaus immer eine geebnete Fläche. Diese Fläche auf denen der Oberbau errichtet wird bezeichnet man auch als Planum. Sie ist, um das anfallende Wasser möglichst rasch abzuleiten immer pultförmig geneigt. In den letzten Jahren hat man damit begonnen als oberste Schicht des Unterbaus eine Asphaltdeckschicht zu errichten. Die Eisenbahntrasse ist sozusagen zuerst einmal eine „Straße“. Der Grund für diese Asphalttschicht ist relativ simpel, dadurch kann das anfallende Wasser sehr kontrolliert in die dafür vorgesehenen Schächte und Kanäle geleitet wird.

**Geländegleichen** findet man nahezu auf allen Arten von Bahnhöfen. Eisenbahnstrecken im Flachland werden auch, wenn es meistens kaum ersichtlich ist, immer auf einem Bahndamm angelegt. Ganz wichtig bei Geländegleichen ist die Ableitung des Wassers das durch den Oberbau durchgelassen wird. In Bahnhöfen gibt es daher eine große Anzahl von Sickerschächten und Drainagen die das Wasser in den Kanal ableiten. Diese Einrichtungen sind weitgehend unterirdisch angelegt und so für den Betrachter von außen kaum zu erkennen.

Der **Bahndamm** ist die bekannteste Form des Unterbaus. Er dient der möglichst neigungsfreien Gradientenführung der Bahnstrecke durch das Gelände. Je unterschiedlicher das Gelände ist, desto höher werden Bahndämme aufgeschüttet. Es wird auch hier versucht die zu bewegendenden Erdmassen so gering als möglich zu halten. Folgendes Beispiel stellt die zu bewegendenden Massen sehr gut dar. Bahndämme sind immer trapezförmig angelegt. Ein etwa 2 m hoher Bahndamm einer eingleisigen Strecke ist am Boden ca., 7,5 m breit. Das heißt, dass pro Meter Bahndamm  $11,5 \text{ m}^3$  Erdreich bewegt werden müssen.

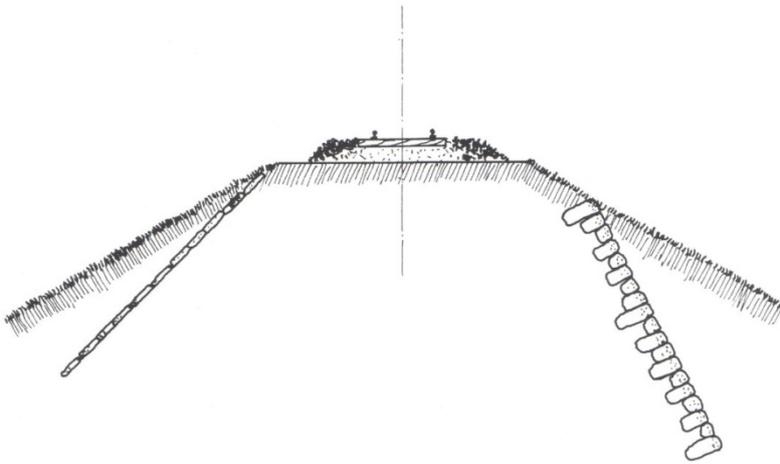


Abb. 34 Querschnitt eines Bahndamms

**Einschnitt und Anschnitt** stellen die Form des Unterbaus in stärker geneigten Gebieten dar. Während der Anschnitt hauptsächlich im gebirgigen Gebieten zum Einsatz kommt findet man den Einschnitt im flacheren Hügelland.

Da ein Großteil der heutigen Eisenbahnstrecken vor rund 100 Jahren errichtet wurde und zu dieser Zeit die technischen Möglichkeiten und der Maschinenpark noch nicht im heutigen Ausmaß zur Verfügung standen, mussten andere Lösungen gefunden werden. Eine Lösung davon ist der eben erwähnte Anschnitt, dabei werden die Erdmassen aus einem Teil des Hanges herausgelöst und gleichzeitig zum Anschütten der Bahntrasse verwendet. Es wurde beim Bau versucht, das Verhältnis zwischen Aushub und Anschüttung möglichst gleich zu halten um die Massen nicht abtransportieren zu müssen. Im Gegensatz zum Anschnitt müssen beim Einschnitt sämtliche ausgehobene Erdmassen abtransportiert werden und es müssen jeweils links und rechts der Gleistrasse Entwässerungsgräben angelegt werden um auch das anfallende Wasser abzutransportieren. Oftmals ist in Verbindung von Ein- und Anschnitten auch der Bau von Kunstbauten wie Stützmauern notwendig, die einerseits zur Absicherung des Geländes dienen und andererseits den Querschnitt des auszuhebenden Materials verringern. [vgl. Kerber, 1999[1996], S.76ff]

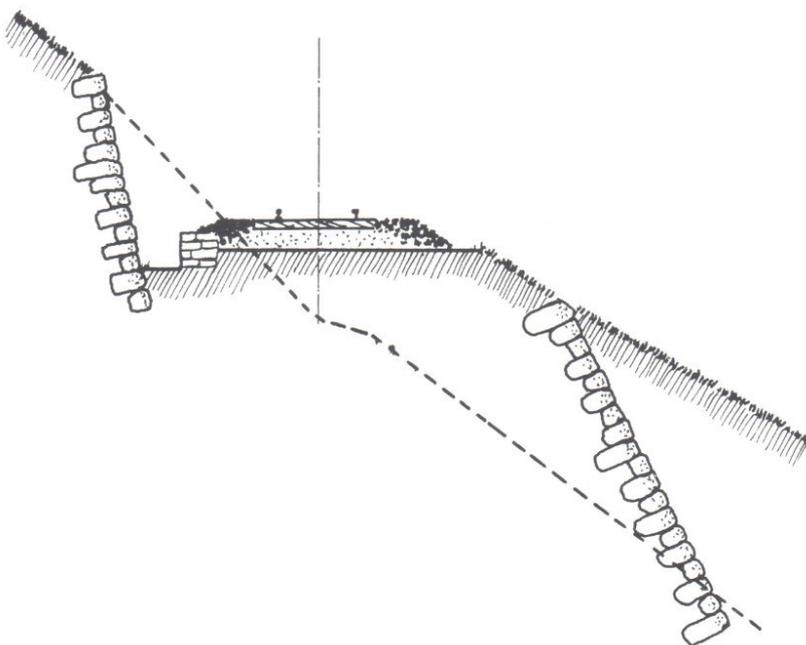


Abb. 35 Querschnitt eines Geländeanschnittes

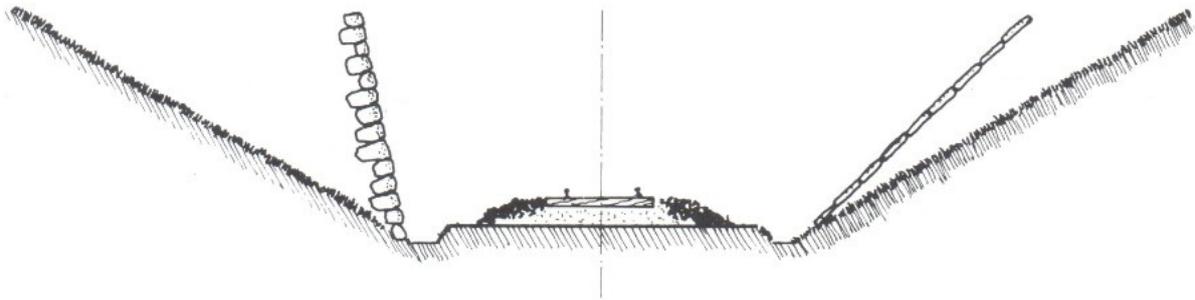


Abb. 36 Querschnitt eines Geländeeinschnittes

### 3.6 Eisenbahnbegriffe

Neben vielen hier schon erwähnten Eisenbahn-Fachbegriffen gibt eine noch eine Reihe anderer Bezeichnungen, die unmittelbar mit dem Eisenbahnbetrieb zu tun haben. Oftmals werden Eisenbahnbegriffe von Medien auch in falschem Zusammenhang verwendet. Folgend nun eine Übersicht von häufig vorkommenden Begriffen und deren Erklärung:

- Schubreserve: Planmäßig eingesetzte Schublokomotive
- Steuerwagen: Antriebsloser Eisenbahnwagen mit einem Führerstand, von dem die nicht an der Zugspitze gereichte Lokomotive gesteuert werden kann.
- Triebwagen: Angetriebenes Fahrzeug, das Platz für Fahrgäste oder Fracht bietet und im Unterschied zu Lokomotiven aus einer fixen Einheit besteht.
- Triebfahrzeug: Angetriebenes Fahrzeug (Lokomotive, Triebwagen, ...)
- Zugführer: Schaffner bzw. Zugchef
- Triebfahrzeugführer: Lokführer
- Dosto: Kurzbezeichnung für einen Doppelstockzug
- Tandem: Lokomotivgespann, das von der führenden Lokomotive aus gesteuert wird.
- Doppel bzw. Mehrfachtraktion: Jedes Triebfahrzeug ist mit einem Lokführer besetzt.

## 4. Modellbahnanlage

Nahezu alle modelleisenbahnbegeisterte Personen und viele Besucher von Modelleisenbahnanlagen träumen von Zugsgarnituren, die durch eine grüne abwechslungsreiche Landschaft, über tiefe Schluchten, unzählige Tunnels und große Bahnhöfe fahren. Grenzen sind nur durch das eigene Vorstellungsvermögen gesetzt. Züge und andere Fahrzeuge in einer ansprechenden Umgebung bzw. Modelllandschaft fahren zu lassen, bedeutet zunächst den Aufbau eines dementsprechenden Geländes mit einem dafür geeigneten Unterbau. Spätestens bei dieser Thematik trifft die grenzenlose Phantasie auf die (pragmatische) Realität der Umsetzung. Damit konfrontiert kommen alle Modellbahner wieder auf den Boden der Tatsachen zurück und müssen sich die Frage stellen, ob sie das überhaupt selbst bewerkstelligen können. Ist einmal das Anlagenthema und das Anlagenkonzept definiert und der Gleisplan erstellt, geht es um die Aufstellung und den Bau der Modelleisenbahnanlage. In den folgenden Kapiteln Anlagenkonzepte, Unterbau, Baumaterial, Werkzeug und Technik wird der Modelleisenbahnanlagenbau beleuchtet. Die folgenden Kapitel liefern keine kompletten Baupläne für konkrete Anlagen. Dass ist auch nicht der Sinn, denn jeder Entwurf einer Modelleisenbahnanlage beinhaltet die individuellen Anforderungen des jeweiligen Erbauers. Außerdem sind die räumlichen Gegebenheiten verschieden und nicht miteinander

vergleichbar. Es sollen daher vielmehr die wichtigsten Konstruktionsformen, Lösungen, Anwendungsmöglichkeiten und Erfahrungen dokumentiert und vorgestellt werden. Eine Modelleisenbahn ist eine erhebliche finanzielle und lebenszeitliche Investition, sowie eine Beschäftigung auf viele Jahre. Die Modelleisenbahn soll daher die Modelleisenbahnerin und den Modelleisenbahner erfreuen und nicht ein sperriges Monster sein.

## 4.1 Anlagenkonzepte

Eine der interessantesten und spannendsten Tätigkeiten beim Modellbahnbau ist die Planung einer Anlage. Dabei ist es kaum von Belang, ob es sich dabei um eine komplette Anlage, um ein Segment oder ein Diorama handelt. Es gibt viele Methoden, eine Anlage zu planen, mit Hilfe von Computerprogrammen oder ganz klassisch mit Zeichenschablonen auf einem großen Bogen Papier oder in einem verkleinerten Maßstab. Ausgangspunkt jeder Anlage ist im Normalfall eine einfache Bleistiftzeichnung (Skizze) per Hand. In vielen Fällen steht zu Beginn kein konkretes gedankliches Konzept zur Verfügung, sondern es ist ähnlich der Malerei bei der ein Bild entsteht. Die zur Verfügung stehende Raumfläche gleicht der Größe der Leinwand eines Malers. Mit der Zeit entsteht ein vollständiges Werk bzw. eine vollständige Planung, der unzählige Skizzen und Entwurfsvarianten vorausgegangen sind. Viele Anlagenpläne entstehen aus der reinen Fantasie, andere sind teils an Vorbildschauplätze angelehnt. Bei Entwürfen, die an das Vorbild angelehnt sind, wird schnell das wahre Ausmaß der nur annähernd realitätsbezogenen Bahnanlagen erkennbar. Anlagenpläne weisen große Flexibilität auf, so dass es auch hilfreich sein kann, bereits bestehende Pläne aus einschlägiger Literatur zu studieren und Teile davon für den eigenen Gebrauch auszuwählen und neu zu kombinieren. Möglicherweise ist auch nur ein kleines Detail enthalten, welches als Anregung für andere Lösungen herangezogen werden kann.

Folgende Quellen können hilfreich sein:

- Brandl, J., Rittig, F., Spenger, W. (2005). Eisenbahn Journal. Mit Josef Brandl ins Mittelgebirge. Fürstenfeldbruck: Verlagsgruppe Bahn
- Thamm, H., Scholz, H. (2007). Eisenbahn Journal. Abenteuer Alpenbahn. Brenner, Arlberg, Tauern in HO: Wie eine Hochgebirgs-Anlage entsteht. Fürstenfeldbruck: Verlagsgruppe Bahn
- Peter, M., Peter, I. (2015). Anlagen-Varianten. Modellbahnpläne nach Vorbild und Fantasie. Fürstenfeldbruck: Miba
- Alkofer, S. et al. (2011). Modelleisenbahn Das große Gleisplan-Buch. Vorbildliche Anlagenentwürfe für alle Spurweiten. Königswinter: Heel

Nahezu jeder Modellbahnbegeisterte träumt von einer imposanten Anlage auf der die Zugsgarnituren verkehren und damit ein Abbild der „echten großen“ Eisenbahn darstellen. Das Konzept einer Anlage sollte daher wohl durchdacht sein. Ein Fehler ist die Eintönigkeit des Gleisplans. Oftmals wird darüber auch in Fachzeitschriften berichtet, dass einzig der Bau der Anlage interessant sei. Dieses Argument ist jedoch offensichtlich wenig durchdacht. Ist eine Anlage nach Fertigstellung wenig attraktiv, dürfte beim Anlagenkonzept bzw. beim Gleisplan etwas schief gegangen sein.

Auf die Frage, welche Anlagenform bzw. welche Konzepte interessant bzw. variantenreich sind, muss jeder für sich selbst recherchieren und sich die Antwort selbst geben. Vor allem in den letzten Jahren haben sich neue Möglichkeiten durch Weiterentwicklung der Digitaltechnik eröffnet. Wie auch die reale Welt, unterliegt auch die „Miniaturwelt“ einem stetigen Wandel der Ideale.

[vgl. Langer, 2003, S.14ff]

### **4.1.1 Anlagenformen**

Die folgenden Beschreibungen von Anlagenformen und Konzepten soll einen Überblick bieten und Erfahrungen und Beobachtungen aus dem Modellbahnbereich festhalten.

#### ***Das Oval:***

Das Oval bzw. den Kreis kennen alle, die als Kind einmal eine Modelleisenbahnstartpackung bekommen haben. Sie machten mit einem Oval die ersten Erfahrungen. Die meisten „Ovale“ besitzen auch noch ein Ausweichgleis und das eine oder andere Abstellgleis. Damit können die einfachsten Grundlagen des Eisenbahnbetriebs erlernt werden. Das Wichtigste an diesem Konzept ist: Die Züge können fahren und es kann ein wenig rangiert werden. Mit einfachsten Mitteln kann das Oval durch Weichen und Schienen beliebig erweitert werden, also um Ausweichgleise und Abstellgleise ergänzt werden. Erste große Erweiterung dieses Konzepts erfolgt durch den Ausbau von eingleisig auf zweigleisig. Ab dann können mehrere Züge gleichzeitig und parallel betrieben werden ohne sich zu tangieren. Erste elementare Gemeinsamkeiten mit internationalen Hochleistungsstrecken werden sichtbar

(z.B. Westbahn). Diese Anlagenform macht zu Beginn viel Spaß. Jedoch wird nach einiger Zeit sichtbar, dass jeder Zug nach einer Runde wieder genau gleich am Ausgangspunkt steht.

#### ***Konzept „Hundeknochen“***

Unter dem Namen Hundeknochen kann man sich im ersten Augenblick wohl kaum etwas vorstellen. Diese Form ist sehr häufig bei Anlagenkonzepten zu finden. Wie kommt es zu dem Namen Hundeknochen? Vereinfacht gesagt geht man von einem zweigleisigen Grundoval aus. Um eine zweigleisige „Paradestrecke“ zu erreichen drückt man den „Mittelteil“ flach zusammen. Das Ergebnis ist ein Gleisplan der einem Knochen ähnelt. Der klassische Hundeknochen besitzt in der Mitte einen Hauptbahnhof und an zumindest einer der Seiten des Knochens einen weiteren Bahnhof (oder Schattenbahnhof). Eine Anlage dieser Form kann von einer Person im Sinne einer Hauptstrecke betrieben werden. Züge können auf die Strecke geschickt werden und im „zweiten“ Bahnhof abgestellt werden, um zu einem späteren Zeitpunkt wieder abgerufen zu werden. Dieses Konzept ist nahezu ideal für die Realisation eines Betriebes im Stile der Epochen IV und V in der es neben klassischen Personenzügen und Güterzügen auch Triebwägen und Wendezüge gibt, die zwischen den Bahnhöfen pendeln. Bei einer ausreichenden Streckenlänge ist hiermit abwechslungsreicher Modelleisenbahnbetrieb ähnlich dem Vorbild möglich. Weiters ist dieses Konzept auch für die Steuerung durch zwei (oder mehrere) Personen geeignet. Jede Person übernimmt sozusagen die Aufgabe des Fahrdienstleiters in einem Bahnhof. Damit können die Zugsgarnituren zwischen den Bahnhöfen hin und her geschickt werden.

#### ***Haupt- und Nebenbahn***

Ein weiteres sehr beliebtes Konzept ist das der Haupt- und Nebenbahn. Neben einer zweigleisigen Hauptstrecke zweigt eine Nebenstrecke ab. Dies ermöglicht nicht nur die Abwicklung von Hauptbahnverkehr (lange Personenzüge, schwere Güterzüge) sondern bietet auch die Möglichkeit von idyllischem Nebenbahnverkehr und meistens viel Rangierbetrieb. Dieses Konzept stellt eine Erweiterung der beiden oben vorgestellten Konzepte dar. Es ist jedoch zu beachten, dass dieses Konzept in der Praxis nur schwer von einer Person zu betreiben ist. Der Hauptverkehr wird über die Hauptstrecke abgewickelt, damit spielt die Nebenstrecke nur mehr eine untergeordnete Rolle. Wird jedoch die Nebenbahn betont, rückt die Hauptstrecke in den Hintergrund. Diese Form ist für einzelne Personen bedingt geeignet, für Klubanlagen oder für mehrere „Mitspieler“ eine gute Wahl.

### ***Eingleisige Nebenbahn***

Kurz betrachtet scheint diese Betriebsform wohl unspektakulär und eintönig aus. Diese Form stellt den Eisenbahnbetrieb der Realität eigentlich am besten dar. Durch das Fehlen von Kehrschleifen oder ähnlichem ist gewährleistet, dass die Züge nicht um 180° gewendet wieder zurückkommen oder einfach wieder auf der anderen Seite des Bahnhofes einfahren. Die Fahrtrichtung des Zuges wird am Endbahnhof gewechselt. Die Endbahnhöfe erfordern bei lokbespannten Zügen das Umfahren des Zuges und ankuppeln der Lok an der anderen Seite des Zuges. Dieser Vorgang des „Umspannens“ der Lok kann auf mehrere Arten erfolgen und ist betrieblich gesehen ein Manöver, welches den Betrieb bereichert. Außerdem ist auch der Rangierbetrieb auf den eventuell engen Gleisanlagen sehr spannend und erfordert geplantes Vorgehen.

Dieses Konzept erfordert großes Engagement im Betrieb, ermöglicht aber durch die einfachen kleinen Bahnhöfe ein Maximum an Eisenbahnbetrieb. Außerdem ist die Errichtung einer solchen Anlage relativ einfach und mit geringem Aufwand verbunden, da eher wenig Weichen etc. verbaut sind und damit auch die „Hintergrund“-Technik überschaubar bleibt. Auch diese Form ist sowohl als Ein-Personen-Lösung als auch für mehrere Personen geeignet.

### ***Schattenbahnhof***

Da es bei einer Anlage nicht möglich ist, einen Großteil eines Eisenbahnnetzes darzustellen behilft man sich mit einem Schattenbahnhof; vergleichbar mit dem Backstagebereich einer Theaterbühne, aus der die einzelnen Darsteller und das Bühnenbild hervorgebracht werden. Ein Schattenbahnhof ermöglicht das Abstellen von Zugsgarnituren bis zu deren nächsten Einsatz an einem Ort der nicht unmittelbar eingesehen werden kann. Es ist als wäre der Zug zu einem entfernten Ziel abgefahren und kommt zu einem späteren Zeitpunkt wieder zurück. Das Abstellen von Zügen in einem Schattenbahnhof bringt noch weitere Vorteile mit sich. Die Züge und Fahrzeuge können zum einen „geschützt“ abgestellt werden und halten den Bahnhof und die restliche Anlage frei. Damit wirkt diese nicht überladen und der Betrachter erhält freien Ausblick auf die landschaftliche Gestaltung. Der Schattenbahnhof ist kurz gesagt ein „Speicher“ von Zugsgarnituren im Untergrund oder Hintergrund (Nebenraum, etc.). Ein paar Grundregeln müssen beachtet werden:

- **Simpler Aufbau**

Keine komplizierten Weichenstraßen. Gegenbögen und Zwischengeraden sollten vermieden werden. Es ist durchaus möglich den Bahnhof in einen Bogen zu legen. Damit wird die Betriebssicherheit enorm gesteigert und der Bahnhof ist nahezu wartungsfrei.

- **Leichte Erreichbarkeit**

Ein Schattenbahnhof sollte zwar grundsätzlich so viele Gleise wie möglich besitzen, da dadurch die Abwechslung im Betrieb maßgeblich bestimmt wird. Durch seine Situierung meist im Unter- oder Hintergrund sollte ein Schattenbahnhof im Falle eines technischen Problems (Entgleisung, Fahrzeugstörung, etc.) relativ einfach und problemlos zu erreichen sein. Daher gilt hier der Grundsatz „weniger ist mehr!“ Oft wird versucht nahezu den gesamten Untergrund mit Abstellgleisen anzufüllen. Die Erreichbarkeit ist dann jedoch neben unzähligen Kabeln und Klemmen nur mehr sehr schwer gegeben. Ein Schattenbahnhof sollte daher nach oben mindestens 20-25 cm „Luft“ besitzen. Die Anzahl der Gleise nebeneinander soll so gewählt werden, dass ein Eingreifen mit beiden Händen noch problemlos möglich ist.

- **Gleise unterschiedlicher Länge**

Im Zusammenhang mit der Menge an Gleisen sollte auch erwähnt werden, dass Gleise unterschiedlicher Länge einen Vorteil mit sich bringen. Nicht alle Zugsgarnituren sind gleich lang. Ein durchschnittlicher Schnellzug kommt in etwa auf eine Länge von rund 2,60 m

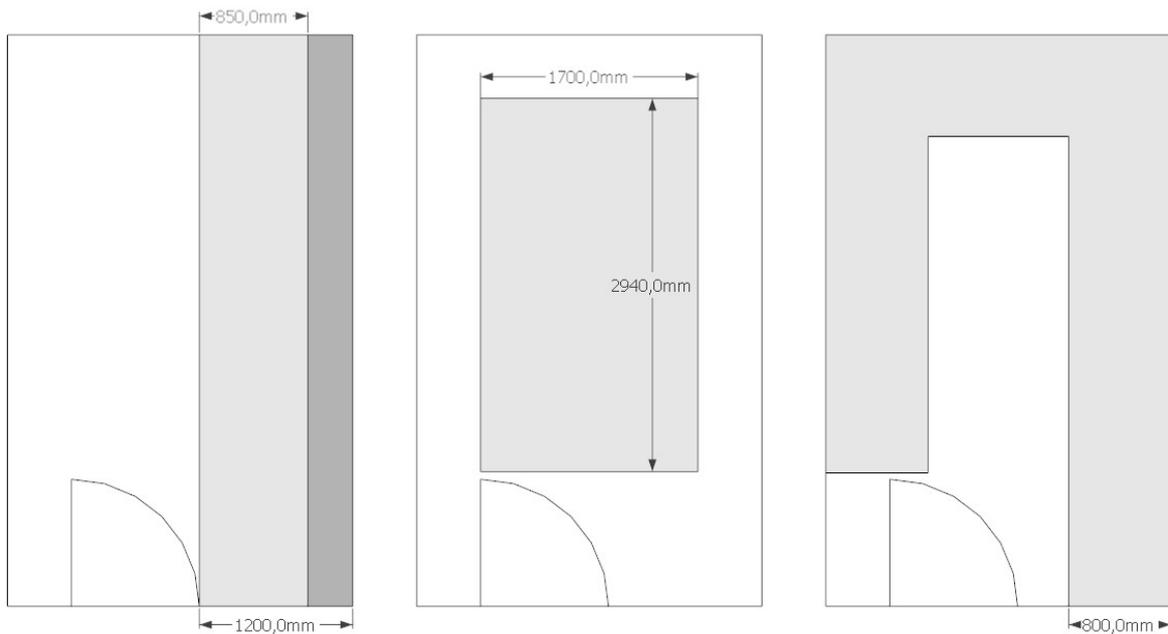
(Lok + 10 Wagen), ein Nahverkehrstriebwagen hat jedoch auch manchmal nicht mehr als 60 cm (z.B.: ÖBB Desiro Baureihe 5022). Es ist natürlich möglich Züge hintereinander abzustellen. Das wird auch beim Vorbild in der Realität so gehandhabt. Betrieblich schränkt dies natürlich ein. Als Lösung können Abstellgleise durch eine einfache Weichenverbindung geteilt werden und erlauben so auch das Ausfahren des hinteren Zuges.

Das sogenannte **Fiddle-Yard** ist eine Sonderform eines Schattenbahnhofs und hat seinen Ursprung von englischen Modelleisenbahnanlagen. Genau wie beim klassischen Schattenbahnhof ist auch dieses konstruktive Element immer im Hintergrund situiert und auf der Anlage klar von der Modelllandschaft abgetrennt. Eine Unterbringung im Untergrund ist daher wenig ratsam. Der Anlagenrand oder ein Nebenraum bieten hier sicher bessere Möglichkeiten. Klarer Unterschied ist, dass das Fiddle-Yard dazu dient, manuell einzugreifen und die Züge neu zusammenzustellen. Ein Fiddle-Yard ist deutlich platzsparender als ein klassischer Schattenbahnhof und wird nur von einer Seite aus angefahren. Vergleichbar mit einem Kopfbahnhof. Ein Fiddle-Yard kann auf mehrere Arten aufgebaut sein:

- **Parallele Gleise**  
Mehrere parallele Gleise die über eine Gleisharfe angefahren werden können. Oftmals ist diese Form in Trogform ausgeführt und die einzelnen Gleise sind austauschbare Acrylglasbehälter die eine platzsparende Lagerung von ganzen Zugsgarnituren ermöglichen.
- **Drehscheibe**  
Eine Drehscheibe am anderen Ende dient zum umfahren den Zuges und somit Wenden der Zugsgarnitur.
- **Schiebebühne**  
Die Abstellgleise sind als Schiebebühne ausgeführt und es gibt lediglich einen Gleisanschluss. Es kann immer nur ein Gleis seitlich zur Ausfahrt verschoben werden.
- **Loklift**  
Die neueste Form eines Fiddle-Yards ist ein sogenannter Loklift. Gleise sind übereinander angeordnet wie die einzelnen Kabinen eines Paternosters. Die einzelnen „Kabinen“ sind durchsichtige Acrylglasröhren die zum Transport oder zur Lagerung ausgehängt und ausgetauscht werden können. Zugsgarnituren können auf diese Weise sehr einfach und platzsparend gelagert werden.

