
Marc Senn

MODELLHANDBUCH SCHWEIZ

Modellbau für Car System in H0 1:87





© Marc Senn

Copyright: © 2019 Marc Senn
Umschlag: Marc Senn
Umschlagbild: Marc Senn
Verlag und Druck: tredition GmbH, Halenreihe 40-44, 22359 Hamburg
Ausgabeformat: Paperback (ISBN: 978-3-7482-8436-9)
 Hardcover (ISBN: 978-3-7482-8437-6)
 e-Book (ISBN: 978-3-7482-8438-3)

Das Werk, einschliesslich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages und des Autors unzulässig. Dies gilt insbesondere für die elektronische oder sonstige Vervielfältigung, Übersetzung, Verbreitung und öffentliche Zugänglichmachung.

Die Abbildungen zur Geometrie von Fahrbahnen, Wende-Anlagen und Knoten sind mit freundlicher Genehmigung vom Schweizerischen Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS in vereinfachter Form anhand seiner Normen reproduziert.

Bibliographische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	11
1 Vorwort	12
2 Vorbild	12
3 Geschichte..	13
3.1 Die Entstehung der Cars.....	13
3.2 Die Entstehung der Modellcars	13
3.3 Die Vorbilder der Cars in der Schweiz	13
4 Einführung	14
4.1 Definitionen.....	14
4.2 Abkürzungen	19
4.3 Platzbedarf	20
4.4 Werkzeuge	20
4.5 Smart Tools	21
5 Car System.....	25
5.1 FALLER Car System Digital 3.0.....	25
5.1.1 Funktionselemente	28
5.1.2 Sensoren	29
5.1.3 Satelliten.....	29
5.1.4 Fahrzeuge Car System.....	30
5.2 Fahrzeuge Schweiz	32
5.2.1 Fahrzeugkategorien.....	32
5.2.2 Fahrzeugtypen Normalfall.....	33
5.2.3 Fahrzeugtypen Extremfall.....	34
5.2.4 Besondere Fahrzeugtypen (öffentliche Hand / Landwirtschaft / Bau)	35
5.2.5 Einschlagwinkel der Fahrzeuge	37
5.2.6 Einschlag von Fahrzeugtypen.....	37
5.2.7 Begrenzung der Fahrzeuge	40
6 Konzeptplanung.....	41
6.1 Fahrbahnplanung	41
6.2 Softwareplanung.....	41
7 Technische Anlagenplanung.....	42
7.1 Unterbau.....	42
7.2 Oberbau	42
7.2.1 Geländebauweise.....	43
7.2.2 Brückenbauweise	43
7.3 Strassen	50
7.3.1 Lichtraumprofil bei gerader Fahrbahnnführung	50
7.3.2 Lichtraumprofil bei gebogener Fahrbahnnführung	51
7.3.3 Tunnel- oder Brückenprofile bei gerader Fahrbahnnführung.....	52

7.3.4	Tunnel- oder Brückenprofile bei gebogener Fahrbahnführung	53
7.3.5	Quergefälle	54
7.3.6	Steigung- und Gefällstrecken.....	54
7.3.7	Bogenradien	54
7.3.8	Kurvenverbreiterung	54
7.3.9	Schleppkurven.....	58
7.3.10	Optimierte Kurvenverbreiterung	61
7.3.11	Übergangsbogen	62
7.3.12	Geometrie.....	63
7.3.13	Horizontale Linienführung	63
7.3.14	Vertikale Linienführung	63
7.3.15	Knoten.....	63
7.3.16	Wendeanlagen	75
7.3.17	Bushaltestellen	79
7.3.18	Fussgängerübergang.....	80
7.3.19	Laser-Street.....	81
7.4	Gestalterische Anlagenplanung	86
7.4.1	Rillenfräse	86
7.4.2	Fahrdräht.....	87
7.4.3	Spachtelmasse	87
7.4.4	Strassenfarbe	88
7.4.5	Normalprofil ausserorts.....	88
7.4.6	Normalprofil innerorts	89
7.4.7	Testfahrten	89
7.4.8	Markierung	90
7.4.9	Signalisierung	94
7.4.10	Lichtsignalanlage	96
7.4.11	Kandelaber	97
7.4.12	Anschluss Kandelaber	100
8	Wartung- und Unterhaltsarbeiten	101
8.1	Anlage	101
8.2	Liege.....	101
9	Aufbewahrung	102
9.1	Cars.....	102
10	Transport.....	102
10.1	Cars.....	102
11	Kosten.....	102
11.1	Kostenschätzung	102
12	Formelsammlung	103
12.1	Einheiten	103
12.1.1	Längen	103

12.1.2	Flächen.....	103
12.1.3	Volumen	103
12.1.4	Gewicht	103
12.1.5	Geometrie.....	103
12.1.6	Lasten.....	103
12.1.7	Material.....	103
12.1.8	Kraft.....	103
12.2	Berechnungen von Längen und Flächen	104
13	Berechnungen für die Trassierung	105
13.1	Einführung	105
13.2	Berechnungen von horizontaler Linienführung.....	105
13.2.1	Berechnung von Kreisbögen.....	105
13.2.2	Berechnung von Klothoiden.....	107
13.3	Berechnung von vertikaler Linienführung.....	109
13.3.1	Berechnung von Steigung (Gefälle)	109
13.3.2	Berechnung von vertikalen Ausrundungen	111
14	Kontaktdaten.....	115
14.1	Hersteller	115
14.2	Händler	115
15	Notizen.....	116
16	Weitere Literatur aus dem Verlag tradition	118