#### 4.1.2 Platzproblem

Die Thematik Platz bzw. Raumausnutzung ist eine der schwierigsten und gleichzeitig interessantesten Themenstellungen im Bereich Anlagenbau. Wer möchte, findet auch im kleinsten Raum Lösungen. Als Anregung wird in den folgenden Betrachtungen von einem Raum bzw. Platz von rund 12m<sup>2</sup> ausgegangen wird. Die meisten Räumlichkeiten werden im Normalfall mehr Platz bieten. Es sind bei diesem einfachen Beispiel die grundlegenden Regeln sehr gut erkennbar. Man kann bereits den Variantenreichtum der verschiedenen Möglichkeiten von Anlagenformen erkennen. Das passende Anlagenkonzept dazu muss schließlich jede Person oder Gruppe für sich selbst aussuchen:



**Abb. 37 Beispiele A, B und C zum Thema Raumnutzung**

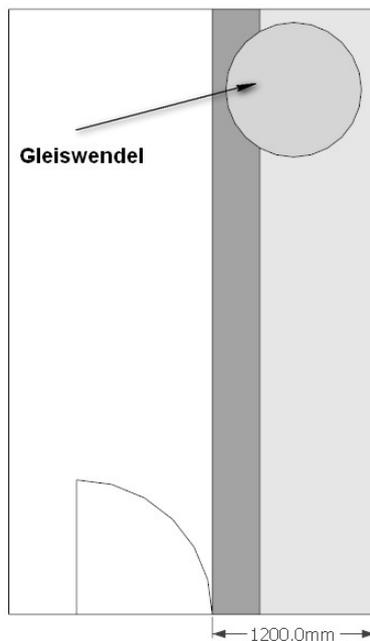
Wir betrachten im Beispiel einen Raum mit einer Länge von 4,5 m und einer Breite von 2,7 m. Die auf der Abbildung links dargestellte Variante stellt die größtmögliche Rechteckanlage mit den Maßen von 1,2 m x 4,5 m dar. Diese Werte wirken auf den ersten Blick ansprechend. Als nicht ganz unproblematisch erweist sich die Tiefe der Anlage von 1,2 m. Alles was mehr als 85 cm von der Anlagenvorderkante entfernt ist, kann nur sehr schwer erreicht werden. Weiters besteht die Gefahr beim Übergreifen den vorderen Teil durch Gewand oder den Körper durch Berührung zu beschädigen oder zumindest zu „Verrücken“. Zweite Möglichkeit ist die Positionierung der Anlage mitten im Raum. Auch hier sollte auf einige Punkte Rücksicht genommen werden. Bei dieser Variante ist die Anlagentiefe kein Problem, da von allen Seiten zugegriffen werden kann. Jedoch muss die Gangbreite rundherum beachtet werden. Diese sollte mindestens 50 cm betragen, im besten Fall sogar etwas mehr. Bei der auf der Abbildung ganz rechts dargestellten Variante ist die Anlage außen und der Gang in der Mitte. Ausgehend von einer Anlagentiefe von 80 cm hat diese Variante wohl die beste Raumausnutzung. Im Überblick ergibt sich nun folgendes Bild:

	Variante A	Variante B	Variante C
Anlagenfläche	5,40 m <sup>2</sup>	4,99 m <sup>2</sup>	7,25m <sup>2</sup>
Raumausnutzung	44,44 %	41,14 %	59,59%
Mittlere Länge	4,50 m	5,88 m	9,85 m

Der Begriff „mittlere Länge“ entspricht dem Mittelwert aus Länge der Vorderkante, Länge der Hinterkante und der beiden Seitenkanten. Man erhält diesen Wert, wenn man die Anlage auf ein Rechteck auseinander biegen würde. Dieser Wert entspricht ungefähr der in der Praxis nutzbaren Streckenlänge. Die tatsächliche Kantenlänge der Anlage wäre zwar viel einfacher zu berechnen entspricht aber nicht der nutzbaren Streckenlänge.

Unabhängig von der Anlagengröße und vom Anlagenkonzept gibt es noch weitere Möglichkeiten Anlagenflächen besser auszunutzen und einen besseren optischen Eindruck zu erzeugen. Das menschliche Gesichtsfeld kann in etwa eine Szene von 2 Metern Breite wahrnehmen. Größere Objekte muss man in einem größeren Abstand oder schräg betrachten. Die Anlage muss also so

angelegt sein, dass der Standpunkt des Betrachters physisch gewechselt werden muss. Damit wird der Eindruck erzeugt, dass man sich durch eine kleine Welt begibt. Durch die Schaffung von verschiedenen Ebenen, die durch einige landschaftsbauliche Tricks voneinander getrennt werden (z.B.: abschüssiges Gelände mit Wald und Gestrüpp) entsteht eine weitere Tiefenwirkung auf engstem Raum. Nicht nur das Gelände wirkt größer, auch die Streckenlänge einer Anlage erhöht sich drastisch durch Beigabe einer weiteren Ebene. Selbst in der Variante A wird die nutzbare Fläche und die mittlere Streckenlänge um einiges erhöht.



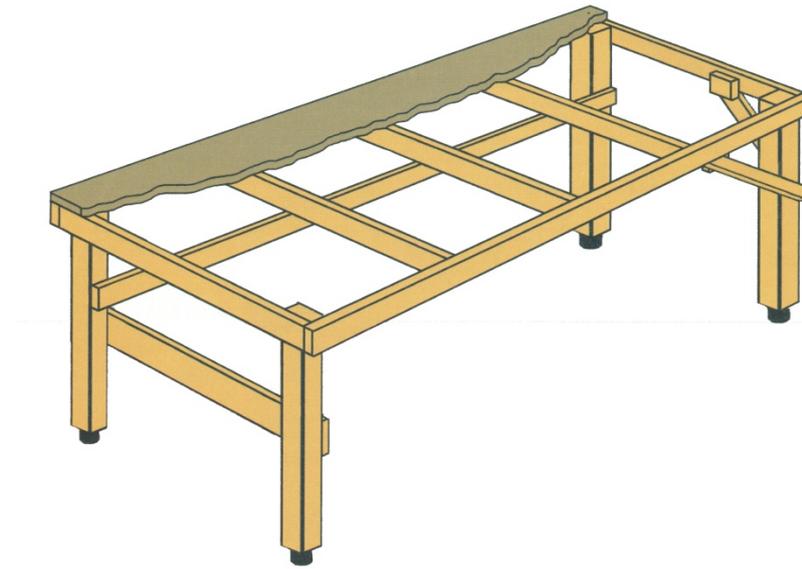
**Abb. 38 Beispiel Rechteckanlage – Gleiswendel**

Durch Errichtung einer Gleiswendel zum Erreichen der beiden unterschiedlichen Anlagenebenen erhöht sich ebenfalls die Streckenlänge (siehe Abb.). Bei einem Abstand von rund 40 cm zwischen den beiden Etagen und einer Steigung von 2,5 % erhöht sich die Streckenlänge um rund 16 m. Eine weitere Möglichkeit, die Anlage größer und imposanter wirken zu lassen, besteht bei Anlagen, die einer Wand entlang verlaufen und um eine Ecke gehen. Diese Ecke kann durch eine Rundung ersetzt werden (z.B.: mit einer Hartfaserplatte die in Wandfarbe gestrichen wird). Damit fällt dem Betrachter die Ecke nicht sofort auf und es wirkt für ihn als würde die Strecke einen Bogen in der Landschaft machen. In Kombination mit abgerundeten Raumecken sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass der Betrachter möglichst in einem Innenbogen der Anlage gegenüber steht. Dieser lässt die Gleisführung großzügiger wirken als ein Außenbogen an derselben Stelle und sollte bereits bei der Planung beachtet werden.

## 4.2 Unterbau

Eine den individuellen Anforderungen entsprechende Modellbahnanlage lässt sich meist nur durch den kompletten Eigenbau realisieren. Grundsätzlich gibt es viele verschiedene Möglichkeiten wie der Anlagenunterbau aussieht und welche Materialien für die Unterkonstruktion verwendet werden können. Bei den meisten Anlagen wird als Baumaterial für den Unterbau Holz verwendet. Holz wird deshalb sehr gerne eingesetzt, weil es relativ einfach zu verarbeiten ist bzw. dies auch von nahezu allen Personen ohne große Kenntnisse und eine Bearbeitung ohne den Einsatz von Großmaschinen möglich ist. Das Material kann bereits in der richtigen Größe im Baumarkt bestellt werden.

Je nach Anlagengröße und den eigenen Anforderungen gibt es unterschiedliche Bauweisen wie der Unterbau einer Modelleisenbahnanlage beschaffen ist. Für kleinere Anlagen oder Segmentanlagen<sup>2</sup> eignet sich beispielsweise sehr gut die **Plattenbauweise**. Sie ist genau genommen eigentlich eine Kombination von einem einfachen Rahmen mit einer großen Platte. Keine Platte kommt ohne ein entsprechendes Gerüst darunter aus. Es wäre als klassischer Anfängerfehler zu werten, wenn darauf vertraut wird, dass an eine dicke Platte vier Füße geschraubt werden und diese dann ausreichend stabil ist. In diesem Fall müsste schon eine Platte mit mehreren Zentimetern Stärke gewählt werden, damit ein Untergerüst eingespart werden kann. Die Anlage wird dadurch jedoch sehr schwer und es kann zu Problemen beim späteren Gleisbau und der „Hintergrundtechnik“ kommen (z.B.: Weichenantriebe). Folgende Grafik zeigt einen möglichen Aufbau der Unterkonstruktion.

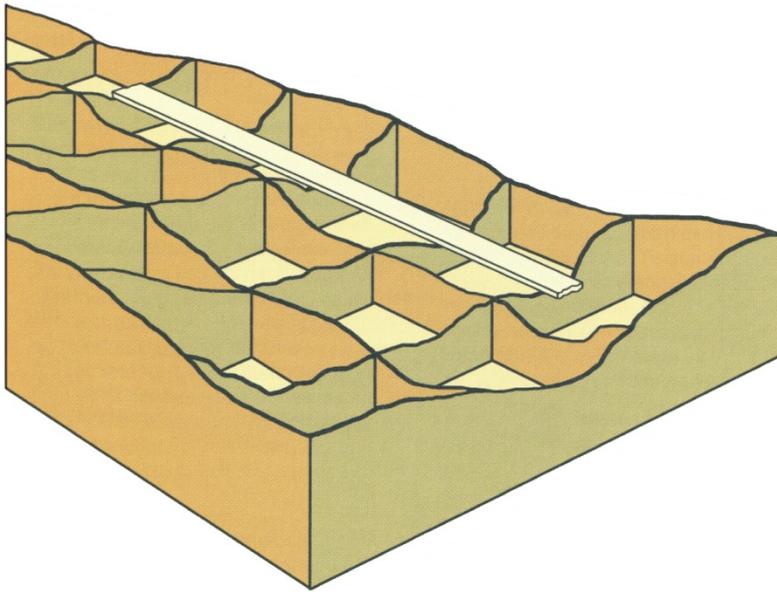


**Abb. 39 Anlage in Plattenbauweise**

Wie man erkennen kann, ist der Aufbau einer sogenannten Plattenanlage relativ trivial. Unter die Platte kommt ein Stützrahmen aus Leisten sowie dazwischenliegenden Querspannen. Die Anzahl der Spannen ist von der Länge der Anlage abhängig. Als Faustregel sei hier ein Richtwert von ca. 50 cm Abstand zwischen den Spannen festgehalten. Es ist darauf zu achten, die Position der Querspannen so zu wählen, dass später sämtliche Weichenantriebe ohne Probleme montiert werden können. Das nachträgliche Versetzen ist nur schwer möglich. Diese Form des Anlagenunterbaus ist sehr einfach zu realisieren. Es sind keine umfangreichen Sägearbeiten notwendig. Auch für die einfache und in einer Ebene verlaufende Bahntrasse fallen bei dieser Form keine großartigen Sägearbeiten an. Einzig für den Einbau einer Drehscheibe oder Schiebebühne im Bereich der Remise muss ein Loch aus der Platte geschnitten werden. Für Weichenantriebe, Signale und Oberleitungsmasten sind nur Löcher unterschiedlicher Stärke zu bohren. Sobald jedoch mehrere Ebenen genutzt werden sollen, sprich der Gleisplan nicht in einer Ebene liegt, ist diese Form ungeeignet. Als Alternative bietet sich hierbei die Form der **Spannenkastenbauweise** an: [vgl. Selbmann, 2012, S.14f]

---

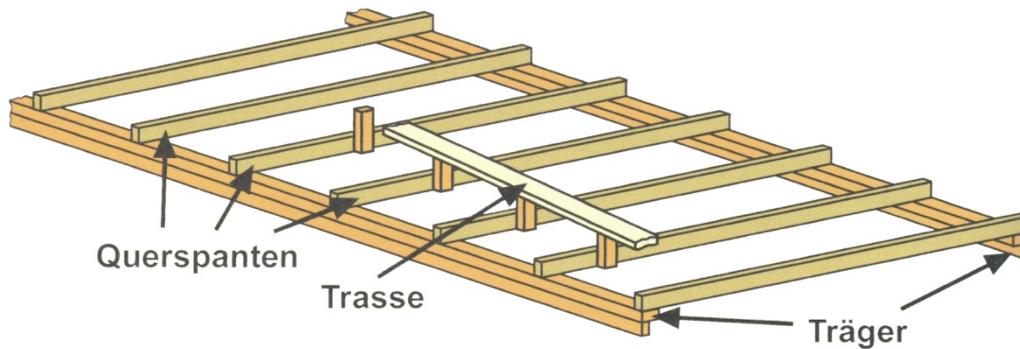
<sup>2</sup> Von einer Segmentanlage spricht man, wenn eine Anlage in mehrere Teile unterteilt werden kann und diese nur in einer bestimmten Anordnung miteinander verbunden werden können.



**Abb. 40 Spantenrahmenbauweise**

Bei dieser Bauweise ist das Rahmengerüst das zentrale Element. Auf eine vollflächige Grundplatte wird verzichtet und stattdessen der Verlauf der Gleistrassen und die Form für das spätere Gelände gleich in die Kontur der Spanten mit eingearbeitet. Man erhält sozusagen einen Kasten in Spantenbauweise mit einer unterschiedlichen Oberflächenstruktur (Bahndämme, Anschnitte und Einschnitte). Besonders sauber und stabil wird die Konstruktion dann, wenn die Spanten an den Kreuzungspunkten ineinander gesteckt werden. Dies ist sehr aufwendig, zudem werden Kenntnisse im Bereich der Holzverarbeitung vorausgesetzt und auch der entsprechende Maschinenpark muss zur Verfügung stehen. Alternativ ist es natürlich möglich zwischen den Längsspanten die Querspanten einzeln einzusetzen und mit Hilfe einer Leiste zu verschrauben bzw. zu verleimen. Vor allem größere Konstruktionen sind sehr aufwendig und erfordern eine gute Planung. Eine spätere Anpassung der einzelnen Spanten ist nur schwer möglich. [vgl. Selbmann, 2012, S.17]

Eine weitere Bauweise stellt die **offene Rahmenbauweise** dar. Wenn die Anlagenfläche zu groß und die Streckenverläufe und Geländestrukturen zu kompliziert sind sollte der Bau in offener Rahmenbauweise erfolgen. Es gibt hierbei keinen fixen Fachwerkraaster und keine Anlagenplatte im klassischen Sinn. Kennzeichnend für diese Variante sind viele Stützen, Streben und Leisten. Die Basis wird durch Längsträger in L-Form oder als Vollprofil zusammen mit Querspanten und Beinen gebildet. Die Gleistrassen und deren Stützen werden entsprechend dem Gleisverlauf darauf befestigt. Den Anlagenabschluss bilden am Basisrahmen befestigte Leisten oder Blenden die rund um die Anlage führen. Es ist darauf zu achten, dass der Abstand der einzelnen Gleistrassen, vor allem im späteren Untergrund ausreichend ist und beim späteren Modellbahnbetrieb im Fall von technischen Problemen manuell eingegriffen werden kann. [vgl. Selbmann, 2012, S.36ff]



**Abb. 41 Offene Rahmenbauweise**

Die Königsklasse unter den Anlagen sind jene, die auf einer Stahlkonstruktion aufgebaut sind. Unterkonstruktionen aus Stahl bieten eine Menge an Vorteilen, sind jedoch weitaus aufwändiger zu realisieren. Eine Unterkonstruktion aus Stahl kombiniert nahezu alle Vorteile der oben genannten Bauweisen. Weiters sprechen folgende Punkte für die Stahlbauweise:

- **Schlanke Konstruktion**  
Vor allem bei Anlagen mit sehr kompliziertem Gleisplan und vielen verschiedenen Ebenen wirkt sich die Schlankeheit eines Stahlrahmens extrem positiv aus. Während bei einem Holzrahmen massive Holzstaffel notwendig sind, um die notwendige Stabilität zu erreichen, kommt ein Stahlrahmen mit schmalen Formrohren (üblicherweise 40 mm x 20 mm) aus. Damit ist auch beim späteren Modellbahnbetrieb viel Platz unter der Anlage und bei technischen Problemen kann sehr leicht eingegriffen werden.
- **Hohe Stabilität und hohe Tragkraft**  
Ein Stahlrahmen bietet neben einer sehr schlanken Konstruktion auch maximale Stabilität und eine extrem hohe Tragkraft. Bei größeren Anlagen ist es aus verschiedensten Gründen auch notwendig, die Anlage besteigen zu können. Manche Arbeiten (z.B.: Gleisbau) sind auf der Anlage einfacher und besser möglich als von außen, und sei es nur die Auswechslung einer Glühbirne oberhalb der Anlage. Mit einer Konstruktion aus Formrohren ist ein Betreten der Anlage von Menschen bis zu einem Körpergewicht von rund 90 kg ohne Probleme möglich.
- **Hohe Widerstandsfähigkeit**  
Da nahezu allen Modelleisenbahnanlagen entweder in einem Kellerraum oder auf einem ausgebauten Dachboden situiert sind, ist die Widerstandsfähigkeit von einem Stahlrahmen von Vorteil. Ausgebauter Dachböden oder Mansardenräumlichkeiten sind vor allem im Sommer größeren Temperaturschwankungen ausgesetzt, Kellerräume tendenziell im Winter. Diese Temperaturschwankungen wirken sich unterschiedlich auf die Materialien aus. Während Holzrahmen sehr empfindlich auf die unterschiedlichen Temperaturen und die Luftfeuchtigkeit reagieren und entstehen bei Stahlrahmen durch derartige Einflüsse keine zusätzlichen Verspannungen.



Abb. 42 Stahlrahmen Modelleisenbahnanlage

Eine Möglichkeit, Modellbahnanlagen transportfähig und variabel zu gestalten, ist die **Modulbauweise**. Eine Modulanlage besteht aus kleinen, kompakten und stabilen Holzkästen die jeweils der Streckenführung folgen. Diese Kästen unterliegen bestimmten Normen, von denen es mittlerweile mehrere Varianten von unterschiedlichen Organisationen gibt. Diese Vorgaben sichern, dass Module beliebig miteinander kompatibel sind und ausgetauscht bzw. je nach Ausstellungsort anders zusammengesetzt werden können. Anders als bei sämtlichen anderen Bauweisen wird bei Modulanlagen das Konstruktionsprinzip gleichzeitig zum Gestaltungsprinzip. Aus Gründen der Transportfähigkeit wird sich kaum ein riesiger Bergrücken darauf finden. Module konzentrieren sich auf das Wesentliche links und rechts der Strecke. Die Modulängen und Kurvenradien sind zu einem gewissen Maß beliebig auszuwählen. Folgende Grafik gibt einen Einblick über mögliche Modulformen.

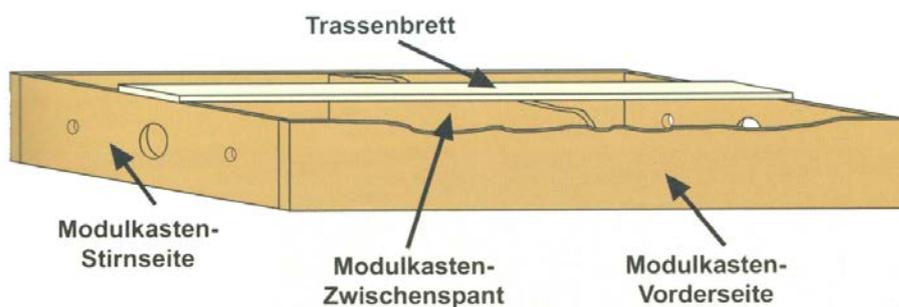


Abb. 43 Standardmodul mit genormter Stirnwand

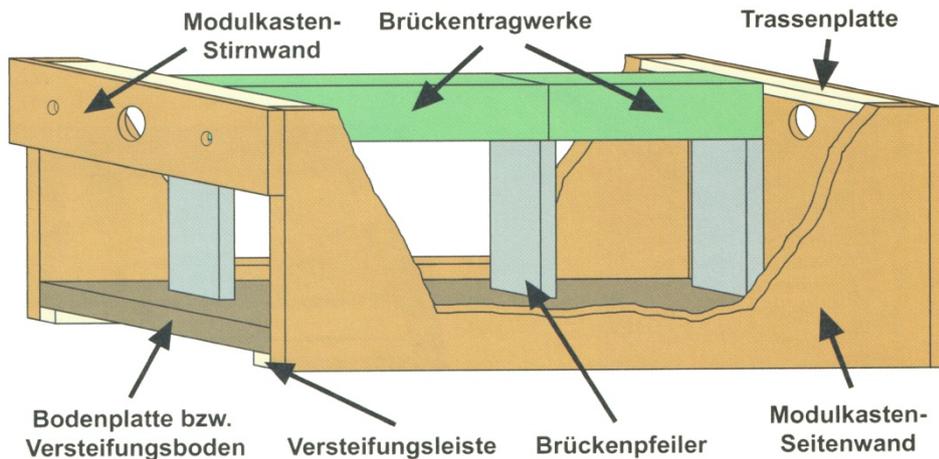


Abb. 44 Modulkasten mit einer Schlucht. Stirnseiten entsprechen jeweils der Norm

Es ist im Prinzip „nur“ wichtig, dass die Modulanschlüsse der Norm entsprechen. Möchte man die Module einmal anders anordnen oder an Ausstellungen teilnehmen, so ist die Einhaltung dieser Normen erforderlich. Zusammenhängende Module (z.B. ein großer Bahnhof), die nur in einer bestimmten Reihenfolge verbunden werden können, sind an sich kein Problem. Die Variabilität und Flexibilität ist hier eingeschränkt. Sonderformen sollten die Ausnahme sein, da sonst eine starre Segmentanlage entsteht. [Selbmann, 2012, S.50ff]

### 4.3 Baumaterial

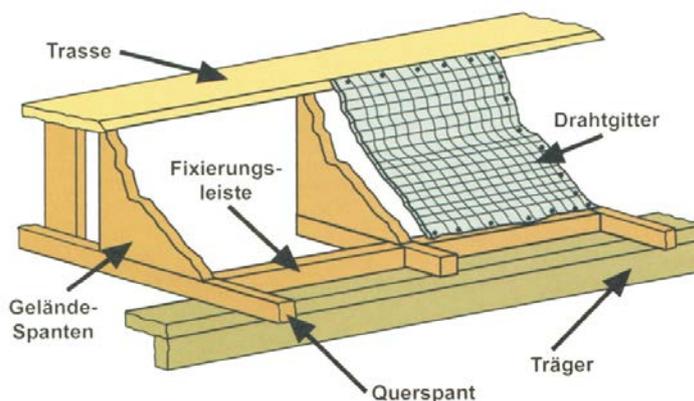
Es gibt keine Regel, welches Material für welchen Einsatz beim Anlagenbau richtig ist, jedoch haben die Materialien unterschiedliche Eigenschaften, die berücksichtigt werden sollten. Holz ist immer noch das vorherrschende Baumaterial des Unterbaus auf Eisenbahnanlagen. Holz ist nicht gleich Holz, damit ist die Auswahl für den jeweiligen Einsatzbereich erforderlich:

- Tischlerplatte  
Tischlerplatten bestehen aus Holzstäben, die auf beiden Seiten mit einer dünnen Deckschicht umgeben sind. Diese Platten haben demnach ihre optimale Tragfähigkeit in Längsrichtung vergleichbar mit einer hochkant stehenden Holzlatte. Tischlerplatten sind äußerst stabil und eignen sich hervorragend als Anlagengrundplatte, für den Rahmenbau und als Gleistrasse in der Ebene oder bei geraden Streckenabschnitten in der Steigung. Tischlerplatten haben eine Stärke von 18 mm.
- Spanplatte und MDF-Platten  
Spanplatten werden aus gepressten Holzspänen zusammen mit einem Klebergemisch gepresst. Diese Platten haben damit keine natürliche Holzstruktur. Die Eigenschaft macht sie sehr beliebt für den Einsatz als Trassenbrett in Steigungen und hierbei vor allem in Bögen. Die Platten lassen sich derart verwinden, dass das Gleis später an jeder Stelle waagrecht verläuft. Beim Einsatz als Anlagengrundplatte oder in geraden Streckenabschnitten ist auf ordentliche Abstützung zu achten. Spanplatten neigen bei unzureichender Befestigung dazu, sich zu verwinden bzw. zu verziehen. Es empfiehlt sich beim großflächigen Einsatz von Spanplatten diese mit einem Möbellack oder einem Klarlack zu behandeln und sie damit gegen äußere Einflüsse zu schützen. Spanplatten werden in unterschiedlichen Stärken angeboten. Für den Einsatz auf Modelleisenbahnanlagen sind die Stärken 6 mm, 8 mm und 19 mm relevant.

- Mehrschicht-, Multiplex und Sperrholzplatten  
Diese Platten bestehen aus mehreren dünnen Holzschichten, die abwechselnd quer zueinander versetzt verleimt sind. Im Falle von sogenannten Sperrholzplatten ist auf beiden Seiten eine dünne Deckschicht vorhanden.  
Während Mehrschicht und Multiplexplatten dieselben Einsatzgebiete wie Tischlerplatten haben, werden Sperrholzplatten gerne für den Bau von Anlagen in Spantenkastenbauweise und für Gleistrassen eingesetzt. Auch für den Bau von Kunstbauten (Stützwände, Tunnelportale und Brücken) in moderner Stahlbetonoptik sind Sperrholzplatten sehr gut geeignet. Mehrschicht und Multiplexplatten sind in einer Stärke von 19 mm erhältlich. Sperrholzplatten gibt es in den Stärken von 4, 6, 8, 10, 12 und 15 mm.

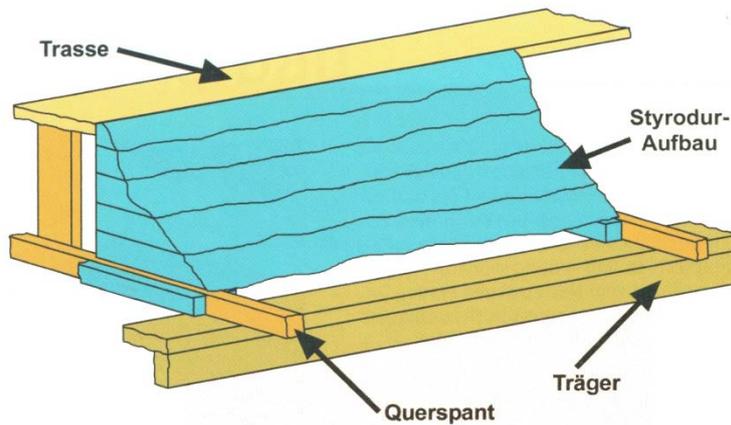
[vgl. Selbmann, 2012, S.1ff]

Alternativ lässt sich der Unterbau auch aus Stahl realisieren. Die für den Stahlunterbau notwendigen Formrohre gibt es in allen erdenklichen Größen und Dimensionen. Es hat sich bewährt Formrohre mit einer Dimension von 40 mm x 20 mm und einer Wandstärke von 2 mm einzusetzen. Damit sollten alle Konstruktionen mit ausreichender Stabilität realisierbar sein. Bei Anlagen ist neben dem Bau von Gleistrassen auch noch die „Füllung“ der Zwischenräume und oder der Aufbau einer Landschaftstruktur notwendig die unmittelbar mit dem Unterbau zusammenhängt. Bekannt ist die Variante mit einer Oberflächenhülle bestehend aus Drahtgitter und Pappmache oder Gipsbinden in selbsttragender Form ist häufig anzutreffen. Eine Erweiterung dieser Variante, die eine weitere Modellierung und Korrekturen erlaubt, ist die Verwendung von PU-Schaum, umgangssprachlich als Bauschaum bekannt. Dieser wird vorsichtig flächig auf das getrocknete Pappmache aufgesprüht und kann nach einer Trockenphase und Aushärtung mit Schnitzwerkzeugen und Raspeln beliebig geformt und der gewünschten Oberflächenstruktur angepasst werden. [vgl. Koch, 2014, S.38ff]



**Abb. 45 Geländeaufbau mit Drahtgitter und Pappmache**

Eigene Erfahrungen haben gezeigt, dass die folgende Variante zwar etwas aufwendiger, dafür jedoch um vieles sauberer und eleganter ist. Ein Abdecken sämtlicher Gleise wie beim Pappmache ist nicht mehr notwendig. Es werden alle „unsichtbaren“ Gleistrassen mit Holzkonstruktionen zugedeckt. Anschließend wird mit Dämmplatten (z.B.: Styrodur) oder Styropor die gewünschte Geländestruktur in Schichten aufgebaut. Styrodur ist durch seine homogene Beschaffenheit dem eher groben Styropor vorzuziehen. Zur Verklebung der einzelnen Schichten untereinander sowie mit der Untergrundplatte gibt es spezielle Klebstoffe. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass der Einsatz von herkömmlichem Holzleim am einfachsten ist. Auch bei dieser Variante erfolgt nach der Trocknung des Klebstoffes mit Hilfe von Schnitzwerkzeugen und Raspeln die Anpassung an die gewünschte Oberflächenstruktur. [vgl. Koch, 2014, S.41]



**Abb. 46 Geländeaufbau mit Styrodur**

Es ist bei allen Varianten ratsam, eine dünne Gipsschicht als Abschluss aufzutragen. Diese bildet dann die Grundlage für eine spätere Ausgestaltung der Landschaft. Die Landschaftsgestaltung nimmt wiederum einen eigenen sehr umfangreichen Part ein. Aufgrund der Komplexität der Ausgestaltung einer Eisenbahnanlage und der Zielsetzung dieser Arbeit wird auf diesen Bereich bewusst verzichtet. Es sei jedoch festgehalten, dass erst nach Fertigstellung der Ausgestaltung mit Häusern, Plätzen, Wiesen und Wäldern etc. die Gesamtheit der Anlage beurteilt werden kann. Für den professionellen Anlagenbauer ist sowohl ein sauberer und eleganter Unterbau als auch eine feine Ausgestaltung wichtig.

#### **4.4 Werkzeug**

Das richtige Werkzeug ist die Basis für den Bau einer Modelleisenbahn. Im nun folgenden Kapitel soll eine Übersicht über benötigte Werkzeuge gegeben werden. Vieles davon dürfte in Haushalten und Schulwerkstätten bereits vorhanden sein. Die folgende Übersicht kann keinen Anspruch auf Vollständigkeit sowie Objektivität legen, da je nach Arbeitsaufwand zusätzlich Werkzeuge und Geräte benötigt und eingesetzt werden müssen. Für den Bau einer Anlage erscheinen folgende Werkzeuge als Grundausstattung zielführend:

##### **Messwerkzeuge**

- Rollmeter
- Stahllineal 50 cm
- Schublehre
- Wasserwaage 15 cm & 30 cm
- Geodreieck (TZ-Dreieck) mit Kantenlänge 20 cm
- Anschlagwinkel
- Bastelmesser (Cutter) mit Abbrechklinge
- Richtlatte 2 m

##### **Handwerkzeuge - Holzbearbeitung:**

- Bastelmesser (Cutter) mit Abbrechklinge (umgangssprachlich oft als Stanley-Messer bezeichnet)
- Kleine Bastelschere für feine Arbeiten
- Große Papierschere für längere Schnitte
- Feinsäge klein

- Japansäge
- Rassel
- Holzfeile
- Schleifklotz aus Kork
- Div. Schleifpapier (vorrangig mit Körnung 80 und 120)
- Satz Holz-Bohrer
- Stemmeisen (unterschiedl. Stärken)

#### **Handwerkzeuge - Metallbearbeitung:**

- Metallsäge
- Körner
- Satz Nadelfeilen
- Satz Schlüsselfeilen
- Stabfeile rund
- Metallfeile halbrund
- Messingbürste zum Reinigen der Feilen
- HSS-Bohrer
- Schnitzmesser

#### **Handwerkzeuge – Diverse:**

- Glasfaserradierer
- Satz Pinzetten
- Satz kleine Klemmzwingen
- Verschiedene Schraubzwingen
- Kleiner Schraubstock
- Kleine Flachzange
- Kleiner und großer Seitenschneider
- Spezialseitenschneider („watenfreier“ Seitenschneider) für Gleisbearbeitung
- Mittlere Kombizange
- Abisolierzange
- Treiber (4 mm)
- Kleine Kombizange
- Satz Uhrmacherschraubenzieher
- Satz mittelgroße Schraubenzieher (Kreuz, Schlitz und Torx)
- Satz Imbusschlüssel
- Satz Gabelschlüssel
- Mini-Hammer (45g)
- Schlosserhammer (150g - 200g)
- Satz Modellbauspachtel (unterschiedl. Spachtel Acrylmalerei)
- Pinsel (div. Haarpinsel und Borstenpinsel)

#### **Elektrowerkzeuge:**

- Kleinbohrmaschine (z.B.: Proxxon)
- Bohrmaschine mit Drehzahlregelung

- Stichsäge mit Drehzahlregelung und Winkeleinstellung
- Lötgerät mit Wärmeregulierung
- Heißdraht-Schneidegerät
- Akku Bohrmaschine
- Multifunktionsgerät (z.B.: Fein MultiMaster)
- Handkreissäge
- Oberfräse oder Oberfräseinrichtung für Bohrmaschinen

Mit diesen Werkzeugen sollten die meisten Anlagenprojekte zu bewerkstelligen sein. Viele weitere Werkzeuge sind zu speziell um sie hier allgemein zu erwähnen. Im Laufe der Zeit wird sich der Werkzeugbestand eines passionierten Modellbauers je nach Gebrauch um Spezialwerkzeuge ergänzen. [vgl. Rieche, 2015, S. 79ff]

## 4.5 Technik

Die Technik der Modelleisenbahn wird immer imposanter. Von der klassischen Modelleisenbahn mit einem Transformator mit integriertem Regelteil sind wir schon weit entfernt. Die Grundlage blieb gleich und es können auch heute noch alle Fahrzeuge auf einem kleinen Schienenkreis mit einem simplen Regeltrafo betrieben werden. Jedoch sind in diesem Fall nicht alle Funktionen damit nutzbar. Das folgende Kapitel bezieht sich auf die „Hintergrundtechnik“ von Modelleisenbahnanlagen, damit ein sicherer und reibungsloser Betrieb möglich ist.

### *Steuerung*

Die Steuerung von Modelleisenbahnanlagen ist vor allem rund um die Jahrtausendwende durch die Digitaltechnik sehr komplex und variantenreich geworden. Eine Betrachtung sämtlicher Möglichkeiten würde den zur Verfügung stehenden Rahmen sprengen. Weiterführend siehe <http://www.z21.eu/> (2016-01-26). Das Verständnis von einigen technischen Details ist für den Modellbahnanlagenbau notwendig. Nachfolgend werden die Grundbegriffe der heute üblichen Digitaltechnik dargestellt:

Bei der klassischen Modelleisenbahnsteuerung war die Steuerung der Modelleisenbahn einfach. Wenn eine Spannung an das Gleis angelegt wurde bewegte sich die Lokomotive, erhöhte man die Spannung wurde die Lokomotive schneller. Damit sich nicht alle auf einer Anlage befindlichen Lokomotiven bewegten wurden die Gleise elektrisch voneinander getrennt und durch einen Schalter bedient. Ähnlich funktionierte auch die Steuerung von Weichen. Für jede Weiche gab es einen Schalter mit dem die Weiche gestellt wurde.

Bei der Digitaltechnik kann auf sämtliche Schalter verzichtet werden. Dafür wird man mit anderen Komponenten wie Zentrale, Decoder, Lokmaus<sup>3</sup> (= Fernbedienung), PC und Booster konfrontiert. Grundsätzlich sind bei der Digitaltechnik viel weniger Kabelverbindungen nötig! Die Grundidee besteht darin, die Schienen als Verbindungselement zu nutzen. Die Anschlusskabel des Fahrstroms führen ausgehend von der Zentrale zu den Schienen neben der Stromversorgung auch die Steuerbefehle mit! In der Zentrale befindet sich nichts anderes als ein Encoder, der die Steuerbefehle verschlüsselt. In jeder Lokomotive, in jedem selbstfahrenden Fahrzeug oder in jeder anderen technischen Einrichtung (Weichenantrieb, Signal, etc.) befindet sich ein Decoder der die Steuersignale wieder umwandelt. Dazu wird jedem Empfänger, zum Beispiel den Lokomotiven eine Nummer zwischen 0001 und 9999 zugewiesen. Mit der sogenannten Lokmaus werden die

---

<sup>3</sup> Als Lokmaus wird die Fernbedienung bzw. der Fahrregler im Roco – Digitalsystem bezeichnet. Der Begriff Lokmaus wird auch als Synonym für alle ähnlichen Produkte anderer Hersteller verwendet.

Steuerbefehle der Lokomotiven erzeugt, auf dem Computer kann über eine entsprechende Software am Gleisplan jede Weiche oder Weichenstraße mittels Tastenklick gestellt werden. Vor allem in den letzten Jahren wurden in diesem Bereich Zusatzfunktionen für die Fahrzeuge entwickelt. Zum Beispiel wurde eine Videokamera in den Führerstand einer Lokomotive eingebaut, die mittels Smartphone bzw. Tablet gesteuert werden kann.



Abb. 47 Videolok – Aussicht aus dem Führerstand

#### 4.5.1 NEM – Normen europäischer Modelleisenbahnen

In früheren Jahren unterschieden sich die Produkte der Modelleisenbahnhersteller deutlich. Solange jeder Hersteller ein Komplettangebot hatte, war diese Thematik auch kein wirkliches Problem. Aus Konkurrenzgründen waren die Hersteller auch nicht an einer Vereinheitlichung interessiert. Doch mit Beginn der Modelleisenbahnära in den 1950er Jahren gab es auch zunehmend Firmen die kein komplettes Sortiment anboten. Schließlich wurde die fehlende Einheitlichkeit in den Bereichen Baugröße, Spurweite, Stromsystem, Kupplungssystem, Gleisabmessungen und Radsatzabmessungen zum Problem. Daher schlossen sich bereits im Jahr 1954 die nationalen Modelleisenbahnverbände zum europäischen Verband, genannt MOROP zusammen. Der neu gegründete Verband setzte sich als oberstes Ziel die Ausarbeitung der „Normen europäischer Modelleisenbahnen“, kurz NEM genannt. Es wurden die wichtigsten Normen wie Maßstab, Nenngrößen, Stromsystem und die Radsatzabmessungen normiert. Dabei wurde teils auf bereits existierende Daten von nationalen Verbänden bzw. auch auf die zu diesem Zeitpunkt bereits existierenden amerikanischen Normen zurückgegriffen. Letztere konnten nur zu einem kleinen Teil übernommen werden, es mussten hierbei die besonderen Merkmale der Eisenbahnen in Europa berücksichtigt werden.

Die Entwicklung der Normen werden vom MOROP folgend beschrieben:

*[...] „Man entwickelte deshalb ein Diagramm im doppeltlogarithmischen System mit den Werten der Proportion als Ordinate und der Spurweite als Abszisse (s. Abb. 1), in dem die Verkleinerungsmaßstäbe als gerade Linie erscheinen. Während der „Grundmaßstab“ (GM) aus dem Verhältnis Modellspurweite zu Regelspurweite berechnet wurde, gab es für bestimmte Bauteile „Sondermaßstäbe“. Diese betrafen insbesondere solche Bauteile, die aus Sicherheits- oder anderen Gründen gegenüber dem Grundmaßstab mit abnehmender Nenngröße relativ größer gestaltet werden mussten; dazu zählen vor allem Radbreiten und Schienen (SM 1) sowie Spurkränze (SM 2).“*

*[...] [Morop, 1983, S.1]*

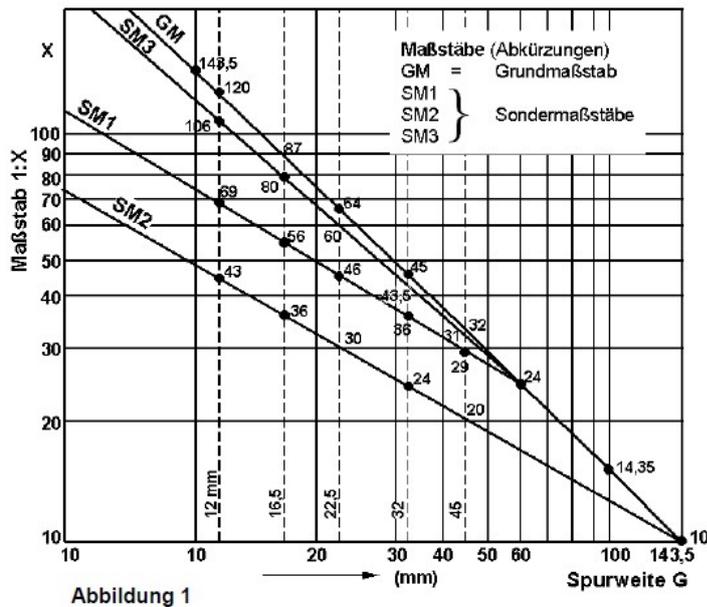


Abb. 48 Diagramm zur Bestimmung der Normen europäischer Modelleisenbahnen des MOROP Verbandes

Die dadurch entstandenen Normen ergeben für alle Spurweiten ziemlich idente Funktionsverhältnisse und eine dementsprechende Betriebssicherheit. Für die Abmessungen gewisser Funktionsteile mit Sondermaßstab wurde ein Mittelweg gewählt, der sowohl die Bedingungen der Modelleisenbahner als auch die Möglichkeiten und Bedingungen der Modelleisenbahnhersteller berücksichtigte.

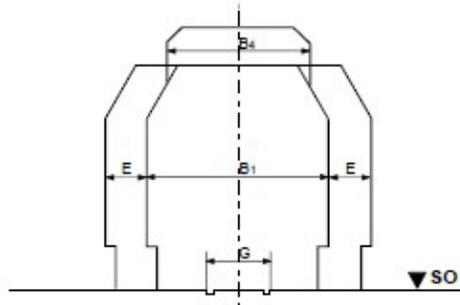
Nach etwas mehr als zwei Jahrzehnten wurde eine erste größere Überarbeitung fällig. Die bestehenden Normen wurden überprüft und den technischen Neuerungen und Möglichkeiten der Modelleisenbahnhersteller angepasst. Das Prinzip des Maßstabsdiagramms wird bis heute beibehalten. Die Verwendung von Sondermaßstäben für spezielle Funktionsteile wurde jedoch mittlerweile aufgegeben. Heute bestehen die Normen (NEM) aus:

- Verbindlichen Normen
- Empfehlungen
- Dokumentationen

Bis auf einige wenige Gebiete (z.B.: Kupplungssysteme einiger Nenngrößen) konnte bis heute (Stand Dez. 2015) eine Normung erzielt werden. Der technische Ausschuss des MOROP ist damit beschäftigt auch die letzten Lücken zu schließen und eventuelle Anpassungen an bestehenden Normen vorzunehmen. [MOROP, 1983, S.2] Einen großen Teil dieser Normen bekommt der professionelle Modelleisenbahnbauer gar nicht mit, da diese nur die Hersteller betreffen. Mit den anschließend abgebildeten Normen (NEM 103, NEM 201, NEM 301) wird jeder Anlagenbauer früher oder später in Kontakt kommen.

	Normen Europäischer Modellbahnen	NEM
	<b>Umgrenzung des lichten Raumes bei Gleisführung im Bogen</b>	<b>103</b>
Verbindliche Norm	Maße in mm	Seite 1 von 2
		Ausgabe 2004 ersetzt Ausgabe 1985

Im Bereich von Gleisbogen ist die Umgrenzung des lichten Raumes nach NEM 102 außer dem Bereich des Stromabnehmers zur Bogen-Außenseite und Bogen-Innenseite hin jeweils um das Maß *E* in Abhängigkeit vom Bogenradius und dem zu verwendenden rollenden Material zu erweitern.



Für die Erweiterung ist der seitliche Ausschlag der Fahrzeuge bestimmend. Den größten seitlichen Ausschlag weisen Drehgestellwagen zur Bogen-Innenseite hin auf. Die Länge des jeweils eingesetzten Drehgestellwagens ist somit ausschlaggebend für die Größe des Maßes *E*.

Die Drehgestellwagen werden zu diesem Zweck in drei Gruppen unterteilt:

- Wagengruppe A**  
mit bis zu 20,0 m Kastenlänge und 14,0 m Drehzapfenabstand,
- Wagengruppe B**  
mit bis zu 24,2 m Kastenlänge und 17,2 m Drehzapfenabstand,
- Wagengruppe C**  
mit bis zu 27,2 m Kastenlänge und 19,5 m Drehzapfenabstand.

**Anmerkung:**

Verkürzte Modelle der Wagengruppe C (z.B. bei Nenngröße H0 im Längenmaßstab 1:100) sind ggf. der Wagengruppe B zuzuordnen.

Die Grenzmaße für die Wagenkastenlänge entsprechen folgenden Modellmaßen:

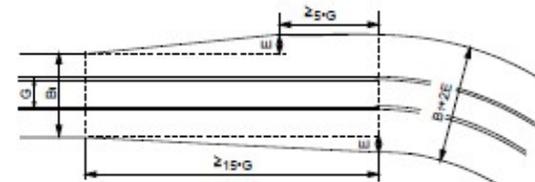
Nenngröße >	Z	N	TT	H0	S	O	I	II
Wagengruppe A	91	125	167	230	313	460	625	889
Wagengruppe B	110	151	202	278	378	556	756	1076
Wagengruppe C	124	170	227	313	425	625	850	1209

Die Maße für die Erweiterung *E* sind der Tabelle auf Seite 2 zu entnehmen. Der Wert für die Wagengruppe A soll nach Möglichkeit nicht unterschritten werden, auch wenn keine Drehgestellfahrzeuge vorhanden sind.

Maßtabelle für E

Nenngröße	Wagengruppen																							
	Z			N			TT			H0			S			O			I			II		
Radius des Gleisbogens	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
175	2	3	4																					
200	2	3	4	4	6																			
225	2	2	4	3	5	7																		
250	1	2	3	3	5	6	6																	
275	1	2	3	3	4	6	5	8																
300	1	2	3	2	4	5	5	7	10															
325	1	1	2	2	3	5	4	6	9	9														
350	1	1	2	2	3	4	4	6	8	12														
400	0	1	2	1	2	4	3	5	7	7	11	14												
450	0	1	1	1	2	3	3	4	6	6	9	12	12											
500	0	0	1	1	1	3	2	4	5	5	8	11	10	16										
550	0	0	1	0	1	2	2	3	4	4	7	10	9	14	19									
600	0	0	1	0	1	2	1	3	4	4	6	9	8	13	17	19								
700	0	0	0	0	0	2	1	2	3	3	5	7	7	11	15	16	25							
800	0	0	0	0	0	1	0	2	3	3	4	6	6	9	13	14	22	29						
900	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	3	5	5	8	11	12	19	25	23					
1000	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	3	4	4	7	9	10	17	22	20	31				
1200	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	3	5	7	8	14	18	16	25	34			
1400	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	4	6	7	11	15	13	21	28	31		
1600	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	3	5	6	9	13	11	18	24	26	41	
1800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	4	5	8	11	9	15	21	23	36	47
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	7	9	7	13	18	20	32	42
2500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	5	7	5	10	13	15	24	32
3000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	5	3	7	10	11	19	26
3500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	2	5	8	9	16	21	
4000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	4	6	6	13	18		

In der Übergangszone zum Gleisbogen ist die Erweiterung der Umgrenzung des lichten Raumes der Skizze entsprechend vorzusehen.



**Anmerkung:**

Gleisabstände im Bogen sind nach NEM 112 zu bemessen.

Abb. 49 NEM 103 – Umgrenzung des lichten Raumes auf Modelleisenbahnanlagen

	Normen Europäischer Modellbahnen <b>Fahrdrähtlage</b>	<b>NEM 201</b> Seite 1 von 2
	Maße in mm	Ausgabe 2005 (23/10) (ersetzt Ausgabe 1999)

### 1. Zweck

Diese Norm bestimmt den Lagebereich des Fahrdrahtes bei Oberleitungsbetrieb von Modellen europäischer Bahnen und steht in Zusammenhang mit der NEM 202.

### 2. Vorbemerkungen

Bei den europäischen Bahnen bestehen unterschiedliche Betriebsmaße für die nutzbare Schleifbreite sowie Wippenbreite und in geringem Ausmaß für die Fahrdrähthöhe. Die nutzbare Schleifbreite beeinflusst den Abstand der Fahrdräht-Stützpunkte (z.B. Mastabstände) besonders bei den im Modellbau stark verkleinerten Bogenradien.

Es sind daher zwei Anwendungsfälle zu unterscheiden:

- System **Breit** : Für den Betrieb mit Stromabnehmern mit breiter Wippe mit 300 – 400 mm Seitenabweichung der Oberleitung (Vorbildbeispiele: Normal- und Breitspur (Nsp): DB, ÖBB, Schmalspur (Ssp): RhB, MOB, Mariazellerbahn.
- System **Schmal** : Für den Betrieb mit Stromabnehmern mit schmaler Wippe mit 200 – 300 mm Seitenabweichung der Oberleitung (Vorbildbeispiele: Normal- und Breitspur (Nsp): SBB, FS, SNCF ~), Schmalspur (Ssp): MGB, Brünigbahn.

### 3. Fahrdrähtlage

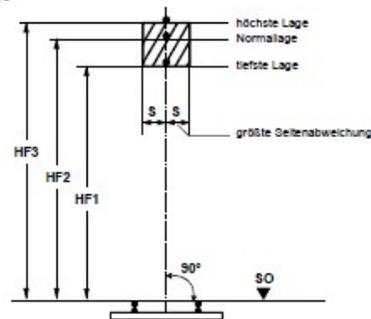


Abb. 50 NEM 201 Fahrdrähtlage / Oberleitung auf Modelleisenbahnanlagen

### Maßtabelle

Nenngröße	S Breit	S Schmal	HF 1		HF 2		HF 3	
			Nsp	Ssp <sup>a</sup>	Nsp	Ssp	Nsp	Ssp
Z	2	1	25	23	28	26	30	28
N	3,5	1,5	34	29	38	35	40	38
TT	4,5	2	44	38	50	47	52	51
H0	6,5	3	60	50	69	65	73	70
S	8,5	4	80	69	93	86	98	93
0	11	6	110	98	130	124	139	133
I	17	8	150	134	180	172	194	181
II	27	11	213	190	260	245	278	260

Nsp: Normalspur

Ssp: Schmalspur (m, e, i)

\* Bei Rollschemel-/Rollbockbetrieb ist die tiefste Lage des Fahrdrahtes wie folgt zu bestimmen:

$$\text{Aufsetzhöhe ab SO (Rollschemel, Rollbock) + Maß } H_u \text{ aus NEM 102}$$

### Anmerkungen:

- 1) Die Maße sind Betriebsgrenzmaße und es ist zweckmäßig, den Raum für die Seitenabweichung nur in Bogen voll zu nutzen. In der Geraden empfiehlt sich eine Verlegung im „Zick-Zack“, jedoch nur in etwa 2/3 der höchstzulässigen Abweichung.
- 2) Das Maß **HF2** stellt die Regellage auf der freien Strecke dar und soll möglichst ohne Höhendifferenzen angewendet werden; beim Vorbild wird in Bahnhöfen meist eine höhere, in Tunneln und Durchführungen aus Profilgründen eine niedrigere Lage angewendet. Die Lage des Fahrdrahtes muss aber innerhalb der angegebenen Maße liegen.
- 3) Stützpunktabstand  
Der aufgrund der Seitenabweichung **S** sich ergebende maximale Stützpunktabstand **L** (Mastabstand) im Gleisbogen mit dem Radius **R** kann nach folgender Formel errechnet werden:

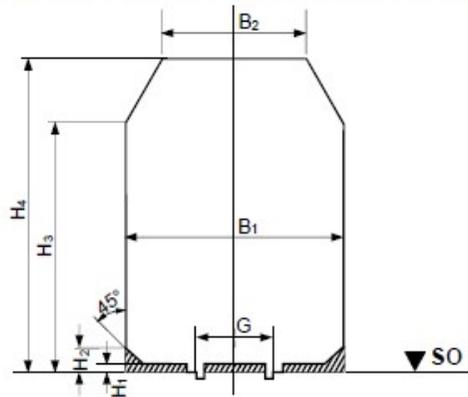
$$L_{\text{max}} = 4 \cdot \sqrt{R \cdot S}$$

Bei mehrgleisiger Anordnung (Querseile, Querjoche) wird bei Anwendung von Normalgleisabständen der Stützpunktabstand vom größten Gleisradius bestimmt. In anderen Fällen empfiehlt sich eine Berechnung für mehrere Radien, um den praktikablen Mindestabstand zu bestimmen. Um vernünftige Stützpunktabstände zu erhalten, sollten die in NEM 111 empfohlenen Mindeststrahlen berücksichtigt werden.

Die dargestellte Fahrzeugbegrenzung gilt für Nachbildungen europäischer Regelspur- und Breitspurfahrzeuge.

Modelle von Vorbildfahrzeugen sind möglichst maßstäblich zu bauen. In jedem Fall müssen sich alle Teile, auch abgesenkte Stromabnehmer<sup>1)</sup>, innerhalb der Begrenzung befinden.

Funktionselemente für Stromabnahme, Sicherungs- und Entkupplungseinrichtungen und dergleichen dürfen in den schraffierten Raum über der Schienenoberkante hineinragen.



Maßtabelle

Nenngröße	G	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>
Z	8,5	17	11	1	2	17	23
N	9,0	23	14	1	3	24	32
TT	12,0	30	18	1,5	4	32	42
H0	16,5	40	26	2	5	44	57
S	22,5	54	35	3	7	59	75
O	32,0	78	48	4	10	83	106
I	45,0	110	68	5	13	115	146
II	64,0	148	94	6	20	163	207

<sup>1)</sup> Begrenzung des Arbeitsraumes der Stromabnehmer siehe NEM 202

Abb. 51 NEM 301 – Begrenzung der Fahrzeuge auf Modelleisenbahnanlagen

#### 4.5.2 Gleistrassen

Grundsätzlich gilt, je exakter eine Gleistrasse gebaut wird, desto höher ist später die Betriebssicherheit. Oftmals sieht man Fotos, auf denen Gleistrassen aus vielen zusammengestückelten alten Holzbrettern gebaut sind. Auch in Bögen werden im Winkel zusammengepasste Bretter eingesetzt. Von dieser Konstruktionsmethode ist dringend abzuraten. Man kann dies durch einen Vergleich mit einer alten und schon mehrfach geflickten Straße vergleichen. Ist man beim Trassenbau nachlässig, hilft auch die beste Unterkonstruktion nichts. Man muss bei dieser Thematik nur das große Vorbild betrachten. Durch riesige Erdbewegungen und eine entsprechende Feinnivellierung wird eine gute Streckenbasis mit Steigungen und Gefällen geschaffen. Erdbewegungen kommen jedoch nur beim Gartenbahner vor. Bei Anlagen wird dies entsprechend durch die Trasse bzw. deren Aufleger übernommen. Folgende Anforderungspunkte werden an eine Gleistrasse gestellt:

- Das Trassenbrett muss ausreichend stabil sein und darf zwischen den Stützen nicht durchhängen.
- Die Gleistrasse muss druckstabil und schlagfest sein. Das Aufstützen einer Person muss gewährleistet sein, ohne dass eine Beschädigung auftritt. Bei der Gleisbefestigung muss das Einschlagen von Nägeln oder das Einbringen von Schrauben problemlos, ohne durchfedern, möglich sein.
- Für Übergänge von der Ebene in die Steigung bzw. das Gefälle oder in Bögen muss das Trassenbrett ausreichend biegsam sein.

Ergänzend seien einige Erfahrungen festgehalten: Bei einfachen bzw. geraden und ebenen Strecken sowie bei Bahnhofsflächen ist der Einsatz einer Tischlerplatte oder einer Mehrschichtplatte ideal. Wenn die Trasse nach oben oder unten gebogen werden muss, sind diese Platten jedoch zu starr. Hier ist eine Spanplatte durch ihre Nachgiebigkeit gefragt. Von Gleistrassen mit einer Materialstärke von weniger als 18 mm sollte Abstand gehalten werden. Einzige Ausnahme ist die Konstruktion als „Sandwichplatte“ (siehe Punkt Sandwichplatten). Auch bei kleineren Spurweiten als H0 sollte man diesen Wert nicht unterschreiten. Durchhänger bei Gleistrassen wirken sich durch einen kleineren Maßstab noch stärker aus. Auf den Einbau von Unterflurweichenantrieben, Signalen, Fahrleitungsmasten oder anderen technischen Einbauten wirkt sich die Materialstärke aus. Eine Materialstärke von rund 20 mm gilt hierbei als Ideal. [vgl. Selbmann, 2012, S.105f]

Für die Anfertigung von Gleistrassen hat es sich bewährt, in einem digitalen Zeichenprogramm Schnittschablonen der Trassenbretter zu zeichnen und diese auf Papier auszudrucken. Bei gleichen bzw. mehrfach benötigten Trassenbrettern bietet es sich auch an eine Musterschablone aus Holz anzufertigen. Gleistrassen wird man in den seltensten Fällen aus nur einem Stück Holz fertigen können. Es ist daher notwendig, mehrere Stücke auszuschneiden (vor allem in Bögen) und zusammenzustückeln. Die Anzahl der Stöße sollte trotzdem möglichst gering gehalten werden. Weiters sollte die Möglichkeit genutzt werden, je nach Einsatzort, verschiedene Materialien zu kombinieren. Im Bahnhofsbereich sollte wie bereits erwähnt eine starre Platte eingesetzt werden. Im anschließenden Kapitel werden im Zusammenhang mit Neigungen verschiedene Verbindungsmöglichkeiten gezeigt. Diese sind analog auch in der Ebene anzuwenden. Für die Größe von Trassenbrettern haben sich folgende Abmessungen im Betrieb als sehr gut erwiesen. Der Abstand der Gleise zueinander ist durch das Herstellerprogramm (z.B.: RocoLine Gleissystem 61,1 mm). bzw. durch die Normen europäischer Modelleisenbahnen vorgegeben. Für die Gesamtbreite der Trasse und einen sicheren Betrieb empfiehlt es sich jeweils 4,5 cm, gemessen von der Gleismitte einzurechnen. Das ergibt für eine eingleisige Trasse 9 cm Breite, für eine zweigleisige 15 cm und für

eine viergleisige demnach 27 cm. Im sichtbaren Bereich empfiehlt es sich, der besseren Optik wegen, das Gleisbett durch eine Auflage aus Sperrholz anzudeuten. Dazu wird die Kante der Auflage mit einer Stichsäge schräg angeschnitten. Kleine Ungenauigkeiten sind hier kein Problem. Die spätere Echtschottererschicht überdeckt alles und es können dabei noch Ausbesserungen vorgenommen werden. Im „unsichtbaren“ Bereich ist eine derartige Auflage nicht notwendig und das Gleis wird direkt auf dem Trassenbrett montiert.

Das wichtigste Element von Gleistrassen im nicht-sichtbaren Bereich sind die sogenannten Absturzleisten. Sie verhindern im Fall einer Entgleisung der Zugsgarnitur ein Abstürzen auf den Boden und die daraus resultierenden finanziellen Schäden.



**Abb. 52 Übergang Gleistrassen. Die Absturzleisten sind gut zu erkennen**

In der Fachliteratur werden zur Bildung des Schotterbettes gerne Korkstreifen bzw. Korkmatten oder Mossgummi eingesetzt. Grundsätzlich ist dagegen nichts einzuwenden. Die langjährige Erfahrung hat gezeigt, dass Kork und Moosgummi über mehrere Jahre gesehen an Substanz verliert bzw. zusammengedrückt wird. Mögliche Unebenheiten und „Durchhänger“ im Gleisverlauf sind die Folge. Das häufig angeführte Argument der Geräuschminimierung durch eine Kork- oder Moosgummiunterlage ist nur zum Teil richtig. Wird die Gleisunterlage auf den Untergrund aufgeklebt bzw. im sichtbaren Bereich später eine Schottererschicht aufgebracht und mit Leimwasser fixiert sind sämtliche Geräuschvorteile nahezu verschwunden. Man muss hierbei bedenken, dass durch die Klebstoffe eine nahezu homogene Materialstruktur entsteht.

#### **4.5.3 Rampen – Steigungen - Gefälle**

Die Thematik wie man in die nächsthöhere Ebene kommt, führt zu einer großen Herausforderung. Sobald der Gleisplan über Berg und Tal geht, ist die einfache Montage von Gleistrassen nicht mehr möglich. Die kritischen Punkte sind die Übergänge von der Ebene in die Neigung. Der Übergang von der Ebene in die Steigung darf nicht abrupt erfolgen, da die Gleise nicht knickbar sind und die Fahrzeuge dabei eventuell aufsitzen könnten. Die Fahrzeuge sind in den letzten Jahren immer maßstablicher und feiner geworden. Die Folge ist, dass die Toleranzen für den Gleisbau immer geringer wurden. Die Fahrgestelle bzw. Drehgestelle der Wagen und Lokomotiven benötigen einen sanften, langen und leichten Übergang. In diesem Zusammenhang sei auch erwähnt, dass der Einbau von Kurvenüberhöhungen wie beim Vorbild im Modell genau aus diesen Gründen nicht mehr ratsam ist. Um nun einen sanften Übergang zu realisieren ist es wichtig, dass die einzelnen Trassenoberflächen immer bündig miteinander verbunden sind und somit eine durchgängige Oberfläche darstellen. Folgende Grafik zeigt kritische und ideale Punkte beim Trassenbau auf:

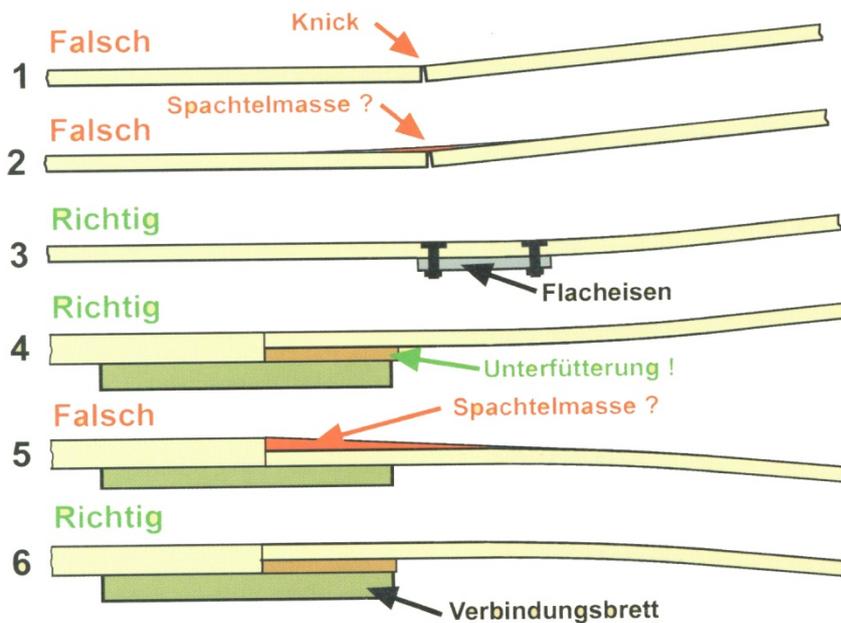


Abb. 53 Kritische Punkte beim Trassenbau

1. Ein Knick in der Steigung ist unbedingt zu vermeiden.
2. Die Ausrundung eines Knicks mit Spachtelmasse stellt keine stabile Verbindung dar.
3. Bei Bedarf kann die Ausrundung mit einem Flacheisen zusätzlich stabilisiert und in Form gebracht werden.
4. Die beiden unterschiedlich starken Trassenbretter werden mit einer Unterfütterung bündig zur Oberkante miteinander verbunden.
5. Auf den Einsatz von Spachtelmasse sollte generell beim Trassenbau verzichtet werden. Diese stellt eine holprige und instabile Verbindung dar.
6. Die Verbindung zweier Trassenbretter erfolgt mit einem Verbindungs Brett. Dieses sollte jeweils mind. 15 cm überlappen.

Generell sollte darauf geachtet werden, dass die Neigung der Gleistrassen immer möglichst gleichmäßig ist. Die Neigung sollte einen Wert von maximal 4 %, das sind 4 cm auf einem Meter, nicht übersteigen. Zum einen werden bei größeren Neigungen die Motoren der Fahrzeuge extrem belastet und zum anderen ist bei einer Neigung von 4% ein Betrieb mit vorbildgerechten Zuglängen noch möglich. [vgl. Selbmann, 2012, S.106ff]

#### **Trassenaufständigung bzw. Abhängung:**

Die Aufständigung oder die Abhängung von Gleistrassen ist vor allem bei Anlagen in offener Rahmenbauweise, Anlagen mit Stahlrahmen und auch bei klassischen Plattenanlagen zu empfehlen. Die Stützen werden dabei aus Gewindestangen mit einem Flacheisen zur Auflage angefertigt. Befestigt werden diese entweder einfach in der Grundplatte oder direkt im Stahlrahmen. An manchen Stellen kann auch noch die zusätzliche Montage eines Winkels zur Befestigung der Gewindestangen von Vorteil sein. Durch den Einsatz von Gewindestangen kann die Steigung millimetergenau nach Befestigung der Gleistrasse einjustiert werden. Überstehende Stützen (Gewindestangen) werden nach der Einjustierung einfach abgelängt.

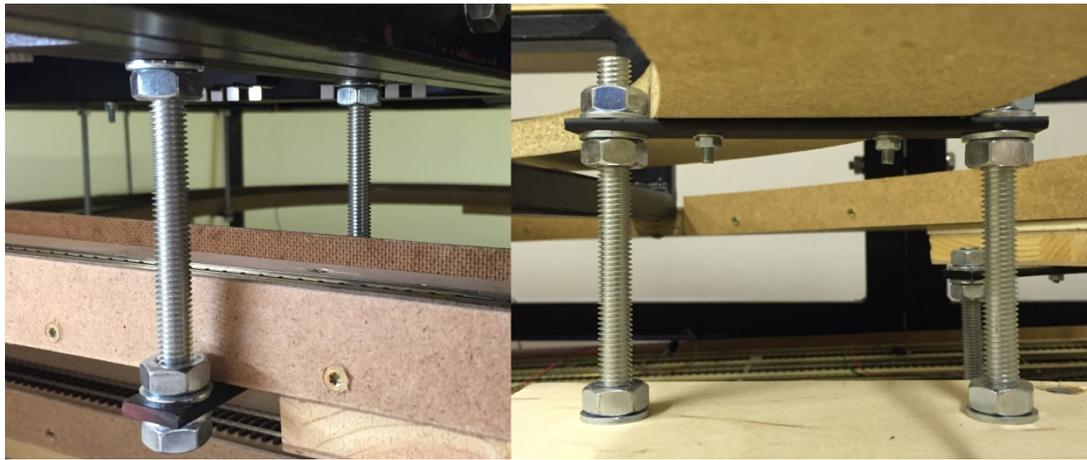


Abb. 54 Abhängung und Aufständigung einer Gleistrasse mittels Gewindestangen

Die Bauart mit Gewindestangen erfolgt analog dem System von Gleiswendeln und wird im nächsten Punkt ausführlich in Abbildungen dargestellt und beschrieben.

#### 4.5.4 Gleiswende

Gleiswendeln ermöglichen es dem Modellbauer auf einer relativ kleinen Grundfläche fast beliebig viel an Höhe zu verlieren bzw. zu gewinnen. Der Bau einer Gleiswende stellt die „Königsklasse“ des Anlagenbaus dar und ist sehr aufwendig ist. Aus betrieblichen Gründen sollte die Steigung einer Gleiswende sehr flach sein. Flache Steigungen benötigen sehr große Radien. Ein Durchmesser von etwa 580 mm - 600 mm sollte nicht unterschritten werden. Es gibt von einigen Modelleisenbahnherstellern Bausätze für Wendeln. Bei diesen Produkten sind die Etagenabstände fix. Auf lokale Gegebenheiten kann somit nur schwer eingegangen werden. Es hat sich daher folgende Methode des Eigenbaus bewährt. Als Stützen werden Gewindestangen mit einem Durchmesser von 10 mm verwendet. Als Auflage für das Trassenbrett dient ein 3 mm starkes Flacheisen welches mit Muttern und Beilagscheiben ober- und unterhalb fixiert wird. Durch diese Bauweise lässt sich die Trasse Millimeter genau einjustieren. Es hat sich bewährt, die Gewindestangen nicht direkt durch das Trassenbrett zu führen. Da die Trasse schräg steht ermöglicht die Konstruktionsform mit einem zwischenliegenden Flacheisen etwas Spielraum. Um eine möglichst flache Steigung zu erreichen und dennoch ein ausreichend stabiles Trassenbrett zu haben, sollte dieses in „Sandwich“-Bauweise (siehe unten) ausgeführt werden. Damit können einige wichtige Millimeter an lichter Höhe gewonnen werden.

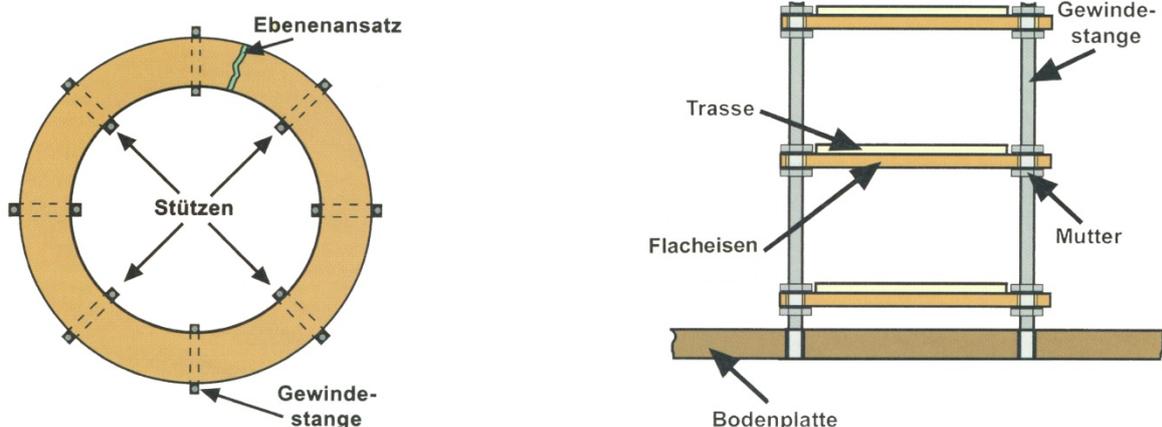


Abb. 55 Wendelkonstruktion

Die beiden Skizzen zeigen den grundsätzlichen Aufbau einer Gleiswendel. Die linke Skizze stellt die Wendel aus der Vogelperspektive dar. Die Stützen sollten jeweils in einem Winkel von 45° zueinander angeordnet werden. In der rechten Skizze sieht man einen Querschnitt der Etagen. Als Trassenträger dient jeweils ein Flacheisen, das mit Muttern an den Gewindestangen fixiert ist.

#### 4.5.5 Sandwichplatten

Die Bauform von Trassenbrettern in der sogenannten „Sandwichform“ ist eine Möglichkeit, um die lichte Höhe der einzelnen Etagen von Gleiswendeln oder übereinanderliegenden Gleistrassen zu erhöhen. Meist wird als Grundplatte für eine Gleistrasse eine Tischlerplatte mit 18 mm oder eine Spannplatte mit 19 mm Stärke verwendet. Dies führt bei Wendeln mit einem geringen Gesamtdurchmesser jedoch zu einem Problem im Bereich der Durchfahrtshöhe der einzelnen Etagen. Bei der Sandwichkonstruktion werden einzelne Kreissegmente aus einer 6 mm starken Spannholzplatte ausgeschnitten. Die Platten werden anschließend um die Hälfte versetzt zusammengeschraubt. Damit erreicht man in etwa dieselbe Stabilität wie bei einer Standardgleistrasse, jedoch bei einer Bauhöhe von lediglich 12 mm. Ein weiterer Vorteil dieser Bauform, ist die Möglichkeit, die entstehende Gleistrasse unendlich weiterzuführen. Eine Standardgleistrasse (z.B.: 19 mm Spannplatte) die im besten Fall aus einem ganzen Kreis oder halben Kreis besteht, muss bei jedem Stoß ausreichend verschraubt bzw. verbunden werden. Dies benötigt jeweils nach unten zusätzlich Platz.

Bei der Fertigung empfiehlt sich das Anfertigen einer Musterplatte zu Beginn. Diese kann dann sowohl als Schablone zum Aufzeichnen des Schnittmusters und zum Bohren der Verschraubungslöcher dienen.

#### 4.5.6 Gleisbau

Der Gleisbau ist ein sehr heikles Thema und wird in der Literatur stiefmütterlich behandelt. Ein einwandfreier Betrieb ist nur durch einen exakten Gleisbau gegeben. Der Gleisbau schließt neben dem Verlegen der Gleise auch noch folgende Punkte ein:

Auf professionellen Anlagen wird in der Regel Schienenmaterial ohne Bettung eingesetzt. Dieses wirkt authentischer, da es noch mit Echtsteinschotter in maßstäblicher Größe ergänzt wird und somit eine realistische Gleisbettung ergibt. Vor der Verlegung ist es wichtig, die genaue Position des Gleises festzulegen und auszumessen bzw. vom Plan auf die Platte zu übertragen. Die folgende Arbeitsweise hat sich bewährt, auch wenn sie etwas aufwendig erscheint: Zuerst ist es wichtig, die genaue Gleislage auszumessen und an mehreren Punkten auf der Grundplatte mit einem Bleistiftstrich zu markieren. Anschließend wird auf dem ganzen zu bearbeitenden Gleisabschnitt die Gleismitte mit einem dünnen, aber gut sichtbaren Bleistiftstrich markiert. Erste Probleme entstehen bei dieser Methode wahrscheinlich im ersten Stück, in dem die Trasse in einem Bogen verläuft oder eine Bogenweiche im Bahnhofsbereich eingesetzt ist. Mehr dazu unter dem Punkt Radiuschablonen. Sobald die Gleismitte durchgängig markiert ist, kann nun ein Gleisjoch<sup>4</sup> nach dem anderen verlegt werden. Auf längeren Abschnitten und in Bahnhöfen bietet sich das Verlegen von längeren Gleisjochen an (siehe dazu Punkt Flexgleise). Die Fixierung der Gleise auf den Untergrund kann durch kleben (mit Leim) oder nageln erfolgen. Hier hat sich die traditionelle Variante des Nageln bis heute gehalten. Die bietet den Vorteil, dass kleinste Abweichungen oder Fehler nachträglich (noch vor dem Schottern) durch ein seitliches vorsichtiges Klopfen auf die betreffende Schwelle oder durch herausziehen des Nagels korrigiert werden können. Die passenden Nägel besitzen einen winzigen

---

<sup>4</sup> Als Gleichjoch bezeichnet man einen Gleisrahmen (Schwellen mit darauf montierten Schienen) von der Länge einer Schiene.

Kopf und werden mit Hilfe einer kleinen Zange, eines Dorns und einem Hammer eingeschlagen. Nach Vorbereitung der Gleisjoch, durchstechen oder durchbohren eines Lochs genau in der Mitte der zu befestigenden Schwellen (ca. jede 8te Schwelle), wird mit Hilfe der Zange der Nagel in das dafür vorgesehene Loch gesteckt und genau auf dem markierten Mittelstrich am Untergrund positioniert und durch leichtes Eindrücken fixiert. Anschließend wird der Nagel noch mit Hilfe eines Treibers komplett eingeschlagen. Es ist nun nur noch der ca. 1mm große Kopf des in Schwellenfarbe brünierten Nagels zu sehen. Bereits nach kurzer Zeit und einiger Übung wird dieser Vorgang derart automatisiert, dass für einen Meter Gleis nur mehr wenige Minuten benötigt werden.

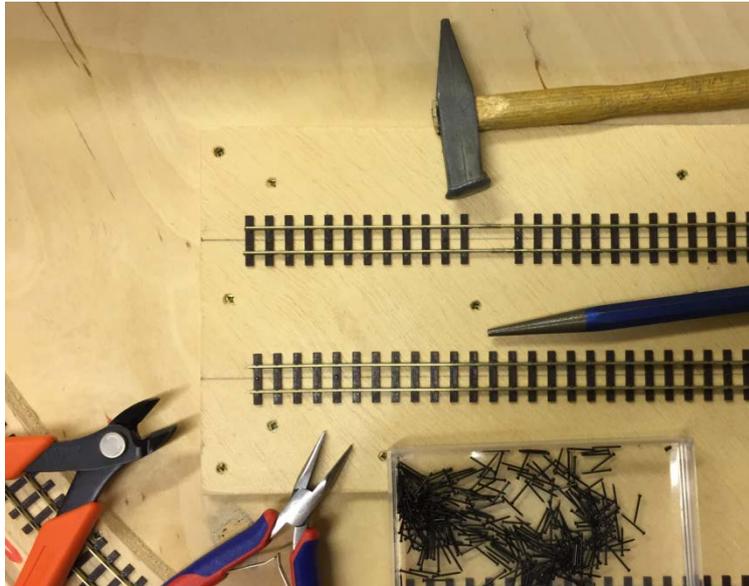


Abb. 56 Gleisarbeiten

### ***Flexgleise***

Beim Gleisbau ist der Einsatz von Flexgleisen sehr zu empfehlen. Unter einem Flexgleis versteht man ein Gleisjoch von etwa einem Meter Länge (Länge unterschiedlich je Hersteller, meistens zwischen ca. 80 cm und 100 cm), das nach einem beliebigen Radius gebogen werden kann. Diese Gleise bieten gegenüber den „Standardgleisen“ eines Herstellerprogramms den Vorteil, dass damit alle beliebigen Radien nachgebildet werden können. Weiters sind sie kostengünstiger je Laufmeter und es entstehen durch die Verlegung von Flexgleisen auf einer Anlage ungefähr nur  $\frac{1}{4}$  der Gleisstöße gegenüber herkömmlichen Standardgleisen. Damit werden auch mögliche Fehlerquellen der Spannungsversorgung ausgeschaltet. Einziger, aber vernachlässigbarer Nachteil ist die Dehnung von Flexgleisen bei Temperaturunterschieden und unterschiedlicher Luftfeuchtigkeit im Sommer und Winter. Es empfiehlt sich daher etwas „Spielraum“ bei den Gleisstößen zu lassen um eine Gleisverwerfung zu vermeiden.

### ***Spannungsversorgung***

Die Spannungsversorgung einer Modelleisenbahnanlage wird in der Fachliteratur und in Gebrauchsanweisungen der Hersteller nur unzureichend dargestellt ... „ausreichende Spannungsversorgung“. Unabhängig vom System (Digital oder Analog bzw. Gleichstrom oder Wechselstrom) ist eine gute und stabile Spannungsversorgung eines der wichtigsten Kriterien für einen reibungslosen Betrieb. Als Beispiel sei hier der Zugkrafttest in der Hauptwerkstätte Linz der ÖBB am 2. September 2000 angeführt, bei dem 350 Taurus Modelllokomotiven ihre „große“ Schwester (86 Tonnen) gezogen haben.



Abb. 57 Zugkrafttest September 2000 im TS-Werk Linz

Für die Stromversorgung auf Modellbahnanlagen empfehlen sich daher folgende Grundsätze. Sie beruhen auf langjähriger Erfahrung auf diesem Gebiet, erheben jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit:

- **Unterteilung der Anlage in mehrere Abschnitte**

Dabei sollte zwischen „freier“ Strecke, Bahnhöfen und Abstellanlagen wie Drehscheiben, Remisen oder Schattenbahnhöfen unterschieden werden. Fahrzeuge benötigen auch im Stillstand etwas Energie! Ganz besonders anfällig sind Drehscheiben, wo auf engem Raum viele Lokomotiven abgestellt sind. Die neueste Generation von Fahrzeugen ist mit Kondensatoren ausgestattet die permanent nachgeladen werden, um mögliche Spannungsverluste zu überbrücken und damit den Ausfall von Spezialfunktionen wie Fahrzeugsound (Fahrgeräusche der Motoren, Makrophon, Kuppelgeräusch, etc.) und Lokkamera (in den Führerstand integrierte Kamera) zu vermeiden.

Es empfiehlt sich daher die Anlage in mehrere Abschnitte zu unterteilen und mit einer eigenen Stromversorgung auszustatten. Bei der heute üblichen Digitaltechnik stellt dabei auch die Steuerung kein Problem dar. Weiters sollte unter der Anlage eine „Ringleitung“ verlegt und ca. alle 1,5 m eine Einspeisung ins Gleis installiert werden. Bei Drehscheiben ist jedes einzelne Remisengleis anzuspiesen.

- **Weichenantriebe und Anlagenbeleuchtung**

Die meisten Weichenantriebe sind Spulenantriebe mit einer Endabschaltung und benötigen damit nur für den Schaltprozess Strom. Danach schalten sie sich von selbst wieder ab. Jedoch kann dies im Falle einer gemeinsamen Stromversorgung mit den Fahrzeugen durch den Fahrstrom eng werden, wenn ein Zug in der Nähe ist und sozusagen sämtliche Energie benötigt. Ein längerer Zug bei der Anfahrt oder im Steigungsbereich kann die Spannung deutlich herabsetzen und somit den Schaltprozess der Weiche verhindern. Es ist daher ratsam sämtliche Weichenantriebe und Beleuchtungskörper jeweils mit einer eigenen Stromversorgung auszustatten.

- **Sauberkeit**

In vielen Fachforen im Internet wird über Probleme der Stromversorgung und plötzlichen Spannungsabfall und Stehenbleiben der Fahrzeuge berichtet. Ohne den genauen Sachverhalt zu kennen, liegt das Problem in 90% der Fälle an mangelnder Sauberkeit der Schienen und/oder der Fahrzeuge.

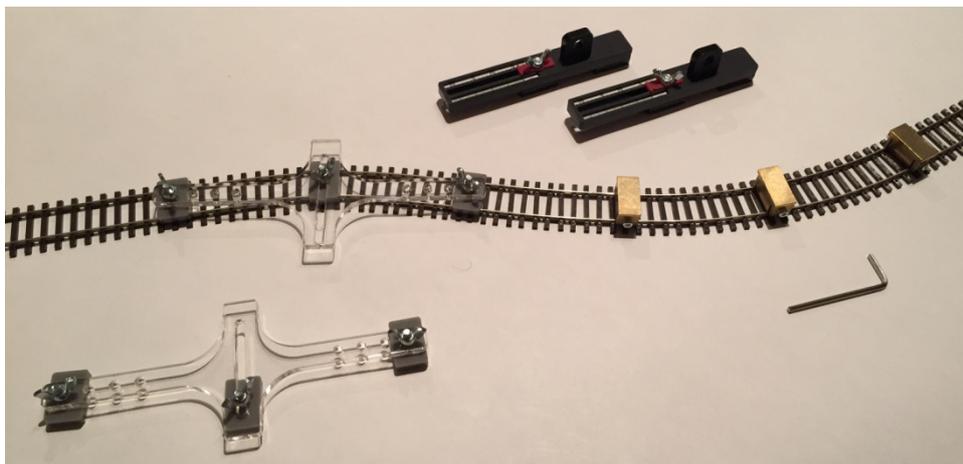
Schienen bestehen aus Neusilber (Kupfer-Nickel-Zinklegierung), das zwar von seiner Grundeigenschaft besonders leitfähig ist, aber bei Nichtgebrauch etwas „anläuft“ bzw. verschmutzt. Vergleichbar mit Silberbesteck oder Messing. Abhilfe hierbei schafft ein sogenannter „Schienenrubber“, vergleichbar mit einem Radiergummi.

Aber auch die Fahrzeuge möchten gewartet werden. Durch den Fahrbetrieb setzen sich an den Rädern der Fahrzeuge Ablagerungen (Gummiabrieb der Haftreifen<sup>5</sup>) und Staub ab. Daher ist die regelmäßige Reinigung der Räder der Fahrzeuge ratsam. Neben auf dem Markt erhältlichen Reinigungsbürsten empfiehlt sich folgende Technik: Das Fahrzeug wird vorsichtig verkehrt in eine Lokliege gelegt. Mit einem kurzen Stück Gleis welches an den Rädern angehalten wird, wird die Lok zum Laufen gebracht. Mit einem bereitgelegten Schienenrubber werden nacheinander alle Räder ohne (!) Haftreifen durch leichtes Anhalten des Rubbers vorsichtig gereinigt.

#### 4.5.7 Radius Schablonen

Für die Verlegung von Flexgleisen haben sich die Hersteller von Modelleisenbahn unterschiedliche Hilfsmittel einfallen lassen. Aus Anwendersicht sind alle diese Hilfsmittel äußerst kompliziert, aufwendig und erfordern für die Verarbeitung von Flexgleisen einen enormen Zeitaufwand. Stellvertretend für die vielen Varianten, die nach denselben Prinzipien funktionieren, seien zwei Artikel erwähnt:

- Proses Flexgleishalter von Hornby
- Flexgleisspanner von Massoth



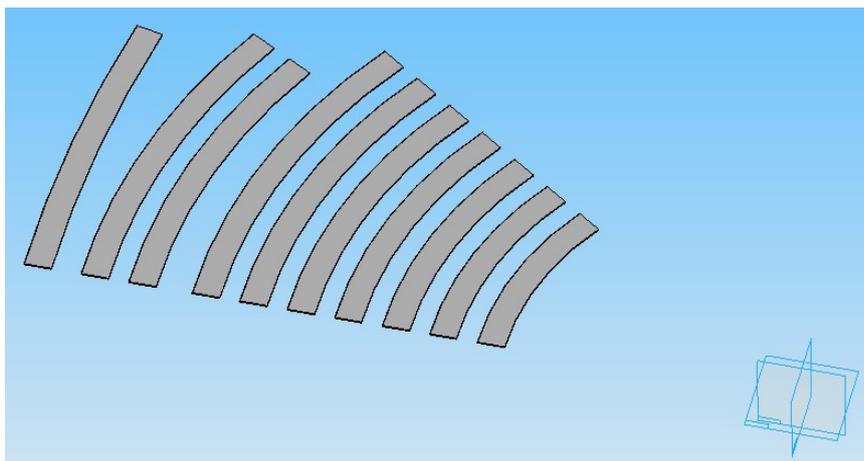
**Abb. 58 Flexgleis Hilfsmittel**

Am besten lassen sich Flexgleise in Bögen mit der bereits oben erwähnten Methode mit markierter Gleismitte verarbeiten. Einziges Problem besteht darin, dass es am Markt keine Schablonen, Lineale oder ähnliche Werkzeuge gibt, um in Bögen den benötigten Mittelstrich herzustellen. Es blieb daher nur mehr die Eigenentwicklung eines derartigen Werkzeuges. Die Entwicklung dieser

<sup>5</sup> Modelllokomotiven besitzen zur besseren Reibung in Steigungen und zur Erhöhung der Zugkraft sogenannte Haftreifen. Das sind dünne Gummibänder, die meist an zwei Rädern der Lokomotive sitzen.

Radiusschablonen war ein längerer Prozess. Ausgehend von den Arbeitsschritten, die für die Verlegung von Flexgleisen notwendig sind, begann für den Autor vor einigen Jahren die Suche nach einem geeigneten Arbeitsprozess und dazu passenden Werkzeugen. Nachdem oben erwähnter Arbeitsprozess für die Gleisverlegung in der „Geraden“ äußerst effizient möglich war, zeigten sich dann die ersten Probleme in Bögen. Die ersten Versuche den Mittelstrich auch in Bögen aufzutragen, führten zunächst auf die Suche nach Kurvenlinealen mit unterschiedlichen Radien wie sie früher von technischen Zeichnern genutzt wurden. Da so etwas nicht mehr auffindbar war, brauchte es Alternativen. Weitere Versuche mit großen Zirkeln für Schultafeln, waren ebenso nicht erfolgreich, da sehr oft der Mittelpunkt bzw. der Auflagepunkt des Zirkels fehlt. Es blieb somit nur noch die Eigenentwicklung von Radiusschablonen. Es wurden die bereits existierenden Radien des RocoLine Gleisprogramms verwendet und erweitert. Im RocoLine Gleisprogramm existieren die Radien R2 – R6, sowie R9, R10 und R20. Der Radius R2 wurde aufgrund seiner kleinen Größe nicht berücksichtigt. Ergänzend wurden die Radien FB1, FB2 und FB3 eingeführt (siehe Tabelle). Diese wurden mathematisch und geometrisch korrekt berechnet um den Parallelkreisabstand von 61,6 mm zu erfüllen und das RocoLine System zu erweitern.

<b>Radiusschablonen</b>	
<b>R3</b>	419,6 mm
<b>R4</b>	481,2 mm
<b>R5</b>	542,8 mm
<b>R6</b>	604,4 mm
<b>FB1</b>	666 mm
<b>FB2</b>	727,6 mm
<b>FB3</b>	789,2 mm
<b>R9</b>	826,4 mm
<b>R10</b>	888 mm
<b>R20</b>	1962 mm



**Abb. 59 Radiusschablonen während der Entwicklung mit dem Programm Solid Edge**

Zur Materialauswahl: Da der Einsatz analog zu einem Lineal, Geodreieck, etc. erfolgen soll, wurde Acrylglas verwendet. Vorteilhaft ist, dass der Untergrund sichtbar und das Material sehr elastisch sowie äußerst stabil ist. Für die Fertigung mit einer CNC-Fräse wurden die Schablonen mit dem Programm Solid Edge dreidimensional gezeichnet. Der dabei entstandene Datensatz kann in allen gängigen Formaten ausgegeben werden und kann somit jederzeit auf einer CNC-Anlage verarbeitet werden.

## 5. Modellbahn und Schule

Das handwerkliche Geschick von Kindern und Jugendlichen zu Hause und im Freizeitbereich nimmt immer mehr ab. Spielkonsolen, Computer und viele andere Gegenstände haben dem Modellbau (Auto, Eisenbahn, Schiffe, etc.) aber auch klassischen Spielzeugen mit feinmotorischen Fertigkeiten (Lego, Matador, etc.) den Rang abgelaufen. Ziel muss es sein, das Interesse der Kinder und Jugendlichen für „feinmotorische Tätigkeiten“ und handwerkliches Arbeiten wieder zu wecken.

Einige Spielzeug- und Modellbauhersteller setzen immer mehr auf Produkte, die sowohl die Computerwelt als auch das mechanische Spielzeug miteinander verbinden. Die Firma Roco setzt dabei auf die Produktlinie „Next Generation“. Hierbei wird die Modelleisenbahn über ein Tablet oder ein Smartphone miteinander verbunden und es müssen virtuell gestellte Aufgaben in der realen Welt gelöst werden. Das können zum Beispiel Rangierspiele sein, bei denen Fahrgeschick bewiesen werden muss. Dabei sind auch Abenteuer unter Einbindung von Actionfiguren enthalten. Außerdem gibt es eine Reihe von Tipps für kleinere handwerkliche Arbeiten die später eingebunden werden können. Es soll damit die „klassische“ Modelleisenbahn mit der virtuellen Computerwelt verknüpft werden. [vgl. Next Generation, 2016]

Die Schule ist ein wichtiger Lernort für den Bereich Feinmotorik. Die Schüler sollen in der Schule möglichst viele handwerkliche Techniken erwerben. Es sollte gelingen, die Schüler so zu begeistern, damit diese auch im Freizeitbereich handwerklich tätig sein wollen. Im Werkunterricht sollte es auch gelingen, dass sich Schüler über den Unterricht hinaus mit technischen Problemen und Vorgängen auseinandersetzen. Die Schulentwicklung führt immer mehr zu Ganztagschulen. Kinder und Jugendlichen verbringen damit auch einen Großteil ihrer „Freizeit“ in der Schule. Daher muss auch ein entsprechendes Angebot in der Nachmittagsbetreuung, neben dem Lernen für Schularbeiten, Tests und dem Bearbeiten der Hausübung, ermöglicht werden. Neben einem sportlichen Angebot scheint es zielführend, andere Interessensbereiche von Schülerinnen und Schülern zu wecken. Es gibt schon an sehr vielen Ganztagschulen in Deutschland ein breit gefächertes Angebot an Neigungsgruppen (auch Arbeitsgemeinschaften = AG genannt): Neben Fußball, Tennis, Grafik, Fotografie, Imkerei, etc. werden an deutschen Ganztagschulen immer mehr Modellbau AGs (AG = Arbeitsgemeinschaft) geführt. [vgl. BDEF, 2011,S.2f]

Fock, Projektleiter der Modelleisenbahn AG am Maria-Ward-Gymnasium in Günzburg (Bayern, Deutschland) betreut schon mehr als 10 Jahre die von ihm gegründete Modelleisenbahn AG der Schule und beschreibt die didaktischen und pädagogischen Ziele:

*[...]“ Das Projekt einer Modelleisenbahnanlage bietet gute Ansätze zu den wichtigsten von der PISA-Studie aufgedeckten Defiziten wie z.B. „mangelnde Lesebereitschaft“, „Konzentrationschwächen“ und fehlendes Umwelt-Wahrnehmungsvermögen“. Schon der Bau eines kleinen Gebäudes trainiert die Konzentrationsfähigkeit bei gleichzeitiger Übung der Feinmotorik und macht die Schüler spielerisch mit ihrer Alltagswelt vertraut. Das Entwerfen eines Bauplans beim Übertragen aus dem Original entwickelt und festigt das strukturelle Vorstellungsvermögen. Die Logik der einzelnen Baustufen und in der Natur beobachtete Details finden im fertigen Modell ihre Realisierung und schließen die Lücke der Wahrnehmungsdefizite der Schüler. Der gemeinsame Bau einer Schul-Modellbahn-Anlage wird der Forderung nach fächerverbindendem Unterricht gerecht und verbessert das soziale Gruppenverhalten [...]“ [vgl. Fock, 2008]*

Bei näherer Betrachtung finden sich schnell in fast allen Schulfächern Schnittmengen zur Modelleisenbahn. Die folgenden Punkte sollen die fächerübergreifende Wirkung einer Modelleisenbahn AG deutlich machen und Themen aufzeigen, die auch im Regelunterricht eingebaut werden können.

## **5.1 Lehrplanbezug der Modelleisenbahn in der Schule**

Die Lehrpläne vieler Unterrichtsfächer enthalten Themenbereiche, die anhand der Eisenbahn behandelt werden können. In Anschluss folgt eine Auflistung mehrerer Unterrichtsfächer mit für die Modelleisenbahn relevanten Themenbereichen. Die Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und zeigt gleichzeitig die Vielfältigkeit der Modelleisenbahn dar:

### **Allgemein:**

- Förderung der Teamfähigkeit
- Vermittlung von handwerklichen und praktischen Fähigkeiten
- Entwickeln und Förderung von Arbeiten nach Plan
- Arbeiten unter Termindruck
- Förderung von Durchhaltevermögen und ausdauerndem Arbeiten: Die Realisierung einer Modellbahnanlage bzw. eines Moduls erfordert die Geduld bis das Werkstück vollendet ist.
- Präsentationstechniken, Präsentation des geschaffenen Werkes bei einer Ausstellung (zum Beispiel Tag der offenen Tür, etc. )
- Finanzielle Aspekte (Sponsoring, Mitgliedsbeitrag, etc.)

### **Werkerziehung:**

- Kennenlernen und arbeiten mit verschiedenen Werkstoffen (Papier, Karton, Holz, Metall, Kunststoff, Schaumstoff, Gießharz, Gips, Beton, etc.)
- Erlernen von Bearbeitungstechniken und -verfahren (materialgerechte Verarbeitung). (schneiden, sägen, bohren, kleben, löten, schrauben, nageln, gießen, formen, messen, lackieren, etc.).
- Auseinandersetzung mit den Bereichen „Technik“ und „Gebaute Umwelt“.
- Kreative Gestaltung einer „Modellstadt“ unter Berücksichtigung von städtebaulichen Grundgedanken.
- Modellbau - Umbau eines industriell hergestellten Gebäudemodells auf die benötigten Maße
- Zusammenhänge bei technischen Sachverhalten erkennen
- Anleitung für eine sinnvolle Lebens- und Freizeitgestaltung
- Einblicke in die Berufs- und Arbeitswelt der Eisenbahn (Berufsorientierung)

### **Mathematik:**

- Geometrische Grundkonstruktionen (Kreis, Winkel, etc.) bei der Erstellung eines Gleisplans bzw. des Unterbaus
- Maßstabsberechnungen
- Berechnung von Winkelmodulen mit unterschiedlichen Radien
- Ausrundung beim Übergang der Gleise von der Horizontalen in die Steigung und umgekehrt
- Trassenberechnung bei Überwerfungsbauwerken und Brücken
- Berechnung von Gleiswendeln (Steigung, erforderliche lichte Höhe, Mindestdurchmesser, etc. )

- Simulation von Fahrplänen
- Anlagenplanung – Berechnung aller wichtigen Eckdaten, Maßstabsgerechte Zeichnung.

#### **Bildnerische Erziehung:**

- Kreative Gestaltung von Landschaft und Umgebung
- Farbgebung und Farbgestaltung (trocken und nass)

#### **Physik:**

- Mechanik
- Elektrotechnik
- Elektronik

#### **Informatik:**

- Logische Verknüpfungen
- Computerprogramme zur Steuerung und Auswertung von Abläufen. Betrieb von Modelleisenbahnanlagen (Fahrstraßen, Weichensteuerung etc. )

#### **Chemie:**

- Reaktionsmechanismen von 2-Komponentenklebern und Gießharzen.
- Chemie von Sekundenklebern und Kunststoffklebstoffen.
- Alterungsbeständigkeit von Kunststoffen, Klebstoffen und Schaumstoffen gegenüber Sauerstoff, Licht (UV) und andere äußere Einflüsse

#### **Geschichte:**

- Technikgeschichte
- Einfluss der Eisenbahn und des Verkehrs auf das Leben der Menschen
- Einfluss der Eisenbahn auf die Veränderung von Städten und Regionen

Die Bereiche Werkerziehung und Mathematik werden nachfolgend genauer betrachtet. An konkreten Beispielen mit Eisenbahn bzw. Modelleisenbahnbezug werden Anregungen für den Unterricht gegeben. [vgl. BDEF, 2003, S.9f]

## **5.2 Anknüpfungsmöglichkeiten in der Schule**

Wie man anhand der Lehrplanbereiche erkennen kann, gibt es vielfältige Anknüpfungsmöglichkeiten an die Eisenbahn bzw. die Modelleisenbahn in der Schule. Durch ausgewählte Themen lässt sich für die Schüler ein Programm, sowohl für den Regelunterricht, als auch für die Nachmittagsbetreuung bzw. den „Freizeitbereich“, zusammenstellen.

### **5.2.1 Allgemeines zum Thema Verkehr**

Sehr allgemein gehalten und damit für fast jeden zugänglich bzw. verständlich zeigt sich das Thema Verkehrsarten. Die Unterschiede von Schienen-, Straßen-, Schiffs- und Luftverkehr lässt sich von den Schülerinnen und Schülern sehr gut in Projektform bzw. in Gruppen erarbeiten. Es bietet sich an eine Art „Elefantenrunde“ der verschiedenen Vertreter (repräsentiert durch die Schüler) zu veranstalten. Die Vor- und Nachteile der einzelnen Verkehrsarten können und sollen thematisiert werden. Ebenso die Kombinationsmöglichkeiten und Zusammenhänge am Beispiel des Containertransport (Eisenbahn, LKW-Verkehr und Schiffsverkehr) sowie der „Rollenden Landstraße“ (Transport von LKW

auf Eisenbahnwagen). Einen weiteren Punkt stellen die systembedingten Unterschiede der einzelnen Transportmöglichkeiten dar. Im Straßenverkehr ist ein nahezu beliebiges Wenden von Fahrzeugen an ziemlich jedem Ort notwendig. Beim Schienenverkehr sieht diese Thematik ganz anders aus. Vielen Schülern ist nicht bewusst, was an Planung hinter dem Eisenbahnverkehr steckt. Eine Verdeutlichung kann hier ein sogenanntes „Fahrplanspiel“ anhand einer bestehenden Modelleisenbahnanlage bzw. eines Gleisplans oder ein Rangierspiel sein. Genaueres dazu im Punkt 3.2.4 Technik der Eisenbahn. In weiterer Folge können auch Aspekte der Umwelt besprochen und erarbeitet werden. Verschiedene Vergleiche zwischen dem Eisenbahnverkehr und dem Individualverkehr können von den Schülerinnen und Schülern selbstständig erarbeitet werden und sollen deren Bewusstsein für einen verantwortungsvollen Umgang mit der Natur stärken:

[vgl. BDEF, 2003, S.9]

- Vergleich Landschaftsverbrauch Gleistrasse – Autobahn
- Energieverbrauch pro Person bzw. Tonne Frachtgut pro Kilometer
- Energiebelastung Emissionen  
Bahnstrom wird in Österreich hauptsächlich aus Wasserkraft gewonnen. Kraftfahrzeuge fahren fast ausschließlich mit fossilen Brennstoffen)
- Wirkungsgrad der Energienutzung
- Entlastung der Straßen  
Gütertransporte auf der Schiene / Berufspendlerströme / Touristisches Angebot mit der Bahn

In den letzten Jahren hat der Reisekomfort an Bedeutung gewonnen hat. Während beim Auto zunehmend die Grenzen erreicht sind und aufgrund der Verkehrssicherheit immer mehr Tempolimits eingeführt wurden, kann die Eisenbahn mehr und mehr aufholen und teils ihren Vorsprung weiter ausbauen. Sogar den Komfortvergleich gegenüber dem Flugzeug muss die Eisenbahn nicht scheuen. Vergleicht man eine Fahrt auf der Strecke von Linz nach Wien zwischen dem Zug, Auto und sogar dem Flugzeug hat die Eisenbahn klar ihre Nase vorne. Fahrzeiten der Strecke Linz – Wien:

Zug: 1 h 16 min, Fahrzeit Railjet laut ÖBB.

Auto: 1 h 48 min, Fahrzeit laut Google Maps.

Flugzeug: 1 h 30 min. Flugzeit total 40 min., Check-In, Boarding und Gepäckabholung vor und nach dem Flug ca. jeweils 25 min. laut Austrian Airlines.

### 5.2.2 Technik der Eisenbahn

Der Bereich Eisenbahn-Technik ist sehr weitläufig und wird in dieser Arbeit durch die Bereiche Bahnhöfe, Bahnstrecken und Fahrzeuge abgedeckt. In jedem der drei Bereiche gibt es Themenstellungen, die auch im Regelunterricht verwendet und zur Interessensweckung herangezogen werden können. Hierbei sollte auf das Vorwissen und das Interesse der Schüler eingegangen werden. Für Interessengruppen lassen sich diese Kapitel nahezu unbegrenzt erweitern.

#### ***Bahnhöfe***

Neben den Bahnanlagen, Fahrplänen und der Sicherheitstechnik (Stellwerk) können auch bauliche Aspekte von Bahnhöfen thematisiert werden. Bahnhofsgebäude können nach ihrer Architektur oder ihrer künstlerischen Formgebung behandelt werden. In diesem Zusammenhang äußerst interessant ist die Tatsache, dass viele Bahnhöfe in Österreich nach einem festgelegten Baumuster errichtet wurden und zum Teil gleich oder nur geringfügig verändert erbaut wurden. Auch weit über die Grenzen des heutigen Österreichs hinaus finden sich Bahnhofsgebäude, die durch ihr Aussehen und

ihre Gestaltung an die Erbauung zur Zeit der Österreichisch-Ungarischen Monarchie erinnern. Analog dazu seien die Verkehrsbauten von Otto Wagner rund um Wien erwähnt. [vgl. Kubinsky, 2008, S. 7f]

Neben den Bahnhofsgebäuden selbst lässt sich die Komplexität des Bahnbetriebs anhand von Fahrplänen und Gleisplänen erläutern. Vor allem die Thematik Fahrplan kann für Neigungsgruppen ein interessantes Betätigungsfeld bieten. Für eine bestehende Anlage kann angelehnt an die Realität ein Fahrplan für die Züge erstellt werden. Die Schüler werden staunen wie aufwendig und vielfältig sich diese Planung gestaltet, wenn die Vorgaben des Bahnbetriebs erfüllt werden müssen. Die Abwechslung von Personen- und Güterzügen, die einzelnen Zuglängen sowie die Einfahrt und Ausfahrt der Züge muss koordiniert werden. Als Beispiel sei der Fahrplan der Modelleisenbahnanlage des EMK Linz angeführt:

**EMK - Linz** **Fahrplan 2009 Hbf**

Lfd. Nr.	Einfahrt Eingl.	Ausfahrt Eingl.	Abstell Gleis	Überstell fahrt	Gleis	Zug Nr.	HAUPTBAHNHOF	Gleis	Überstell fahrt	Abstell Gleis	Ausfahrt Zweigl.	Einfahrt Zweigl.
46						Z 114	TEE "Prinz Eugen"	201	E	E	E	E
						Z 114	DB 103.164.0					
47	E	E	E	E	104	Z 207	Eilzug jaffa					
						Z 207	1018.04					
48						Z 111	Donau Kurier	103	A	A	A	
						Z 111	DB 111.087.3					
49			302	U	204	Z 01	S-Bahn Salzburg					
						Z 01	4023.002.1					
50	E	E	E	E	102	Z 405	Rollende Landstraße					
						Z 405	1216.001 + 1144.275 Na					
51		A	A	A	201	Z 114	TEE "Prinz Eugen"					
						Z 114	DB 103.164.0					
52						Z 07	Transalpin + Städtegarnitur	105	A	A	A	
						Z 07	4010.05 + 4010.09					
53	E	E	E	E	103	Z 115	Leonardo da Vinci					
						Z 115	1216.025					
54						Z 209	Eilzug Klagenfurt - München	201	E	E	E	E
						Z 209	1042.537					
55						Z 207	Eilzug jaffa	104	A	A	A	
						Z 207	1018.04					
56		A	A	A	209	Z 411	Erzzug					
						Z 411	1042					
57						Z 115	Leonardo da Vinci	103	A	A	A	
						Z 115	1216.025					
58						Z 403	Autozug Car Rail Logistik	205	E	E	E	E
						Z 403	DB 182.001-8					
59						Z 405	Rollende Landstraße	102	A	A	A	
						Z 405	1216.001 + 1144.275 Na					
60	E	E	E	E	202	Z 12	Regionalzug Garmisch - Reutte					
						Z 12	DB 426.011-3					

Abb. 60 Fahrplan 2009 Eisenbahn Modellbau Klub Linz

Dieser von Magauer erstellte Fahrplan umfasst 154 (!) Zugfahrten bei einer Dauer von rund 3 Stunden und ist so ausgelegt, dass sich alle Züge am Ende des Fahrplans wieder in einer Grundstellung befinden und der Fahrplan von vorne wieder beginnen kann. Die Züge sind jeweils mit einer Zugnummer sowie deren Namen dargestellt. Durch farbige Pfeile wird jeweils die Ein- oder Ausfahrt auf das angegebene Gleis dargestellt. Der Fahrplan existierte für die „Fahrdienstleiter“ der weiteren Bahnhöfe und Schattenbahnhöfe in angepasster Form. Es verkehrten insgesamt 65 Zugsgarnituren unterschiedlichster Länge (bis zu 4,5 m) auf dieser Anlage, damit gab es kaum zeitlichen und räumlichen Spielraum. Der Fahrplan sollte genau eingehalten werden. Auch die Schüler werden beim Selbstversuch schnell auf Grenzen stoßen. Für die Entwicklung eines Fahrplans kann ein sogenanntes Fahrplanspiel entwickelt werden. Auf einem großen Bogen Papier werden alle Gleise eingezeichnet und deren nutzbare Länge aufgeschrieben. Für jeden Zug gibt es ein farbiges Plättchen mit der darauf vermerkten Zuglänge und der Zuggattung (Güterzug/Personenzug). Nun können die Schüler in Form einer Gruppenarbeit durch jeweiliges Vorrücken der „Zugplättchen“ die Zugfahrten aufschreiben und einen abwechslungsreichen Betrieb simulieren.

## ***Bahnstrecken***

Auch die Eisenbahnstrecke selbst bietet einige Punkte zum Erforschen an. Dazu bietet sich eine (Rad-)Wanderung entlang einer Strecke an. Im letzten Jahrzehnt sind entlang einiger Hauptstrecken sogenannte Neubauabschnitte parallel oder in kurzer Entfernung zur Bestandsstrecke hinzugekommen. Diese Inhaltspunkte bieten sich an:

- Wahl bzw. Lage der Eisenbahntrasse
  - Vergleich alte und neue Trasse
  - Anpassung der Landschaft  
Neubaustrecke / Bestandsstrecke – Anzahl der Kunstbauten
- Landschaft und Umgebung der Strecke  
Siedlungen und Kunstbauten entlang der Strecke; Lärmschutzwände bei Neubaustrecken
- Aufbau der Gleiskörper (Planum, Schotterbett, Schwellen, Gleise)  
Ev. kann hierbei auch eine Eisenbahnbaustelle direkt besichtigt werden.
- Kunstbauten (Bahndamm, Einschnitt, Anschnitt, etc.)

Ein fächerübergreifendes Projekt zwischen Werkerziehung, Mathematik und Physik bildet das Thema Überhöhung von Kurven und folgenden Fragestellungen:

- Hat die Überhöhung damit zu tun, dass schnelle Züge besser durch den Bogen kommen?
- Ist damit die Schienenabnutzung höher/geringer?

Zu diesen Fragen können theoretische Überlegungen von den Schülern bei der Beobachtung an einer Bahnstrecke gemacht werden. Mit Hilfe der Physik und der Mathematik können die Theorie dahinter erklärt und berechnet werden. Ein Beispiel dazu findet sich in dieser Arbeit im Punkt 5.5. Ein weiteres ähnliches Projekt kann unter folgendem Link abgerufen werden: [http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/online\\_material/mechanik2/kreis/gleisueberh.htm](http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/online_material/mechanik2/kreis/gleisueberh.htm) (2016-01-31)

## ***Züge***

Züge mögen bis auf ihr unterschiedliches Aussehen und ihrem Einsatzzweck für viele Menschen gleich aussehen. Eisenbahnbegeisterte werden eine Vielzahl an Unterschieden finden.

- Personenzüge (Nahverkehrszüge, S-Bahnen, ...)
- Schnellzüge (IC, EC, RJ, ICE, ...)
- Güterzüge
  - Ganzzüge (Kesselwagen, Container, Schüttgut, Holz, ...)
  - Gemischte Güterzüge
  - Verschubgüterzüge

Dieses Thema eignet sich hervorragend um die Komplexität des Eisenbahnbetriebs näher zu bringen. Den Schülern ist nicht bewusst, wie komplex die Planung des Eisenbahnverkehrs ist. Im internationalen Schülerwettbewerb „Känguru der Mathematik“ finden sich immer wieder Beispiele, die die Komplexität des Eisenbahnbetriebs für Kombinatorik- und Logikaufgaben als Grundlage verwenden. Im Jahr 2006 gab es nachstehende Aufgabe, die die Schwierigkeiten der Fahrzeugplanung anschaulich darstellt:

**Känguru der Mathematik 2006**  
**Gruppe Junior (9. und 10. Schulstufe)**  
**Österreich - 16.3.2006**  
**Lösungen**



22) Ein Zug wird aus fünf verschiedenen Waggonen I, II, III, IV und V zusammengestellt, die von einer Lok gezogen werden. Auf wie viele Arten kann der Zug zusammengestellt werden, wenn Waggon I immer vor Waggon II im Zug sein muss?

- A) 120      B) 60      C) 48      D) 30      E) 10

**Antwort B**

*Lösung 1:* Wir beginnen damit, Lok (L) und die Waggonen I und II in der vorgegebene Reihenfolge anzuordnen: L – I – II.

Waggon III kann nun an drei Stellen eingereiht werden: Zwischen Lok und Waggon I, zwischen den Waggonen I und II und nach Waggon II.

Ist Waggon III eingereiht, so gibt es für die Position von Waggon IV vier verschiedene Möglichkeiten: Zwischen Waggon und vorderstem Waggon, unmittelbar hinter dem vordersten der drei Waggonen, unmittelbar vor dem hintersten der drei Waggonen und am Enden des Zugs.

Danach ergeben sich fünf Möglichkeiten für das Einreihen von Waggon V.

Insgesamt kann der Zug also auf  $3 \cdot 4 \cdot 5 = 60$  Arten zusammengestellt werden.

*Lösung 2:* Weil immer Waggon I vor Waggon II im Zug sein muss, gibt es für Waggon II unter den fünf Positionen für die fünf Waggonen

• 4 Möglichkeiten, wenn Waggon I auf Position 1 (als erster Waggon unmittelbar hinter der Lok) ist,

• 3 Möglichkeiten, wenn Waggon I auf Position 2, also zweiter Waggon hinter der Lok ist,

• 2 Möglichkeiten, wenn Waggon I dritter Waggon hinter der Lok ist und

• 1 Möglichkeit, wenn Waggon I vierter (also vorletzter) Waggon hinter der Lok ist.

Für die restlichen 3 Waggonen gibt es in jedem Fall  $3 \cdot 2 \cdot 1$  verschiedene Möglichkeiten, sie an den restlichen drei Positionen einzureihen.

Damit gibt es  $(4+3+2+1) \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 60$  mögliche zulässige Zusammenstellungen des Zugs.

**Abb. 61 Beispiel Känguru der Mathematik 2006**

Die im Beispiel erwähnte Kombination, dass Waggon I immer vor Waggon II gereiht werden muss entspricht dem Vorbild, bei dem ein Speisewagen im Regelfall immer an die 1. Klasse Waggonen anschließt. Natürlich sind beim Vorbild noch etliche andere Punkte für die Wagenreihung ausschlaggebend, wie beispielsweise die Verteilung von Abteil und Großraumwägen. Aber nicht nur die verschiedenen Zuggattungen sondern auch die Fahrzeuge bzw. die Traktionsarten können thematisiert werden:

- Dampflokomotive
- Diesellokomotive
- Elektrolokomotive
- Triebwagen

Die Technik der verschiedenen Antriebsarten kann fächerübergreifend behandelt. Themenstellungen wie der Unterschied zwischen einem dieselhydraulischen oder dieselelektrischen Antrieb aber auch die Funktionsweise einer Dampfmaschine stellen interessante Themenbereiche dar.

In Zusammenhang mit einem historischem Rückblick und der Betrachtung verschiedener

Fahrzeugbaureihen von den Anfängen der flächendeckenden elektrischen Traktion bis heute lassen

sich auch die technikgeschichtlichen Entwicklungen auf diesem Gebiet darstellen. Neben den Zuggattungen und Fahrzeugen ist ein dritter Teilbereich vor allem auch für den Regelunterricht von Bedeutung. Anhand von einfachen Versuchen mit Modelleisenbahnfahrzeugen lassen sich Versuche zum Thema Adhäsion und Reibung durchführen. Untersuchungen zur Zugkraft in Abhängigkeit von der Steigung, der Anzahl der angetriebenen Achsen sowie des Reibungsgewichtes sind relativ einfach zu verwirklichen und ermöglichen einen realitätsnahen Unterricht. Für den Themenbereich Mechanik in der Werkerziehung ist der Raddurchmesser von Dampflokomotiven interessant. Mit Hilfe von Zahnrädern bzw. Scheibenrädern ist es möglich, die Schüler selbst experimentieren zu lassen. In Projektform kann die Frage geklärt werden, weshalb Güterzugdampflokomotiven tendenziell kleine Räder hatten und Schnellzugdampflokomotiven extrem große Räder besaßen.

### **5.2.3 Modelleisenbahn**

In den folgenden Kapiteln werden einige konkrete Beispiele vorgestellt. Nicht nur im Regelunterricht, sondern vor allem im Bereich der Freizeitgestaltung an Schulen (Ganztagsschule) kann durch Interessengruppen die Begeisterung der Schüler für die Modelleisenbahn geweckt werden. Für den Aufbau einer derartigen Interessengruppe ist eine Reihe von Vorarbeiten notwendig. Von einigen Modelleisenbahnherstellern werden derartige Vorhaben mit Materialspenden großzügig unterstützt. Ein paar Entscheidungen sind durch den Betreuer der späteren Modelleisenbahn Interessensgruppe vorab zu treffen. Diese Eckdaten sollten vor der ersten Konfrontation mit den Schülern festgelegt sein:

- Auswahl der Spurweite
- Anlagenbau - Fixe bzw. Ortsfeste Anlage oder Modulanlage
- Stromsystem – Gleichstrom oder Wechselstrom
- Anlagensteuerung
  - Konventionell (Analog) – Trafo = Geschwindigkeitsregler
  - Digital (mit „Lokmaus“ und/oder PC)

Die Möglichkeiten bzw. Räumlichkeiten der Schule müssen berücksichtigt werden. Für die Auswahl des Anlagenthemas bzw. des Anlagenkonzeptes können bereits die Schüler einbezogen werden. Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Möglichkeiten können in Clusterform besprochen werden. Es sollte vom Betreuer jedenfalls darauf geachtet werden, dass das Konzept zu einem späteren Zeitpunkt ausbaufähig ist, um auch für zukünftige Schüler ein interessantes Betätigungsfeld zu ermöglichen. Im Falle von beengten Raumverhältnissen ist in jedem Fall der Modultechnik Vorrang zu geben. Dazu bedarf es vor Baubeginn folgende Klärungen:

- Genormte Übergänge
- Transportable Elemente (Maximalgröße festlegen)
- Handhabung – es muss an mehreren Elementen gleichzeitig gearbeitet werden können.

## **5.3 Interessensgruppen**

### **5.3.1 Beispiele aus der BRD**

Warum Modelleisenbahn in der Schule? Mit dieser Frage wird jeder konfrontiert sein, der eine Modelleisenbahn AG in der Schule gründen möchte. Der Autor hat Argumente, die für einen Einsatz in der Schule sprechen, im Sinne eines fächerübergreifenden Unterrichts zusammengetragen:

- Abwechslung im Schulalltag
- neue Herausforderungen
- Simulation der Realität
- Förderung der handwerklichen Fähigkeiten
- Förderung des technischen Verständnisses
- Anreiz zur sinnvollen Freizeitbeschäftigung
- Pädagogisches Lernmittel
- Betätigungsfeld für einen modernen und dem Bildungsauftrag entsprechenden Unterricht
- Steigerung des Selbstwertgefühles der Schüler
- Erwerben sozialer Kompetenz
- „Aufbauen statt Zerstören“
- Förderung der Kreativität

Wichtig ist nicht nur die Betrachtung des „stehenden Modells“, wie Maßstab, Stromkreise und die Dampfmaschine, sondern auch die Auseinandersetzung mit komplexeren Themen wie dem Erstellen von Fahrplänen oder dem Erstellen eines Schaltplans. [vgl. Fock, 2008]

Während es in Deutschland schon an mehr als 100 Schulen Modellbahn AGs gibt, ist in Österreich zurzeit keine einzige AG bekannt. Momentan einziges Projekt auf diesem Sektor ist die Anlage der Modellbahngruppe MEG Wien-Süd, die nach dem Umbau des alten Wiener Südbahnhofes in der Pädagogischen Hochschule Wien eine neue Heimat gefunden hat und seitdem auch für didaktische Zwecke genutzt wird. Unter anderem dient die nachgebaute Semmeringstrecke mit dem „Kalte Rinne“-Viadukt als Anschauungsobjekt für die Forschungsfrage „Was ist ein technisches Denkmal?“. [vgl. Bundesdenkmalamt, 2013]

Folgende Links zu bereits bestehenden Modellbahn AGs können hilfreich sein:

Maria-Ward-Gymnasium Günzburg:

<http://modellbahn-ag-vovo.jimdo.com/> (2015-08-25)

IGS Deidesheim:

<http://www.igs-deiwa.de/index.php?page=modelleisenbahn-neu> (2015-08-22)

Kreuzschule Coesfeld:

<http://www.kreuzschule-coesfeld.de/schueler/modellbahn-ag.html> (2015-08-25)

Kleefeld, Schulübergreifendes Projekt (mehrere Schulen)

<http://www.kleefeld-online.de/AG-Modelleisenbahn.426.0.html> (2015-08-22)

Um Schülerinnen und Schüler für die Eisenbahn und im speziellen für die Modelleisenbahn zu begeistern müssen eigene Aufgaben gefunden und definiert werden. Je nach Vorwissen der Gruppe können und sollten sich Arbeitsgruppen mit dem großen Vorbild auseinander setzen. Ein gewisses Maß an „Vorbildwissen“ dient als Grundlage zum späteren Bau einer Modelleisenbahnanlage bzw. Diorama in allen Formen. Als Einstieg kann zum Beispiel die Besichtigung einer der großen Hauptwerkstätten der Österreichischen Bundesbahnen in Linz, Wien, Salzburg, St. Pölten oder Knittelfeld sein oder auch die Besichtigung der Werkstätte der örtlichen bzw. regionalen Verkehrsbetriebe (z.B.: Stern & Hafferl, LILLO, Steiermärkische Landesbahn, Wiener Lokalbahn, Linz AG Linen, Innsbrucker Verkehrsbetriebe, Grazer Linien etc. ) oder aber auch eines der größeren Eisenbahn- und Verkehrsmuseen (Lokpark Ampflwang, Heizhaus Strasshof, Lokwelt Freilassing, etc.). Der Lokpark Ampflwang bietet spezielle Führungen für Schulgruppen an, bei der die Schüler einige Themen selbst erforschen und Arbeiten ausprobieren können. Bei bereits vorhandenem Wissen ist

auch die Beobachtung und eigenständige Recherche der Schülerinnen und Schüler zu unterschiedlichsten Themen des Eisenbahnbetriebs eine mögliche Zugangsquelle.

Von den Betreuern einer Modelleisenbahn AG sollte vom „Dampflokdanken“ Abstand genommen werden. Viele der Schülerinnen und Schüler haben noch nie eine Dampflokomotive in Betrieb gesehen oder sind zum Teil noch nicht in einem richtigen Zug mitgefahren. Sie kennen Diesellokomotiven, Elektrolokomotiven, verschiedene Triebwagen und natürlich den Railjet und ICE.

Einige von den Verkehrsunternehmen eingeführte Fahrzeugnamen sind den Schülerinnen und Schülern bekannt. Zum Beispiel:

- Taurus (ÖBB Reihe 1016/1116/1216)
- Herkules (ÖBB Reihe 2016)
- Hector (ÖBB Reihe 2070)
- Talent (ÖBB Reihe 4023/4024/4124, Talent = Talbot leichter Nahverkehrstriebwagen)
- Cityjet (ÖBB Reihe 4744/4746)
- Desiro (ÖBB Reihe 5022)
- Railjet (ÖBB Hochgeschwindigkeitszug)
- ICE (InterCityExpress, deutscher Hochgeschwindigkeitszug der auch in Österreich verkehrt)
- CityShuttle (Nahverkehrswagen der ÖBB)
- Wiesel (ÖBB Doppelstockwagen)
- Cityrunner (Straßenbahnfahrzeug der Linz Linien und Grazer Linien)
- ULF (Straßenbahnfahrzeug in Wien, ULF = Ultra Low Floor)

Dieses Wissen stammt oft von Werbungen, der Zeitung aber auch vom allgemeinen Sprachgebrauch. Zu Beginn sollten Aufgabenstellungen und Themen stehen, die in den Epochen 5 bzw. 6 liegen und sich weniger mit der Epoche 1 bis 4 auseinandersetzen. Die Freude an nostalgischen Eisenbahnen kommt mit der Zeit im Normalfall von alleine. [vgl. BDEF, 2011, S.3]

***(Modell-)Eisenbahnepochen:***

<b>Epoche</b>	<b>Zeitraum</b>	<b>Charakterisierung</b>
<b>I</b>	1870 - 1920	Anfänge des Eisenbahnbaus bis zur Entstehung eines zusammenhängenden Streckennetzes. Entstehung von Privat- und Staatsbahnen.
<b>II</b>	1920 - 1945	Zeit nach Entstehen der großen nationalen Staatsbahnnetze. Nach dem Zerfall der Donaumonarchie entsteht u.a. die österreichische Bundesbahn.
<b>III</b>	1945 - 1970	Nachkriegszeit, Fahrzeuge der fünfziger und sechziger Jahre auf Europas Schienen. Umorganisation der Österreichischen Eisenbahnen und Wiederaufbau nach dem 2. Weltkrieg.
<b>IV</b>	1970 - 1990	Abschluss der Umstellung auf Elektro- bzw. Dieselmotoren. Einführung der computergerechten UIC-Beschriftung für Fahrzeuge.
<b>V</b>	1990 - 2005	Neue Fahrzeuge werden beschafft. Corporate Identity Design entsteht und bestimmt das Erscheinungsbild.
<b>VI</b>	Ab 2005	Ausmusterung der Altbaufahrzeuge der Nachkriegszeit. Einführung europaweit gleicher UIC-Fahrzeugnummern, die eine Länderkennzeichnung beinhalten. Nahverkehr wird Großteils auf Triebwagen umgestellt.

[vgl. Morop, 2008(2003)]

## 5.3.2 Projektideen

### **Projekt Bahnhof**

#### **Ziel:**

Bau eines Bahnhofs im Maßstab H0.

Darstellung eines österreichischen Bahnhofs der Westbahnstrecke.

#### **Rahmenbedingungen:**

Einsatz von Roco Gleis- und Rollmaterial.

Zur Verfügung stehender Platz: 4,5m x 1m.

Vorbereitung für späteren Einbau einer Steuerung (Digitalsteuerung - Computer).

Beachtung der Normen Europäischer Modellbahnen (NEM), siehe <http://www.miba.de/morop/> (2016-01-31)

#### **Bezug zum Lehrplan:**

Allgemeine Pädagogik

- Förderung der Teamfähigkeit
- Vermittlung von praktischen Fertigkeiten
- Erziehung zu ausdauerndem Arbeiten

Werkerziehung

- Material- und Werkzeugkunde (Holz, Metall, Kunststoff, etc.)
- Bearbeitungstechniken (Schneiden, Sägen, Bohren, Kleben, Löten, Schrauben)
- Baum und Raum

Mathematik

- Geometrische Grundkonstruktionen bei der Erstellung eines Gleisplans.

#### **Phase 1 - Vorbildrecherche:**

Grundsätzliches:

Systembedingte Unterschiede zwischen Schienen- und Straßenverkehr

Der Bahnhof

- Welcher Bahnhof ist als Vorbild geeignet?
- Vergleich mehrerer Bahnhöfe und Betrachtung der Unterschiede
- Welche Anforderungen werden an den Bahnhof gestellt?
- Was gehört alles zu einem Bahnhof?
- Gleisplan
- Bahnsteige
- Güterverladung

Die Züge

- Zuglängen
- Personenzüge
- IC, EC, ICE, Railjet
- Güterzüge

Wenn möglich Besichtigung vor Ort.

Maßstäbliche Zeichnung aller Gleispläne österreichischer Bahnhöfe siehe

[http://www.sporenplan.nl/html\\_de/sporenplan/obb/obb\\_schaal/start.html](http://www.sporenplan.nl/html_de/sporenplan/obb/obb_schaal/start.html) (2016-01-31)

### **Phase 2 - Planung:**

- Betrachtung der Umsetzungsmöglichkeiten
  - Was muss bei der Umsetzung ins Modell beachtet werden.
  - Verwendung NEM – Normen (Gleisabstände, Radien, usw.)
  - Welche Kompromisse müssen getroffen werden?
- Materialeinsatz
- Planzeichnen, mit Computereinsatz oder maßstäblicher Zeichnung per Hand auf Papier (Flipchart in Originalgröße)
  - Planung eines Grundrahmens /Trägerrahmen
    - Vollrahmen in Metall oder Holzbauweise
    - Spanten-Bauweise
  - Planung Bahnhof (Gleise, Weichen)

### **Phase 3 - Realisation:**

- Materialbeschaffung  
Einkaufen mit Schülergruppe?
- Erarbeitung eines Arbeitsplans mit den Schülern
  - Rahmenbau
  - Übertragung des Plans auf die Grundplatte
  - Trassenbau
  - Gleisbau
- Umsetzung des Projekts

### **Phase 4 - Testen**

- Probelauf mit Fahrzeugen.
- Wurde alles korrekt verbaut?

### **Phase 5 - Evaluation:**

- Was konnte geschaffen werden?
- Wo lagen die Probleme bei der Umsetzung?
- Was kann / soll in der Zukunft besser gemacht werden?

### ***Projekt Modul - Wettbewerb***

#### **Ziel:**

Bau von mind. 2 möglichst spektakulären Modulen.

Teilnahme an der öffentlichen Jahresausstellung der Schmalspur-Modulbaugruppe

vgl. <http://www.meinbezirk.at/wolkersdorf-im-weinviertel/chronik/ausstellung-modellbahn-macht-schule-d949924.html> (2016-01-31)

#### **Rahmenbedingungen:**

Einsatz von Roco Gleis- und Rollmaterial.

Vorbereitung für späteren Einbau einer Steuerung (Digitalsteuerung - Computer).

Beachtung der Fremo – Modulbaunormen, siehe [http://www.fremo-net.eu/h0\\_normentwurf.html](http://www.fremo-net.eu/h0_normentwurf.html) (2016-01-31)

Beachtung der Normen Europäischer Modellbahnen (NEM), siehe <http://www.miba.de/morop/> (2016-01-31)

## **Bezug zum Lehrplan:**

### Allgemeine Pädagogik

- Förderung der Teamfähigkeit
- Vermittlung von praktischen Fertigkeiten
- Erziehung zu ausdauerndem Arbeiten
- Präsentation der Arbeit im Rahmen einer öffentlichen Ausstellung
- Arbeiten unter Termindruck

### Werkerziehung

- Material und Werkzeugkunde (Holz, Metall, Kunststoff, etc.)
- Bearbeitungstechniken (Schneiden, Sägen, Bohren, Kleben, Löten, Schrauben)
- Bau und Raum

### Mathematik

- Geometrische Grundkonstruktionen (Radius, Kreis, ...)

## **Phase 1 - Vorbildrecherche:**

- Das große Vorbild
  - Landschaftsverbrauch (Gleistrasse / Autobahn)
  - Historische Entwicklung des Reisens und des Verkehrs
- Recherche durch Schüler in 2-3er Gruppen. Achtung Schwierigkeitsgrad
- Grobplanung eines Konzepts durch Schüler
- Auswahl der besten zwei Projekte im Plenum.

## **Phase 2 - Planung:**

- Betrachtung der Umsetzungsmöglichkeiten
  - Was muss bei der Umsetzung ins Modell beachtet werden?  
Welche speziellen Anforderungen gibt es beim Modulbau?
  - Verwendung Fremo – Norm (Übergang zum nächsten Modul)
  - Verwendung NEM – Normen (Gleisabstände, Radien, usw.)
  - Welche Kompromisse müssen getroffen werden?
- Materialeinsatz
- Planzeichnen  
Mit Computereinsatz oder maßstäblicher Zeichnung per Hand auf Papier (Flipchart in Originalgröße)
  - Planung des Moduls

## **Phase 3 - Realisation:**

- Materialbeschaffung  
Einkaufen mit Schülergruppe?
- Erarbeitung eines Arbeitsplans mit den Schülern
  - Modulbau
  - Trassenbau
  - Gleisbau
  - ...
- **Umsetzung des Projekts**

## **Phase 5 - Evaluation:**

- Was konnte geschaffen werden?
- Wo lagen die Probleme bei der Umsetzung?
- Was kann / soll in der Zukunft besser gemacht werden?

## **Projekt Höhendifferenz**

### **Ziel:**

Überwindung einer Höhendifferenz von mind. 50 cm. Auf engstem Raum  
Bau von Viadukten, Brücken, Tunneln, Wendeln

### **Rahmenbedingungen:**

Einsatz von Roco Gleis- und Rollmaterial.

Zur Verfügung stehender Platz: 2 m x 2,5 m.

Steigung max. 3%

Beachtung der Normen Europäischer Modellbahnen (NEM), siehe <http://www.miba.de/morop/>

Anschluss an das Bahnprojekts!

### **Bezug zum Lehrplan:**

Allgemeine Pädagogik

- Förderung der Teamfähigkeit
- Entwicklung von planvollem Vorgehen
- Vermittlung von praktischen Fertigkeiten
- Erziehung zu ausdauerndem Arbeiten

Werkerziehung

- Material und Werkzeugkunde (Holz, Metall, Kunststoff, etc.)
- Bearbeitungstechniken (Schneiden, Sägen, Bohren, Kleben, Löten, Schrauben)
- Bau und Raum

Mathematik

- Geometrische Grundkonstruktionen (Radius, Kreis)
- Berechnung Steigung, lichte Höhe, ...

Physik

- Mechanik
- Reibung (Haftreibung, Zugkraft)
- Zusammenhang Raddurchmesser - Schiene

### **Phase 1 - Vorbildrecherche:**

Die Strecke

- Auf welchen Bahnstrecken werden große Höhenunterschiede überwunden?
  - Semmeringbahn
  - Mariazellerbahn
  - Rhätische Bahn Schweiz
- Welche „Tricks“ wurden verwendet?
- Welchen Anforderungen an Steilstrecken gibt es in der Realität?
- Welche Möglichkeiten gibt es auf kurzer Distanz Höhe zu gewinnen?

Die Züge

- Wie stark ist eine Lokomotive?
- Wie viele Tonnen können befördert werden?
- Besuch Hauptwerkstätte Linz ÖBB?

Wenn möglich Besichtigung vor Ort.

Videos zu vielen Bahnstrecken mit Erklärungen. (Bau, Hindernisse, Probleme, etc.)

<http://swrmediathek.de/tvshow.htm?show=baef4e80-9bdc-11df-b44d-00199916cf68>

### **Phase 2 – Testen**

- Versuche zu Haftreibung von Modellfahrzeugen
- Versuche zu maximaler Steigung – Grenzen der Adhäsionskraft  
Ermittlung einer optimalen Steigung für einen vorbildgerechten Modellbahnbetrieb.  
Orientierung am Vorbild – angemessene Anzahl an Wagen

### **Phase 3 - Planung:**

- Betrachtung der Umsetzungsmöglichkeiten
  - Was muss bei der Umsetzung ins Modell beachtet werden?
  - Verwendung NEM – Normen (Gleisabstände, Radien, usw.)
  - Welche Kompromisse müssen getroffen werden?
- Materialeinsatz
- Planzeichnen; Mit Computereinsatz oder maßstäblicher Zeichnung per Hand auf Papier (Flipchart in Originalgröße)
  - Planung eines Grundrahmens / Trägerrahmens
  - Verschiedene Möglichkeiten
    - Vollrahmen in Metall oder Holzbauweise
    - Spantenbauweise
  - Planung Strecke  
Zur Überwindung einer solchen Höhendifferenz wird man um den Bau einer Gleiswendel nicht herum kommen.

### **Phase 4 - Realisation:**

- Materialbeschaffung  
Einkaufen mit Schülergruppe?
- Erarbeitung eines Arbeitsplans mit den Schülern
  - Rahmenbau
  - Anfertigung Trassenbretter  
Sandwich-Technik zur Verringerung der Bauhöhe
  - Trassenbau  
Gewindestangen zur Feinjustierung
  - Gleisbau
- Umsetzung des Projekts

### **Phase 5 – Testen:**

- Probelauf mit Fahrzeugen am neuen Streckenabschnitt
- Wurde alles korrekt verbaut?

### **Phase 6 - Evaluation:**

- Was konnte geschaffen werden?
- Wo lagen die Probleme bei der Umsetzung?
- Was kann / soll in der Zukunft besser gemacht werden?

## 5.4 Werkerziehung

Die Themen in der Werkerziehung sind sehr flexibel. Die Eisenbahn mit ihrer Technik bietet sich sehr gut für eine Auseinandersetzung im Werkunterricht an. Der Lehrplanbereich Technik und der Teilbereich Mechanik bieten dazu ein breites Lernfeld. Schüler können unterschiedliche mechanische Vorgänge von Maschinen, Antriebs-, Lenkungs- und Steuerungssysteme von Fahrzeugen kennen lernen. Die Modelleisenbahn kann als Anschauungsobjekt dienen. Dieses Kapitel stellt eine Sammlung von Unterrichtsideen dar, die sowohl im Regelunterricht als auch für Neigungsgruppen verwendet werden können.

### 5.4.1 5. Schulstufe – Produktgestaltung & Design / Gebrauchsgut

**Thema:** Serienfertigung, Parkettierung, Transportlogistik

**Inhalt:** Die Schüler bauen Schachteln aus Karton mit einheitlicher Größe. Die Boxen sollen so geschichtet werden, dass sie nebeneinander genau auf eine Europlatte (1200 mm × 800 mm) passen und diese ausfüllen. Als Grundlage dient das Euroboxensystem. Die Schüler sollen dabei die Unterschiede der Fließfertigung und der Werkstattfertigung kennenlernen. Anschließend sollen die beiden Fertigungsverfahren miteinander verglichen werden.

Als Produktanalyse sollen die Schüler mit Hilfe folgender Zeichnung einen Güterwagen mit Europaletten beladen. Je nachdem wie die Paletten angeordnet werden, passen mehr oder weniger in den Waggon. Anhand dieses Beispiels sollen den Schülern die Zusammenhänge zwischen Form, Funktion, Ökonomie und Ökologie gezeigt werden. Nachfolgend zwei mögliche Ergebnisse.

Zweiachsiger gedeckter Güterwagen mit zweiteiligen Schiebewänden

Hbis  
Hbils  
Hbikkls

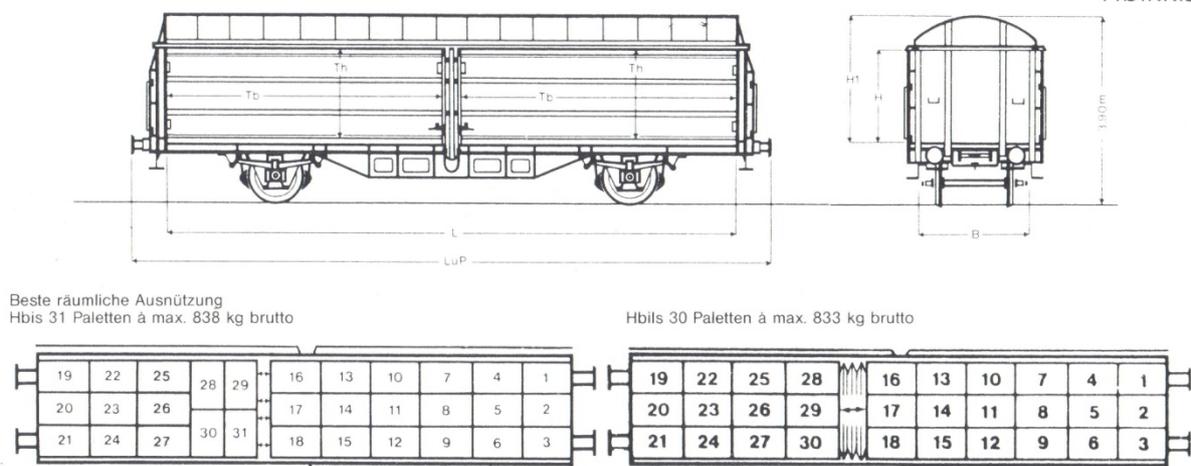


Abb. 62 Güterwagen - Raumausnutzung

Lerninhalte:

- Einsichten in die Grundprinzipien von Fertigungsverfahren
- Herstellen von Gebrauchsgegenständen
- Verstehen lernen von Konstruktionsprinzipien (Form, Funktion, Werkstoff)
- Produktanalyse (Ökologie, Ökonomie)

### 5.4.2 6. Schulstufe – Mechanik

**Thema:** Fahrzeug – Getriebemotor

**Inhalt:** Die Schüler planen und bauen ein schienengebundenes Triebfahrzeug mit fixer Spurweite von 32 mm (Lego Duplo Eisenbahn), das von einem elektrischen Getriebemotor angetrieben wird. Als Besonderheit muss das Fahrzeug Räder in zwei verschiedenen Größen zum Wechseln besitzen (große und kleine). Die Schüler müssen sich die Befestigung (leicht zu wechseln) der Räder am Chassis bzw. die Befestigung des Getriebemotors (Antriebswelle) überlegen. Die äußere Form des Fahrzeugs ist nebensächlich. Dazu muss eine Werkzeichnung angefertigt werden. Nach dem Bau erfolgt in Gruppenarbeit eine Erprobungsphase der Fahrzeuge auf Gleisen der Duplo-Eisenbahn der Firma Lego. Dazu wird mit Teilen des Lego Duplo Systems ein „Prüfstand“ errichtet. Die Gruppenarbeit soll folgende Punkte beinhalten:

- Unterschied und Auswirkungen des Raddurchmessers – kleine bzw. große Räder
- Grenzen der Adhäsion – Steigung
- Zugkraft – Anhängelasten in Ebene und Steigung

**Ziele:**

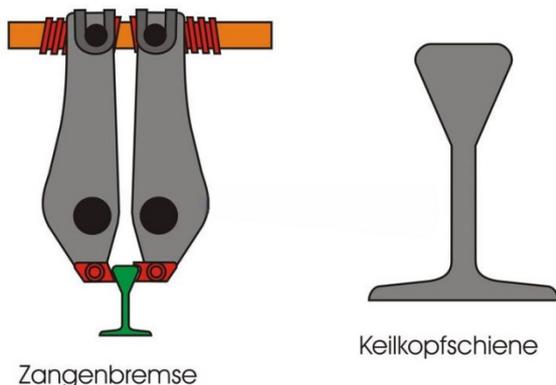
- Verstehen lernen von Konstruktionsprinzipien (Funktionsweise, Mechanik)
- Herstellen und Erproben von Modellen / Werkstücken
- Einsichten in einfache mechanische Vorgänge an Maschinen

### 5.4.3 7. Schulstufe – Mechanik

**Thema:** Schienen bzw. Weichen

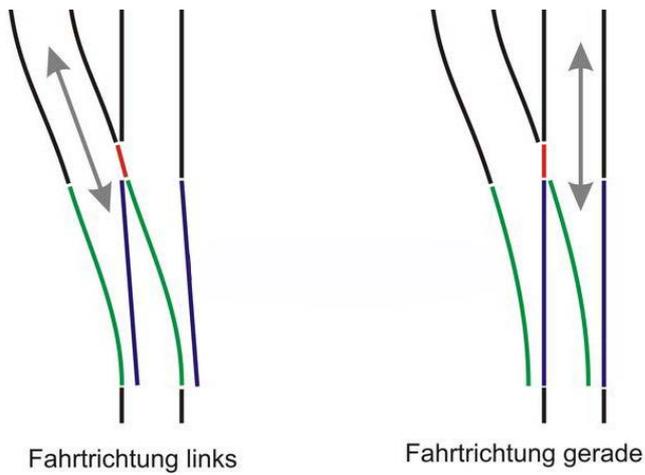
**Inhalt:** Auseinandersetzung mit dem Thema Hebel, Winkelhebel und Stange zum Thema Mechanik am Beispiel Schienen und Weichen. In Verbindung dazu ist ein Besuch im Pöstlingbergbahnmuseum in Linz bzw. einem anderen technischen (Eisenbahn-)Museum von Vorteil.

Die Schüler werden mit dem Begriff „Keilkopfschiene“ und Weichen konfrontiert. Bahnen mit Keilkopfschienen besitzen sogenannte Zangenbremsen, die die Schiene umklammern und so ein abgleiten über die Schienen bei feststehenden Rädern verhindern.



**Abb. 63** Querschnitt Zangenbremse und Keilkopfschiene

Die Schüler sollen in kleinen Gruppen eine Mechanik für eine Weiche entwickeln, die es erlaubt diese ohne Probleme zu durchfahren! Problemstellen sind dabei die Weichenzunge sowie das Herzstück der Weiche.



**Abb. 64 Schematische Darstellung einer Schleppweiche**

Als Material dienen dabei Holzleisten. Optional kann auch noch ein kleines Testfahrzeug dazu gebaut werden. Ziel ist es, dass es mehrere unterschiedliche Lösungen geben kann, die ein Umstellen der Weiche erlauben.

**Ziele:**

- Verstehen lernen von Konstruktionsprinzipien (Funktionsweise, Mechanik)
- Einsichten in einfache mechanische Vorgänge an Maschinen
- Herstellen und Erproben von Modellen / Werkstücken
- Kennenlernen von Lenkungs- und Steuerungssystemem (Bremsen)

## 5.4.4 8. Schulstufe - Mechanik

### Thema: Die Dampfmaschine

**Inhalt:** Anhand eines Bausatzes einer kleinen Dampfmaschine wird die Krafterzeugung auf eine sehr anschauliche Weise kennengelernt. Die Firma Wileco hat in ihrem Programm einen Dampfmaschinenbausatz (Dampfmaschine D5), der speziell für Schüler geeignet ist und von diesen selbstständig gebaut werden kann. Die Schüler benötigen dazu kein besonderes Vorwissen im Bereich Modellbau. Die Teile sind so ausgelegt, dass die Schüler den Bausatz mit der üblichen Schulwerkstattausrüstung zusammenbauen können. Für dieses Unterrichtsthema sind mit der Vorbereitung und Nachbereitung mind. 12 Doppelstunden zu veranschlagen. Das Grundprinzip wird mit der nachfolgenden Grafik besprochen.

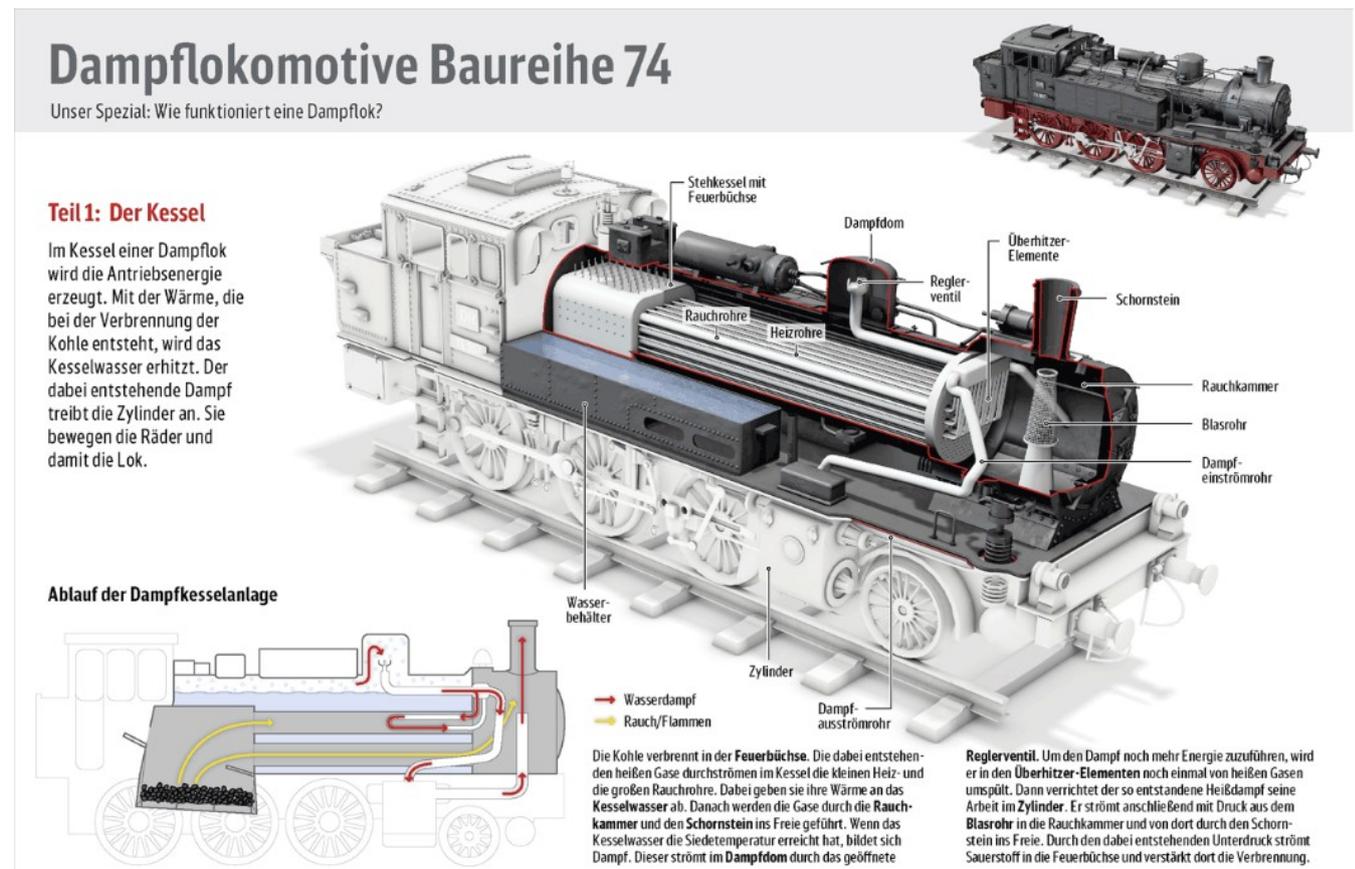


Abb. 65 Wie funktioniert eine Dampflok Baureihe 74?

### Ziele:

- Einsichten in verschiedene Antriebs- und Steuersysteme
- Kennlernen der Problematik zwischen Energieeinsatz und Wirkungsgrad bei Fahrzeugen bzw. Maschinen.
- Verstehen lernen von Konstruktionsprinzipien (Funktionsweise, Mechanik)
- Herstellen und Erproben von Modellen / Werkstücken

## 5.5 Mathematik

Kreis, Maßstab, Parkettierungen und viele andere Themen sind in ihrer Anwendung sehr vielfältig und mathematisch von Bedeutung. Diese Themen bieten sich daher sehr gut zur Förderung von Problemlösekompetenzen sowie zum Modellieren mathematischer Aufgaben an. Die Eisenbahn scheint dafür gemacht zu sein. Dieses Kapitel stellt eine Sammlung von Unterrichtsmaterialien dar, die sowohl für Neigungsgruppen als auch im Regelunterricht verwendet werden können.

### 5.5.1 5. Schulstufe – Rechnen mit Dezimalzahlen

Gegeben sind die Seehöhen der Stationen der Linzer Pöstlingbergbahn:

Bergbahnhof Urfahr 264,5 m; Bruckneruniversität (eh. Hagen) 317,9 m; Tiergarten 338,2 m; Schableder 382,7 m; Hoher Damm 429,0 m; Einschnitt 445,1 m; Oberschableder 461,1 m; Pöstlingberg Schlössl 499,1 m; Pöstlingberg 518,9 m.

Berechne um wie viele Meter eine Station höher liegt als die vorhergehende Station!



Abb. 66 Pöstlingbergbahn

### 5.5.2 6. Schulstufe – Raummaße / Geometrisches Vorstellungsvermögen

Ein Güterzug transportiert  $960 \text{ m}^3$  Getreide. Der Zug besteht aus Selbstentladewagen des Typs Tds mit  $40 \text{ m}^3$  und Selbstentladewagen des Typs Tadns mit  $80 \text{ m}^3$  Fassungsvermögen. Es werden um 6 kleinere Waggon mehr eingesetzt als große Waggon.

- Aus wie vielen kleinen und großen Selbstentladewagen besteht der Güterzug?
- Berechne die Gesamtlänge des Zuges in Metern!

Zweiachsiger Selbstentladewagen mit Schwenkdach

Tds

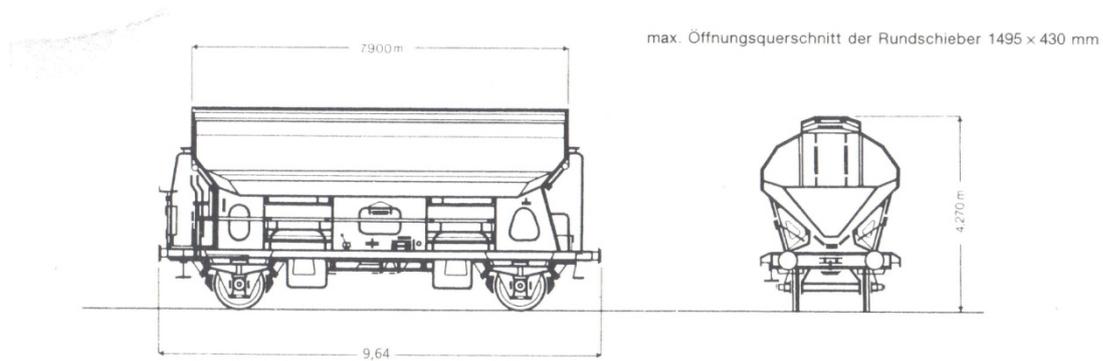


Abb. 67 Selbstentladewagen Tds

Selbstentladewagen mit Drehgestellen und Schwenkdach

Tadns

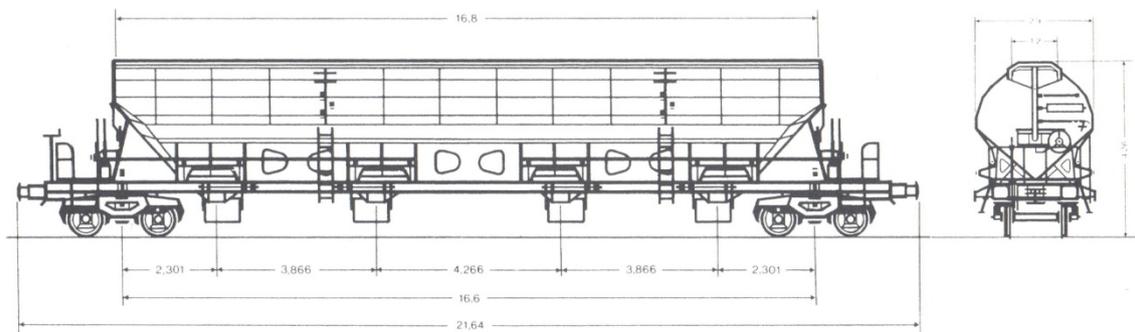
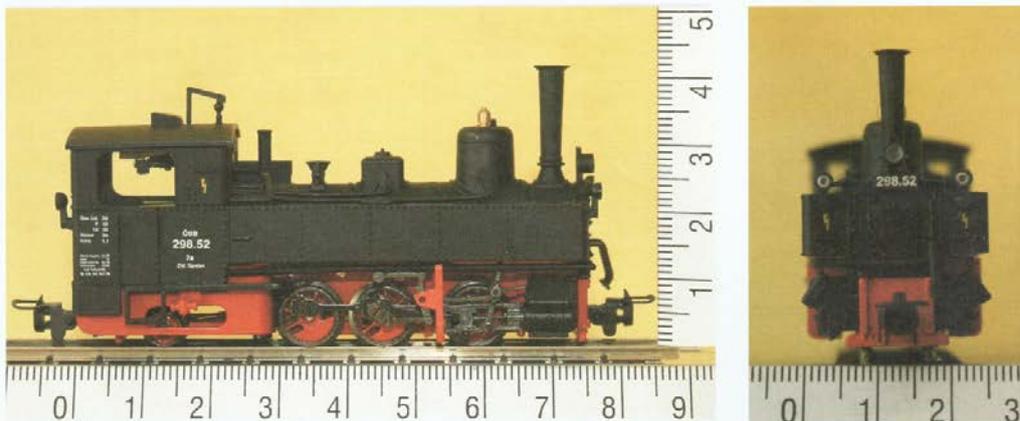
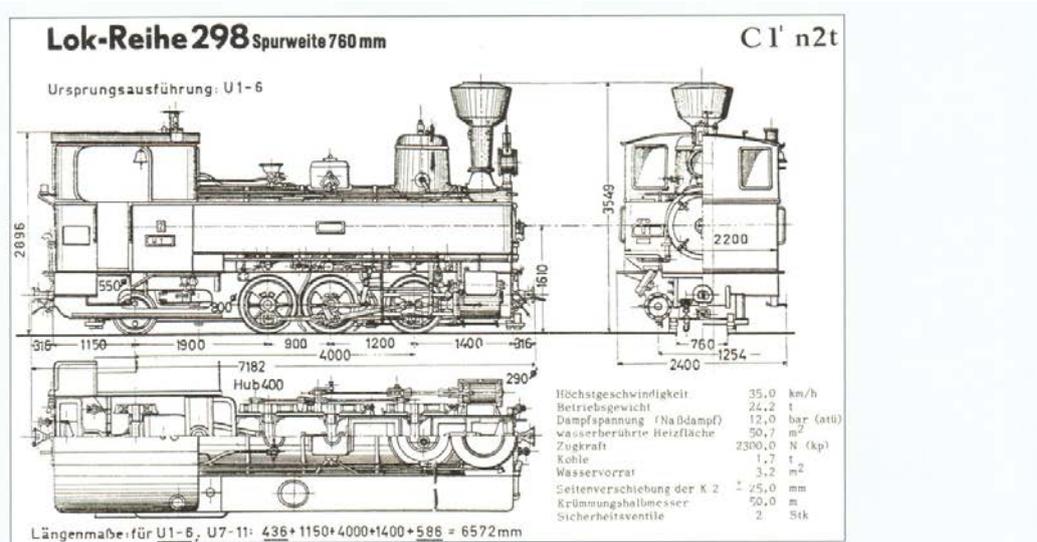


Abb. 68 Selbstentladewagen Tadns

### 5.5.3 7. Schulstufe - Maßstab und Verhältnis

Die Eisenbahn bzw. die Modelleisenbahn bildet ein perfektes Bindeglied zur anschaulichen Darstellung von Maßstab und Verhältnis. Anhand eines Originalplans einer Lokomotive und den Maßen der Lokomotive im Modell soll deren Verkleinerungsmaßstab bzw. das Verhältnis ermittelt werden. Gleichzeitig können hierbei „Fehler“ bzw. produktionsbedingte Abstriche thematisiert werden. Entspricht das Modell wirklich dem angegebenen Maßstab?



Früher wurden viele Bahn-Nebenstrecken als Schmalspurbahnen, deren Spurweite (Schienenabstand) nur 760 mm betrug, gebaut.

Die obere Abbildung zeigt die Konstruktionszeichnung eines im Steyrtal verwendeten Loktyps. Darunter findest du ein Modell dieser Lok.

► Lies aus der Abbildung und aus dem Foto ab:

	Original-Lokomotive 298	Modell-Lokomotive
Gesamtlänge der Lokomotive	mm	mm
Höhe bis zum Führerhausdach	mm	mm
Höhe bis zum Rauchfang	mm	mm
Breite der Lokomotive	mm	mm
Abstand zwischen 1. und 2. Radnabe	mm	mm
Abstand zwischen 3. und 4. Radnabe	mm	mm

Abb. 69 Bsp. Aus Schulbuch Genial Mathematik 3

[vgl. Chelly, 2011, S. 94]

► Wie verhält sich das Original zum Modell der Lokomotive 298?

Gesamtlänge des Originals zu Gesamtlänge des Modells wie

\_\_\_\_\_ mm : \_\_\_\_\_ mm

Breite des Originals zu Gesamtlänge des Modells wie

\_\_\_\_\_ mm : \_\_\_\_\_ mm

► Wie verhalten sich die Radabstände zueinander?

Original:

Abstand zwischen 1. und 2. Rad zu Abstand zwischen 3. und 4. Rad wie

\_\_\_\_\_ mm : \_\_\_\_\_ mm

Modell:

Abstand zwischen 1. und 2. Rad zu Abstand zwischen 3. und 4. Rad wie

\_\_\_\_\_ mm : \_\_\_\_\_ mm

Abb. 70 Bsp. Aus Schulbuch Genial Mathematik 3

[vgl. Chelly, 2011, S. 95]

### 5.5.4 8. Schulstufe – Kreis und Kreisfläche

Jaschke schreibt in „Mathematik Lehren“ über den Einsatz von einer Holzeisenbahn zum Thema Kreis und Kreisfläche. Über mehrere Unterrichtsstunden hinweg wird die Holzeisenbahn bzw. deren Schienen (= Kreissegmente) zur Herleitung der Flächenformel des Kreises  $A_{\text{Kreis}} = r^2 \cdot \pi$  und eines Kreisausschnittes  $A_{\text{Kreisausschnitt}} = \frac{\alpha}{360^\circ} \cdot r^2 \cdot \pi$  verwendet. Zu dieser handlungsorientierten Lern- und Problemsituation gibt es mehrere konkrete Beispiele mit unterschiedlichen Ausgangssituationen. [vgl. Jaschke, 2011, S. 17-19]

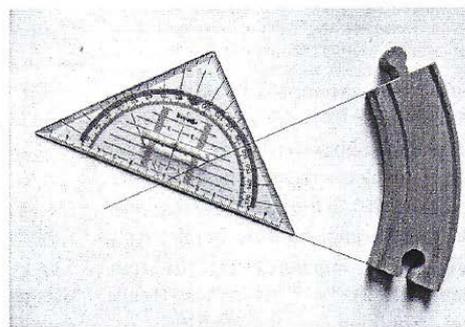
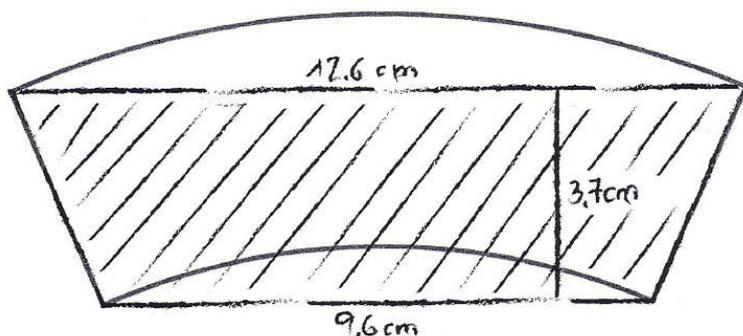


Abb. 71 Annäherung der Fläche an ein Trapez und Bestimmung des Mittelpunktswinkels

Hierbei finden sich Parallelen zum Bau einer Modelleisenbahnanlage. Die in obiger Abbildung links dargestellte Zeichnung erinnert an den Trassenbau bei Modelleisenbahnanlagen. Die in der Abbildung rechts dargestellte Problemsituation wurde in ähnlicher Form bereits im Punkt 4.5.7 Radiusschablonen thematisiert und besitzt außerdem Schnittmengen zum Thema Modellbahnradien.

## Die Fläche eines Kreisausschnitts

1. Die Fläche eines Kreisausschnitts bestimme ich so:
2. Die Fläche eines Kreisring-Ausschnitts bestimme ich so:
3. Beispiel: Die Fläche des Gleisstücks bestimme ich so:

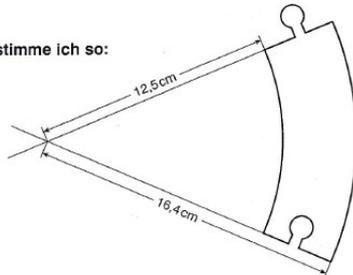
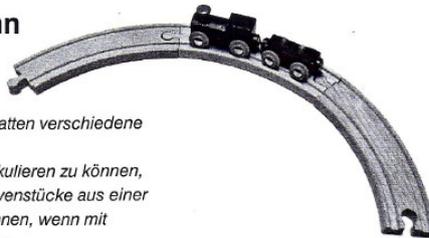


Abb. 72 Bsp. aus Zeitschrift Mathematik Lehren 165

[vgl. Jaschke, 2011, S. 18]

## Gleise für die Holzeisenbahn

Eine Spielzeugfirma stellt aus rechteckigen Holzplatten verschiedene Gleisstücke für eine Holzeisenbahn her. Um den Verkaufspreis der einzelnen Gleisteile kalkulieren zu können, möchte der Geschäftsführer wissen, wie viele Kurvenstücke aus einer  $100\text{ cm} \times 50\text{ cm}$  Holzplatte ausgesägt werden können, wenn mit einem Verschnitt von 30% gerechnet werden muss.



1. Versetze dich in die Lage, dem Geschäftsführer eine begründete Antwort geben zu können.  
Bevor du rechnest: Notiere die Schritte, in denen du vorgehen willst.

2. Was sagst du zu den 30% Verschnitt?  
Findest du diese Angabe realistisch?



Abb. 73 Bsp. aus Zeitschrift Mathematik Lehren 165

[vgl. Jaschke, 2011, S. 19]

Alternativ dazu bietet sich auch das vom Autor entwickelte Unterrichtskonzept „Das Gleis(Kreis-)Problem“ an. Grundsätzlich widmet sich auch dieses Unterrichtsprojekt der handlungsorientierten Entdeckung der Zahl  $\pi$  und der Bestimmung des Kreisumfangs und der Kreisfläche. Um Umfänge und Flächeninhalte von Kreisen schätzen und bestimmen zu können, soll zunächst die Idee des Messens und die experimentelle Ermittlung der Kreiszahl  $\pi$  im Vordergrund stehen. Die Schüler und Schülerinnen sollen handlungsorientiert entdecken, dass es einen proportionalen Zusammenhang gibt. Zunächst wird dieser Zusammenhang in Worten formuliert, im Weiteren auf der symbolischen Ebene auch der formalisierte mathematische Zusammenhang festgehalten. Es werden die Begriffe Kreis, Radius, Durchmesser und Gegenstände aus dem Alltag bearbeitet.

Mit Hilfe des Sektorenmodells und dem Zusammenhang zwischen Umfang und Durchmesser lernen

die Schüler und Schülerinnen den konkreten Zusammenhang mathematisiert als Formel. Die Schüler und Schülerinnen vertiefen und festigen ihr Wissen.

Die vollständig ausgearbeitete Unterrichtsvorbereitung inklusive aller Materialien kann unter folgendem Link abgerufen werden:

[http://atfd.pbworks.com/w/page/60930984/Das%20Gleis\(Kreis-\)problem](http://atfd.pbworks.com/w/page/60930984/Das%20Gleis(Kreis-)problem) (2016-01-31)

## Arbeitsblatt Zug



„Achtung! Zug fährt ab!“

	Arbeitsauftrag	Ergebnis
1.	Jede Gruppe erhält gebogene Gleise und einen Zug. Messt als erstes die sogenannte Spurweite (Abstand der beiden Schienen voneinander) in mm ab!	
2.	Baut nun einen Schienenkreis mit Hilfe der Steckverbindungen! Wie viele Gleisstücke werden dafür benötigt?	
3.	Wie groß ist demnach der Winkel, den ein solcher Sektor vom ganzen Kreisring abdeckt?	
4.	Wie groß ist der Radius $r_i$ des inneren Schienenkreises?	
5.	Wie groß ist der Radius $r_a$ des äußeren Schienenkreises?	
6.	Berechnet aus den vorigen Messungen den mittleren Radius $r$ des Schienenkreises!	
7.	Wie groß muss die Fläche einer kreisförmigen Holzplatte mindestens sein, damit der Schienenkreis daraus gefertigt werden kann?	
8.	Wie groß ist die Fläche die vom ringförmigen Gleisbett bedeckt wird?	
9.	Wie groß ist der mittlere Umfang $U$ des Schienenkreises?	
10.	Wählt ein Fahrzeug aus!	
11.	Messt den Durchmesser eines Rades!	
12.	Wie groß ist der Umfang eines Rades?	
13.	Wie viele Umdrehungen macht ein solches Rad, wenn das Fahrzeug eine vollständige Runde auf dem Schienenkreis zurücklegt? Kannst du Unterschiede zwischen innerer und äußerer Fahrzeugseite feststellen? Probiere und berechne!	

Florian Brandl 2013

Abb. 74 Das Gleis(Kreis-)Problem. Arbeitsblatt zur 3. Unterrichtseinheit

### 5.5.5 9. Schulstufe - Trigonometrie

#### Beispiel A:

Die Westrampe der Arlbergbahn umfasst den Streckenabschnitt Langen am Arlberg (1217 m über dem Meer) – Bludenz (588 m über dem Meer). Die Rampe ist 25,6 km lang. Die maximale Steigung beträgt 31,4 ‰ ( $1 \text{ ‰} = \frac{1}{1000}$ ).

- Wie groß ist die maximale Steigung der Bahnstrecke in Grad?
- Wie groß ist die mittlere Steigung der Bahnstrecke in Grad bzw. Promille?
- Wie lange wäre die Streckenlänge, wenn die Rampe eine konstante Steigung von 31,4 ‰ aufweisen würde? Gib das Ergebnis in km an!

#### Beispiel B:

Auf einem Hang mit einer Steigung von 60% wird eine 12 Meter breite Eisenbahntrasse gebaut. Berechne die Querschnittsfläche des Einschnitts, wenn die dadurch entstehende Böschung unter  $70^\circ$  zur Eisenbahntrasse geneigt ist.

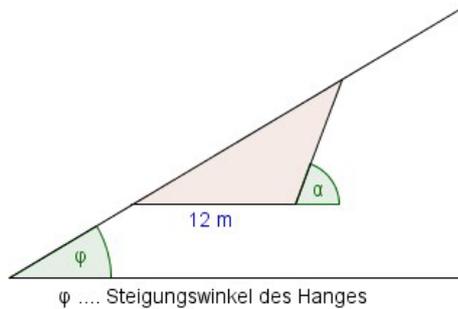


Abb. 75 Querschnittsfläche eines Geländeeinschnitts

## 5.5.6 10. Schulstufe – Funktionen Kurvenradien von Eisenbahnen

### Angabe:

Beim Eisenbahnbau wird zur Erleichterung der Kurvenfahrt und zur Reduktion der Fliehkräfte eine Erhöhung der Außenschiene vorgenommen. Bei einer Fahrt eines ungefederten Wagens mit der Geschwindigkeit  $v$  (in km/h) auf einem Kreisbogen mit Radius  $r$  (in m) lautet die Formel für die theoretische Überhöhung  $\ddot{u}_t$  (in mm), bei der es zu einer vollständigen Kompensation der Fliehkraft kommt:

$$\ddot{u}_t = \frac{11,8 \cdot v^2}{r}$$

Wird diese Überhöhung nun für eine bestimmte Fahrgeschwindigkeit berechnet und eingebaut, so wird es schnellere Reisezüge – aber auch langsamere Güterzüge geben, die dann zentrifugalen bzw. zentripetalen Kräften beim Durchfahren dieses Kreisbogens ausgesetzt werden. Für den Reisenden hat dies zur Folge, dass man ihm eine gewisse freie Seitenbeschleunigung im Bogen zumutet, um schneller fahren zu können. Bei einer Überhöhung  $\ddot{u}$  wird diese freie Seitenbeschleunigung  $a$  (in  $\text{m/s}^2$ ) wie folgt berechnet:

$$a = \frac{v^2}{12,96 \cdot r} - \frac{\ddot{u}}{153}$$

### Fragen:

- Überhöhungen kleiner als 20 mm werden nicht eingebaut. Gib in einer Tabelle die Geschwindigkeiten, bei der es zu einer vollständigen Kompensation der Fliehkraft auf einem Kreisbogen kommt, für die Radien 200 m, 300 m, ... , 1000m bei einer Mindestüberhöhung von 20 mm an.  
Auf welche Werte ändern sich diese Geschwindigkeiten, wenn eine Überhöhung von 150 mm eingebaut ist.
- Stelle interessante Abhängigkeiten der Größen  $\ddot{u}_t$ ,  $v$ ,  $r$  in der Formel  $\ddot{u}_t = \frac{11,8 \cdot v^2}{r}$  durch Wertetabellen bzw. Funktionsgraphen dar.
- In einem Bogen wird bei einer Überhöhung von 10 cm die Geschwindigkeit, bei der es zur vollständigen Kompensation der Fliehkraft kommt, um 5%, 10%, ... , 50% überschritten. Berechne die freie Seitenbeschleunigung auf einen Reisenden für Bogenradien von 500m, 800m, 1000m.
- Als Grenzwert für ein erträgliches Maß an freier Seitenbeschleunigung wird ein Traditionswert von  $a = 0,654 \text{ m/s}^2$  angesehen, der bei höherer Gleisqualität bis zu  $0,85 \text{ m/s}^2$  ansteigen kann. Gib jeweils eine Formel an, mit der die dazu notwendige Überhöhung berechnet werden kann.
- Um im Regelbetrieb mit gemischtem Verkehr (Personen- und Güterverkehr) einen Anhaltspunkt für die zu wählende Überhöhung von Kreisbögen zu haben, wird zusätzlich der Begriff der Regelüberhöhung  $\ddot{u}_r$  eingeführt:

$$\ddot{u}_r = \frac{11,8 \cdot v^2}{r} - 20 \quad \text{für } v \leq 80 \text{ km/h}$$

$$\ddot{u}_r = \frac{75700}{r} \quad \text{oder mindestens } \ddot{u}_r = \frac{11,8 \cdot v^2}{r} - 100 \quad \text{für } v > 80 \text{ km/h}$$

Gib die zulässigen Geschwindigkeiten bei Regelüberhöhungen von 60 mm, 90 mm, 120 mm, 150 mm in Abhängigkeit des Radius (300 m – 1000 m) an.

### Abb. 76 Beispiel Kurvenradien von Eisenbahnen 10. Schulstufe

[ACDCA, 2002]

Neueste Triebzüge wie zum Beispiel der ICE-T<sup>6</sup> der Deutschen Bahn (DB AG) oder der Pendolino<sup>7</sup> der italienischen (FS) bzw. tschechischen Bahn (CD) neigen sich während der Fahrt in Bögen. Diese Fahrzeuge besitzen eine aktive Neigetechnik, die im Voraus den Bogen erkennt und den Wagenkasten automatisch neigt. Sensoren an den Endwagen des Fahrzeugs ermitteln die notwendigen Daten über den Streckenverlauf. Durch einen Rechner in jedem Wagen werden Hydraulikzylinder in den Drehgestellen gesteuert und die Neigung benachbarter Wagen aufeinander abgestimmt und angeglichen. [vgl. Eikhoff, 2006, S. 57]

In Anlehnung an dieses Beispiel und unter Berücksichtigung der Normen europäischer Modellbahnen (NEM) lassen sich auch die Radien und Überhöhungen auf Modelleisenbahnanlagen berechnen.

<sup>6</sup> ICE-T ist eine Fahrzeugbezeichnung der Baureihe 411/415 der Deutschen Bahn.

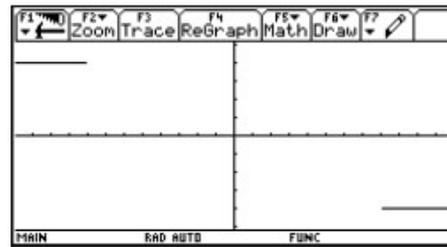
<sup>7</sup> Pendolino ist die Bezeichnung einer Fahrzeugplattform des Herstellers Fiat.

### 5.5.7 11. Schulstufe – Differenzialrechnung

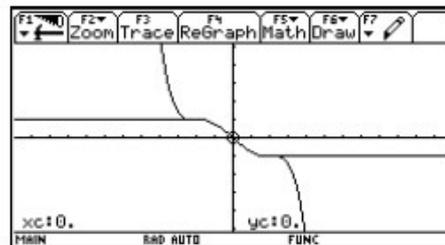
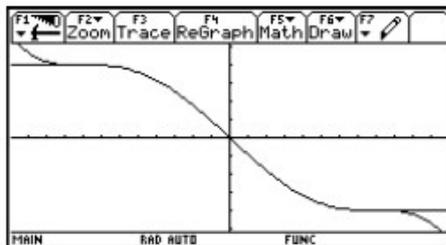
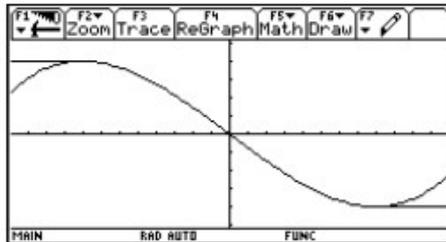
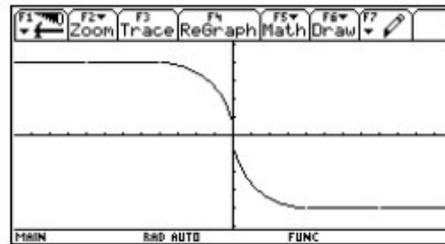
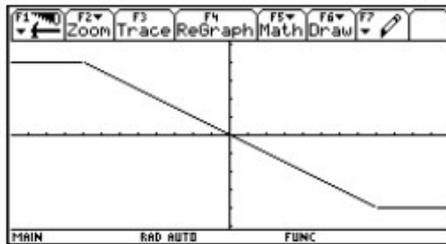
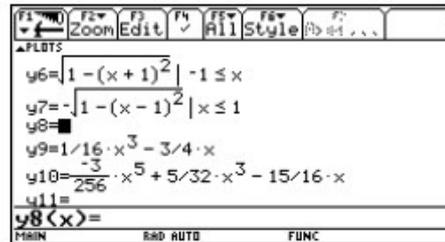
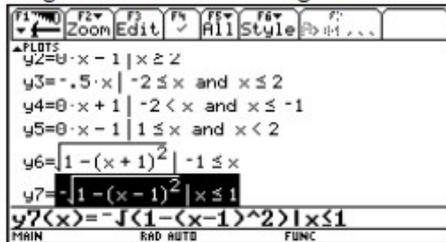
Zwei versetzt parallel verlaufende Gleise sollen in einem bestimmten Streckabschnitt durch ein "geeignetes" Kurvenstück verbunden werden.

(Abstand 20 m, Verbindung 40 m;  $10\text{ m} \triangleq 1\text{ EH}$ )

Mit den Eingaben  $y_1 = 0 \cdot x + 1 \mid x \leq -2$   
 $y_2 = 0 \cdot x - 1 \mid x \geq 2$   
 bekommen wir das gewünschte Bild:



mögliche math. Verbindungen:



Abschnittsweise Funktionen können auch im Home-Editor definiert werden, für ein Gleis z.B.:

When( $x \leq -2$ , 1, undef)  $\text{STO} \rightarrow$  g1(x).

Oder die parallel versetzten Gleise als Grafen **einer** Funktion z.B.:

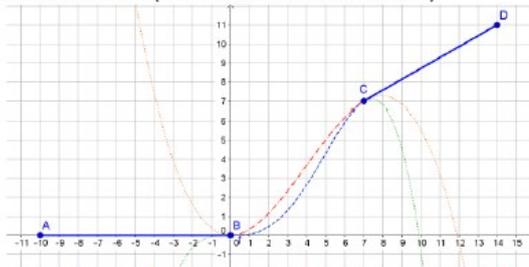
When( $x \leq -2$ , 1, when( $x \geq 2$ , -1, undef))  $\text{STO} \rightarrow$  gleise(x).

Welche Verbindungen eignen sich? Warum?

Abb. 77 Funktionen Modellieren mit CAS Modul – TI Voyage 200

### 5.5.8 12. Schulstufe - Analysis

Die geradlinig verlaufenden Gleisabschnitte zwischen den Punkten  $A = (-10|0)$  und  $B = (0|0)$  sowie zwischen den Punkten  $C = (7|7)$  und  $D = (14|11)$  einer Modellbahnanlage sollen „knickfrei“ verbunden werden. (Einheiten in Dezimeter)



- Begründen Sie, dass eine ganzrationale Funktion dritten Grades  $f(x)$  diese Bedingungen erfüllt und bestimmen Sie die Gleichung einer solchen Funktion.
- Zeigen Sie, dass auch die Funktion  $g$  mit  $g(x) = \frac{-17}{2401}x^4 + \frac{24}{343}x^3$  ( $x \in \mathbb{R}; 0 \leq x \leq 7$ ) die Bedingungen für einen solchen Übergang erfüllt.
- Berechnen Sie die Längen der Kurvenstücke der Graphen  $f(x)$  und  $g(x)$  mit der Formel

$$L = \int_a^b \sqrt{1 + (f'(x))^2} dx.$$

- Ein Modellbauer möchte den Übergangsbogen durch zwei kreisförmige Schienenstücke mit einem Radius von je  $\frac{1}{2}\sqrt{65} \text{ dm}$  und einem eingeschlossenen geradlinigen Schienenstück herstellen (siehe Skizze). Das eingeschlossene geradlinige Schienenstück verläuft zwischen den Punkten  $T_1$  und  $T_2$ . Der Punkt  $T_1$  ist durch die Koordinaten  $T_1 = (3,5|2,0)$  gegeben. Ermitteln Sie die Koordinaten des Punktes  $T_2$ .

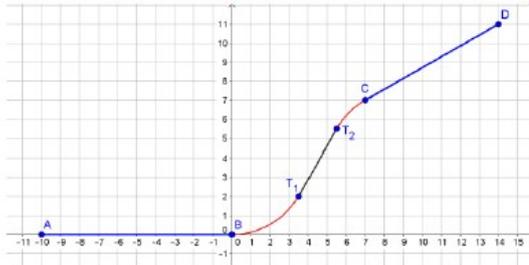


Abb. 78 Adaptierte und angepasste Maturaufgabe

[vgl. Sächsischer Bildungsserver, 2005]

## 6. Danksagung

Ich möchte mich bei allen Personen bedanken, die mich während meines Studiums und bei der Erarbeitung meiner Diplomarbeit unterstützt haben und dazwischen für Abwechslung gesorgt haben.

Ich bedanke mich sehr herzlich bei em. Univ.-Prof. MMag Wolfgang Stifter für viele anregende Gespräche und für die ausgezeichnete Betreuung beim Verfassen meiner Diplomarbeit.

Danke an o.Univ.-Prof. Mag. Horst Basting, Mag. Johann Zaubrieth, Univ.-Ass. Mag. Astrid Young, Univ.-Ass. Mag. Robert Hübner und Manfred Grillnberger. Sie haben für das Lehramt Technik & Design / Werkerziehung an der Kunstuniversität Linz ein produktives Lernumfeld geschaffen und sind für einen wertschätzenden Umgang miteinander bemüht.

Darüberhinaus bedanke ich mich bei meinen Eltern FH-Prof. Dr. Paul Brandl und Mag. Karin Brandl, die mich stets mit großer Geduld moralisch und finanziell unterstützt haben.

Vielen Dank an die Mitglieder des ehemaligen Eisenbahn-Modellbau-Klub Linz für viele gemeinsame Modellbaustunden. Sie ermöglichten den Erwerb von vielen praktischen Fähigkeiten im Modellbau und einen umfangreichen Wissenserwerb zu Vorbild und Modell. Ich werde diese Zeit vermissen!

Ein ganz besonderer Dank gilt auch meinem Onkel Mag. Heinz Edenhofner, der mich mit dem „Modelleisenbahnvirus“ ansteckte und meinen Großeltern für ihre langjährige finanzielle Unterstützung bei meinen Modellbauprojekten.

Ich bedanke mich auch Recht herzlich bei Lokführer Thomas Schwarz und Dipl.-Ing. Dr. Gerald Forsthuber für die Unterstützung und den Gedankenaustausch bei Fragen zu Vorbild und Modell.

Danke auch an meinen Tennistrainer Ing. Hans Ahrer, der sich meine „Suderei“ immer anhören musste und mich trotzdem immer mit positiver Energie versorgt hat. Danke an Georg Stelzmüller für unzählige Tennismatches, die für die nötige Abwechslung beim Arbeiten gesorgt haben und an meine Freunde Oliver Affenzeller, Marco und David Gasteiner für die Motivation beim arbeiten.

## 7. Literaturverzeichnis

- Balcke, Gernot (2008 [1982]). Alba Modellbahn-Praxis 3. Modellbahn Anlagenbau. Düsseldorf: Alba
- BDEF, Bundesverband Deutscher Eisenbahn-Freunde e.V. (2011). Ohne Nachwuchs keine Zukunft. Leitfaden zur Nachwuchsarbeit. Hannover: Eigenverlag
- BDEF, Bundesverband Deutscher Eisenbahn-Freunde e.V. (2003). Schule und Modellbahn. Themensammlung und Erfahrungsberichte von Schulen. Hannover: Eigenverlag
- Chelly, A., Jilka, S., Steffan, Ch., Varelija, G. (2011). Genial! Mathematik 3. Wien: Bildungsverlag Lemberger
- EBÖ (2015). RJ-Fahrzeit Wien – Salzburg bleibt unverändert. Eisenbahn Österreich 12/2015. S.596.
- EBÖ (2016). Völlinbetriebnahme des Wiener Hauptbahnhofes. Eisenbahn Österreich 1/2016. S.42-43.
- Eikhoff, Dieter (2006). Alles über den ICE. Stuttgart: Transpress
- Fürschuss, Nicholas (2012). Die ÖBB in den 1980ern. Wien: Railway-Media-Group
- Jahnke, J-P., Wolf, P., Fiebag, T. (2016). Schienenunterstützung. Eisenbahnschwellen und ihre Vor- & Nachteile. Eisenbahn Kurier Nr. 521. 2/2016. S.60 – 64.
- Jaschke, Tobias (2011). Das Gleisproblem. Wie man Kreisteile bestimmen kann. Mathematik Lehren 165. S. 17-19. Wien: Bildungsverlag Lemberger
- Joedecke, Gottfried (1995). Oberleitungsbau. Probstried/Allgäu: Eigenverlag
- Kaiser, W., Knipping, A. (2012). Österreich. Die Eisenbahngeschichte. München: GeraMond
- Kerber, G., Stirl, A. (1999 [1996]). Die Modellbahnwerkstatt. GLEISBAU auf Modellbahnanlagen. Stuttgart: Transpress
- Kerber, G., Stirl, A. (1997 [1995]). Die Modellbahnwerkstatt. PLANEN und BAUEN von Modellbahnanlagen. Stuttgart: Transpress
- Kerber, G., Stirl, A. (1998). Die Modellbahnwerkstatt. SIGNALE und FAHRLEITUNGEN auf Modellbahnanlagen. Stuttgart: Transpress
- Kerber, G., Stirl, A. (1997). Die Modellbahnwerkstatt. WEICHEN & KREUZUNGEN auf Modellbahnanlagen. Stuttgart: Transpress
- Knipper, Rolf (2015 [2003]). Miba Modellbahn Praxis. Anlagenunterbau. Die praxisgerechte Basis für Ihre Modellbahn. Fürstenfeldbruck: Miba
- Koch, Sebastian (2014). Miba Modellbahn Praxis. Materialien und Techniken. Grundlagen zu Baustoffen und ihrer Verwendung. Fürstenfeldbruck: Miba
- Kubinsky, Mihaly (2008). Bahnhöfe in Österreich. Wien: Slezak
- Langer, Berthold (2003). Vom Anlagentraum zur Traumanlage. Ideale im Wandel: Vom Hirngespinnst zur Realität. Miba Spezial 57. S.14 – 21.
- Lieb, Ulrich (2015). Das ultimative Modellbahn – Handbuch. Stuttgart: Transpress

Märklin (2009). 150 Jahre Märklin. Die Legende lebt. Geschichte, Menschen, Modelle. Essen: Klartext

Meier, Horst (2010). Miba Modellbahn Praxis. Gleise und Weichen Band 1. Vorbilder, Systeme und Produkte, Gleisverlegung und Weicheneinbau. Fürstenfeldbruck: Miba

Meier, Horst (2011). Miba Modellbahn Praxis. Gleise und Weichen Band 2. Große und schmale Spuren, US-Modellbahnen, Weichenantriebe, Selbstbaugleise und Besonderheiten. Fürstenfeldbruck: Miba

Metzeltin, G.H. (1974). Die Spurweiten der Eisenbahnen. Ein Lexikon zum Kampf um die Spurweite. Karlsruhe: Eigenverlag Deutsche Gesellschaft für Eisenbahngeschichte e. V.

ÖBB (1998). Rail Cargo Austria Güterwagen Daten und Details. Wien: Eigenverlag

Pintarich, Bernd (2008). Private auf Österreichs Schienen. Wien: Bahn im Film

Preuß, Erich (2009). So funktioniert ein Bahnhof. Stuttgart: Transpress

Rieche, B. Rieche, S. Stehr, U. (2015). Miba Modellbahnpraxis. Modellbahn Werkstatt. Fürstenfeldbruck: Miba

Roco (2001). Modelleisenbahn-Gesamtkatalog 2001/02. H0-H0e-N. Salzburg: Roco

Rossberg, Ralf (1977). Geschichte der Eisenbahn. Künzelsau: Sigloch Service

Selbmann, Gunnar (2003). Alba Modellbahn-Praxis Spezial. Modellbahn Module – Dioramen – Segmente. Düsseldorf: Alba

Selbmann, Gunnar (2012). Eisenbahn Magazin. Modellbahn BauPraxis 2. Unterbau – Module – Dioramen. Düsseldorf: Alba

Schefold, U. (1986). 150 Jahre Eisenbahn in Österreich. München: Südwest Verlag

Steiner, Franz (2000). Taurus-Fest in Linz. MBW Modellbahnwelt. 5/2000. S.64-65

Straka, F., Pavel, G., Ortner, M. (2011). Elektrisch nach Mariazell. Die ersten 100 Jahre. Wien: Railway-Media-Group

Verein der Eisenbahnfreunde in Lienz (2013). Jeder elektrische Leitungsmast ist ein Galgen für die Dampflokomotive. Lienz Südbahn-Zeitung Nr. 48. S.1.

Vetter, Klaus (2007). Die Eisenbahn in Österreich. Geschichte, Strecken, Lokomotiven. München: GeraMond

Wagner, Botho G. (2003). Die Geschichte der Modellbahn. München: GeraMond

Wagner, Georg (1990). Die Österreichischen Bundesbahnen. Augsburg: Weltbild Verlag

Wegenstein, Peter (1995[1979]). Bahn im Bild 8. Die Westbahnstrecke I Wien – Linz / Dampflokomotivzeit. Wien: Pospischil

Wegenstein, Peter (1979). Bahn im Bild 9. Die Westbahnstrecke II Wien – Linz / E-Lokzeit. Wien: Pospischil

## 8. Onlinequellen

ACDCA, Austrian Center for Didactics of Computer Algebra, Unterrichtsmaterialien (2002). ACDCA-Beispielsammlung 2002. Projekt Technologie im Mathematikunterricht.

WWW: [http://www.acdca.ac.at/material/bsp/e0312\\_eisenbahn.pdf](http://www.acdca.ac.at/material/bsp/e0312_eisenbahn.pdf) (2016-01-31)

Bundesdenkmalamt (2013). Lernort Denkmal. Denkmaltage für Schulen. Forschungsgebiet Technische Denkmale / Modellbahn.

WWW: <http://www.lernortdenkmal.at/denkmaltage-fuer-schulen/ateliertag-forschungsgebiet-technische-denkmale-modellbahn/> (2015-03-22)

EFSA. Spannklemme Skl

WWW: <http://www.efsa.ch/index.php?node=483&lng=2&rif=d62cffca9e> (2015-10-14)

Fleischmann. Über uns. Geschichte.

WWW: <https://www.fleischmann.de/de/aboutus/history/index.html> (2015-08-14)

Fock, Erich (2008). Fächerübergreifendes Arbeiten – eine Modellbahn AG.

WWW: <http://modellbahn-ag-vovo.jimdo.com/> (2015-02-25)

Giuliani, Georgio (2012). Rivarossi Memory.

WWW: [http://www.rivarossi-memory.it/ENGLISH\\_VERSION/index\\_Eng.htm](http://www.rivarossi-memory.it/ENGLISH_VERSION/index_Eng.htm) (2015-07-28)

Gregory, Markus (2012). Mariazellerbahn

WWW: <http://ggrexz.zenfolio.com/mariazellerbahn> (2016-01-31)

Hartmann, Harald (2008). Die Pöstlingbergbahn in Linz

WWW: [http://www.sagen.at/doku/Eisenbahn/Poestlingbergbahn\\_Linz.html](http://www.sagen.at/doku/Eisenbahn/Poestlingbergbahn_Linz.html) (2016-01-30)

Känguru der Mathematik(2006). Gruppe Junior

WWW: <http://www.kaenguru.at/zum-herunterladen/aufgaben-der-vorjahre/2006/> (2015-12-08)

Kleinbahn. Die Geschichte der Firma Kleinbahn.

WWW: [http://www.kleinbahn.com/unternehmen\\_index.htm](http://www.kleinbahn.com/unternehmen_index.htm) (2015-08-10)

Krug, Heinrich. Schienen

WWW: [http://www.krug-weichenbau.de/seiten/index.php?menu=4&main=schienen\\_handel](http://www.krug-weichenbau.de/seiten/index.php?menu=4&main=schienen_handel) (2016-01-31)

Liliput. Geschichte Bachmann Europe Plc.

WWW: <http://liliput.de/de/about/geschichte.html> (2015-08-31)

Mahrer, Dominik (2015). Modelleisenbahn – Technische Informationen.

WWW: <https://modellbahn.mahrer.net/> (2015-11-15)

Müller, M., Schaeffer, T. Gleisbau-Welt. Gleisbau, Vermessung, Material, Maschinen.

WWW: <http://www.gleisbau-welt.de/index.html> (2015-08-31)

MOROP (2003[1979]). Begrenzung der Fahrzeuge

[http://www.miba.de/morop/nem301\\_d.pdf](http://www.miba.de/morop/nem301_d.pdf) (2016-01-31)

MOROP (1983). Einführung in die NEM.

WWW: [http://www.miba.de/morop/nem001\\_d.pdf](http://www.miba.de/morop/nem001_d.pdf) (2016-01-31)

MOROP (2008[2003]). Eisenbahn-Epochen.  
WWW: [http://www.miba.de/morop/nem801a\\_d.pdf](http://www.miba.de/morop/nem801a_d.pdf) (2016-01-31)

MOROP (2005[1999]). Fahrdrahtlage.  
WWW: [http://www.miba.de/morop/nem201\\_d.pdf](http://www.miba.de/morop/nem201_d.pdf) (2016-01-31)

MOROP (2011). NEM: Normen europäischer Modellbahnen.  
WWW: <http://www.miba.de/morop/> (2015-09-01)

MOROP (2004[1985]). Umgrenzung des lichten Raumes.  
WWW: [http://www.miba.de/morop/nem103\\_d.pdf](http://www.miba.de/morop/nem103_d.pdf) (2016-01-31)

Next Generation (2016). Next Generation - Eine Innovation von Roco.  
WWW: <http://www.nextgeneration.eu/Next-Generation> (2016-01-05)

Ohne Namen (o.J.). Dampflokomotive Baureihe 74.  
WWW: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/e2/ff/06/e2ff06cb7f99461ef39914a6d84f35d3.jpg> (2016-01-30)

Ohne Namen (2015). Stromeinspeisung Straßenbahn Linie 3  
WWW: [http://www.3dtv.at/Temp/Linie3/DSC\\_4195.jpg](http://www.3dtv.at/Temp/Linie3/DSC_4195.jpg) (2016-01-31)

Piko. Unternehmen.  
WWW: <http://www.piko.de/DE/index.php/de/unternehmen> (2015-08-14)

Reittinger, Johannes (2011). Modellbahngeschichte Österreichs.  
WWW: <http://members.aon.at/reittinger/modellbau> (2015-07-28)

Roco. Über uns. Geschichte.  
WWW: <http://www.roco.cc/de/aboutus/history/index.html> (2015-08-14)

Sächsischer Bildungsserver (2005). Abituraufgaben 2005  
WWW: <http://www.sn.schule.de/~matheabi/05/ma051a.html> (2016-01-31)

Schaeffer, Thorsten. Schienen: Das Walzzeichen  
WWW: [http://www.gleisbau-welt.de/site/material/schienen\\_walzzeichen.htm](http://www.gleisbau-welt.de/site/material/schienen_walzzeichen.htm) (2015-12-10)

Stromabnehmer. In Wikipedia. The Free Encyclopaedia  
WWW: <https://de.wikipedia.org/wiki/Stromabnehmer> (2016-01-31)

Trix. Unternehmen.  
WWW: <http://www.trix.de/de/unternehmen.html> (2015-08-14)

## 9. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Vorbild und Modell der ÖBB Lokomotive 1142 564; eigene Aufnahme.....	12
Abb. 2 Vergleich Schienenprofile UIC60-Schiene und RocoLine – Schiene; Roco, 2001, S.91.....	17
Abb. 3 Detailansicht RocoLine-Schiene mit Radreifen; Roco, 2001, S.91. ....	17
Abb. 4 Übersicht RocoLine Standardradien; Roco, 2001, S.88.....	18
Abb. 5 Übersicht gerade Gleistücke des RocoLine Systems; Roco, 2001, S.88.....	18
Abb. 6 Anwendungsbeispiel RocoLine; Roco, 2001, S.89.....	19
Abb. 7 Anwendungsbeispiel RocoLine; Roco, 2001, S.89.....	19
Abb. 8 Gußeiserne Winkelschienen aus dem Jahr 1800; Rossberg, 1977, S.15.....	20
Abb. 9 ÖBB Flügelrad; Fürschuss, 2012, S.6.....	22
Abb. 10 ÖBB Emblem – „Pflatsch“; ÖBB .....	23
Abb. 11 Bahnhofsorten; Preuß, 2009, S.91 .....	26
Abb. 12 Mariazellerbahnlokomotive Baureihe 1099; eigene Aufnahme.....	28
Abb. 13 Unterscheidung zwischen Oberbau und Unterbau; Kerber, 1999, S.11.....	29
Abb. 14 Walzzeichen; Schaeffer.....	30
Abb. 15 Querschnitt Rillenschiene; Krug, 2016.....	31
Abb. 16 Zangenbremse und Keilkopfschiene; Hartmann, 2008.....	31
Abb. 17 Kontakt zwischen Rad und Schiene; Kerber, 1999, S.42.....	32
Abb. 18 Weichenarten; Meier, 2011, S.16.....	32
Abb. 19 Weichenbauteile; Meier, 2011, S.16.....	33
Abb. 20 Schienennägel und Schienenschrauben; Kerber, 1999, S.50.....	34
Abb. 21 Schematische Darstellung – Querschnitt Gleisbefestigung mit Unterlagsplatte und Hakenschrauben; Kerber, 1999, S.51 .....	35
Abb. 23 Spannklemme SkI; EFSA .....	35
Abb. 24 Holzschwellen, eigene Aufnahme .....	36
Abb. 25 Betonschwellen, eigene Aufnahme .....	37
Abb. 26 Aufgearbeitete Stahlschwellen. Die aufgeschweißten Schienenbefestigungspunkte sind gut zu erkennen; Jahnke, 2016, S.61 .....	37
Abb. 27 Y-Schwelle der Mariazellerbahn während Gleisbauarbeiten; Gregory, 2012. ....	38
Abb. 28 Kunststoffschwellen neben Stahlbetonschwellen; Jahnke, 2016, S.63 .....	38
Abb. 29 Rückblick in eine vergangene Zeit; Verein der Eisenbahnfreunde in Lienz, 2013, S.1. ....	40
Abb. 30 Turmmast, Stahlmast, Betonmast und Holzmast, eigene Aufnahmen.....	41
Abb. 31 Querschnitt Rillenfahrdrabt mit einer Querschnittsfläche von 100 mm <sup>2</sup> ; Kerber, 1998, S.113 .....	42
Abb. 32 Schematische Darstellung des Oberleitungs-„Zick-Zack“, Joedecke, 1995, S.3.....	43
Abb. 33 Stromabnehmer mit Bezeichnungen der einzelnen Komponenten; Wikipedia.....	43
Abb. 34 Stromanspeisung bei der Linzer Straßenbahn im Bereich der Trauner Kreuzung. Aufnahme während der Bauarbeiten am 03.10.2015; ohne Namen, 2015 .....	44
Abb. 35 Querschnitt eines Bahndamms; Kerber, 1999, S.77 .....	45
Abb. 36 Querschnitt eines Geländeanschnittes; Kerber, 1999, S.78 .....	45
Abb. 37 Querschnitt eines Geländeeinschnittes; Kerber, 1999, S.78 .....	46
Abb. 38 Beispiele A, B und C zum Thema Raumnutzung; eigene Zeichnung.....	51
Abb. 39 Beispiel Rechteckanlage – Gleiswendel; eigene Zeichnung.....	52
Abb. 40 Anlage in Plattenbauweise; Selbmann, 2012, S.14.....	53
Abb. 41 Spantenrahmenbauweise; Selbmann, 2012, S.17 .....	54
Abb. 42 Offene Rahmenbauweise Selbmann, 2012, S.38.....	55
Abb. 43 Stahlrahmen Modelleisenbahnanlage; eigene Aufnahme .....	56

Abb. 44 Standardmodul mit genormter Stirnwand; Selbmann, 2012, S.59.....	56
Abb. 45 Modulkasten mit einer Schlucht. Stirnseiten entsprechen jeweils der Norm; Selbmann, 2012, S.14 .....	57
Abb. 46 Geländeaufbau mit Drahtgitter und Pappmache; Selbmann, 2012, S.98 .....	58
Abb. 47 Geländeaufbau mit Styrodur; Selbmann, 2012, S.96.....	59
Abb. 48 Videolok – Aussicht aus dem Führerstand; eigene Aufnahme .....	62
Abb. 49 Diagramm zur Bestimmung der Normen europäischer Modelleisenbahnen des MOROP Verbandes; MOROP, 1983, S.2.....	63
Abb. 50 NEM 103 – Umgrenzung des lichten Raumes auf Modelleisenbahnanlagen; MOROP, 2004(1985), S.1-2 .....	64
Abb. 50 NEM 201 Fahrdrachtlage / Oberleitung auf Modelleisenbahnanlagen; MOROP, 2005(1999), S.1-2 .....	65
Abb. 54 NEM 301 – Begrenzung der Fahrzeuge auf Modelleisenbahnanlagen; MOROP, 2003(1979), S.1-2 .....	66
Abb. 55 Übergang Gleistrassen. Die Absturzleisten sind gut zu erkennen; eigene Aufnahme.....	68
Abb. 56 Kritische Punkte beim Trassenbau; Selbmann, 2012, S.105.....	69
Abb. 57 Abhängung und Aufständigung einer Gleistrasse mittels Gewindestangen; eigene Aufnahme .....	70
Abb. 58 Wendelkonstruktion; Selbmann, 2012, S.108 .....	70
Abb. 59 Gleisarbeiten; eigene Aufnahme. ....	72
Abb. 60 Zugkrafttest September 2000 im TS-Werk Linz; Steiner, 2000, S.64 .....	73
Abb. 61 Flexgleis Hilfsmittel; eigene Aufnahme.....	74
Abb. 62 Radiuschablonen während der Entwicklung mit dem Programm Solid Edge; eigene Aufnahme .....	75
Abb. 63 Fahrplan 2009 Eisenbahn Modellbau Klub Linz; eigene Aufnahme .....	80
Abb. 64 Beispiel Känguru der Mathematik 2006; Känguru der Mathematik, 2006.....	82
Abb. 65 Güterwagen – Raumausnutzung; ÖBB, 1998, S.36.....	91
Abb. 66 Querschnitt Zangenbremse und Keilkopfschiene, Hartmann, 2008.....	92
Abb. 67 Schematische Darstellung einer Schleppweiche, Hartmann, 2008 .....	93
Abb. 68 Wie funktioniert eine Dampflokomotive?; ohne Namen (o.J).....	94
Abb. 69 Pöstlingbergbahn, eigene Aufnahme.....	95
Abb. 70 Selbstentladewagen Tds, ÖBB, 1998, S.26.....	96
Abb. 71 Selbstentladewagen Tadns; ÖBB, 1998, S.28.....	96
Abb. 72 Bsp. Aus Schulbuch Genial Mathematik 3; Chelly, 2011, S.94.....	97
Abb. 73 Bsp. Aus Schulbuch Genial Mathematik 3; Chelly, 2011, S.95.....	98
Abb. 74 Annäherung der Fläche an ein Trapez und Bestimmung des Mittelpunktwinkels; Jaschke, 2011, S.17.....	98
Abb. 75 Bsp. aus Zeitschrift Mathematik Lehren 165; Jaschke, 2011, S.18 .....	99
Abb. 76 Bsp. aus Zeitschrift Mathematik Lehren 165; Jaschke, 2011, S.19 .....	99
Abb. 77 Das Gleis(Kreis-)Problem. Arbeitsblatt zur 3. Unterrichtseinheit; eigene Aufnahme .....	100
Abb. 78 Querschnittsfläche eines Geländeeinschnittes; eigene Zeichnung .....	101
Abb. 79 Beispiel Kurvenradien von Eisenbahnen 10. Schulstufe; ACDCA, 2002.....	102
Abb. 80 Funktionen Modellieren mit CAS Modul – TI Voyage 200; eigene Aufnahme .....	103
Abb. 81 Adaptierte und angepasste Maturaufgabe; eigene Aufnahme. ....	104



CC BY-NC-ND 3.0 AT  
Namensnennung - Nicht-kommerziell - Keine Bearbeitung 3.0 Österreich