1 Vorwort

Liebe Freunde der Modellbauer,

mit diesem Modellhandbuch können Modellanlagen für Car in der Modellgrösse H0 (1:87) einfach und verständlich umgesetzt werden. In diesem Handbuch sind alle wichtigen Informationen zur Planung enthalten. Dabei zeigt es die Grundlagen für das Car System auf, insbesondere die neueste Entwicklung des Car System Digital 3.0 und unterstützt Anfänger sowie Fortgeschrittene in der Theorie. Als Vorbild dient die Schweiz, um eine möglichst detailgetreue und echte Miniaturwelt entstehen zu lassen. Darunter sind auch viele Vergleiche mit dem Vorbild enthalten.

Das technische „Modellhandbuch“ dient als Wegleitung und Grundlage für die Planung des Car Systems. Das Car System wurde von der Firma FALLER entwickelt. Bei diesem Car System folgen motorisierte Modellektrofahrzeuge in der Nenngrösse 1:87 einem in der Fahrbahn, resp. Anlage eingebrachten speziellen Fahrdrähten. Durch die anschliessende Nachbearbeitung der Fahrbahnen sowie durch die Ausgestaltung werden sehr echte Verkehrswege realisiert.

Im Modellhandbuch ist zur Planung der Anlage eine nützliche Formelsammlung enthalten. Für die Trassierung der Fahrbahnen sind nützliche Berechnungsformeln dabei, inkl. Rechnungsbeispiele.

Die Empfehlungen sind in diesem Handbuch nicht verbindlich. Es ist eine Planungsgrundlage, mit dem Ziel, Erfahrungen in der Planung von Modellanlagen weiterzugeben, um Fehler zu vermeiden. Demzufolge sind nicht alle Detailplanungen abgedeckt, sondern sind selbst zu prüfen.

2 Vorbild

Als Vorbild dient die Schweiz. Das schweizerische Handbuch soll möglichst die Fahrzeugtypen näher an das Car System bringen und verschiedene technische Sachverhalte klarstellen. Daher sind diese Empfehlungen vorwiegend eine Annäherung an das Vorbild. Für das Car System sind keine Normen vorhanden. Für das Car System und deren Produkte ist es sehr wichtig, die Vorschriften von den einzelnen Herstellern zu berücksichtigen und zu befolgen.

3 Geschichte

3.1 Die Entstehung der Cars

Die Geschichte der Cars begann im Jahr 1768 und hatte wie die Eisenbahn ihren Ursprung in England. Das erste Versuchsmodell für ein Automobil stammte vom Physiker James Watt. Damals baute er einen Dampfwagen für ein Automobil. Erst im Jahre 1804 entwickelte der Schweizer Isaac de Rivaz das erste Automobil mit Verbrennungsmotor. Die Entwicklung der heutigen Cars mit Verbrennungsmotor als Antrieb kam 1886 in Deutschland voran. Da baute Carl Benz den ersten Motorwagen Nummer 1 (Fahrzeug mit Gasmotorenbetrieb) und meldete das Patent an. Dieser Motorwagen galt als das erste praxistaugliche Automobil mit Verbrennungsmotor der Welt und läutete somit die Geburtsstunde der modernen Cars ein. Aus seinem 1883 gegründeten Maschinenbau- und Automobilunternehmen Benz & Cie., entstand 1926 durch Fusion mit der Daimler-Motoren-Gesellschaft die Daimler-Benz AG (heute Daimler AG). Das Elektrocar war übrigens keine Erfindung der modernen Zeit, denn bereits im Jahr 1898 hatte der Fahrer und Konstrukteur Camille Jenatzy mit einem Elektromobil (La Jamais Contente) eine Rekordgeschwindigkeit von 105 km/h aufgestellt.

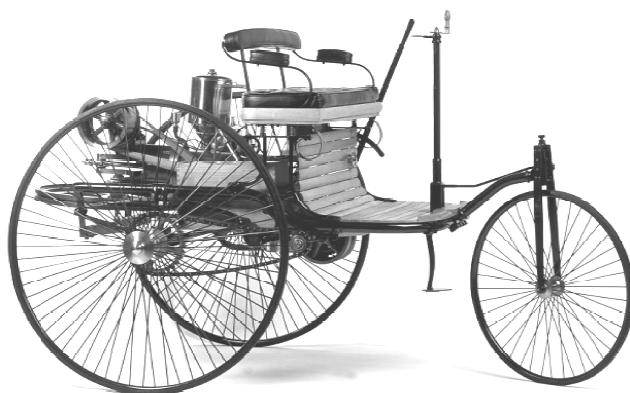


Abbildung 1: Automobil (Patent-Motorwagen Nummer 1) von Carl Benz im Jahre 1886, Foto 14C1228_01 © DAIMLER

3.2 Die Entstehung der Modelcars

Die Modelcars gab es bereits seit der Erststellung des Automobils; es sind verkleinerte Nachbildungen als Standmodell. Sie sind vorwiegend aus Kunststoff, aber auch einige in Metall gefertigt. Die Modelle im Massstab 1:87 dienten ursprünglich als Ausstattung für Modelleisenbahnlanlagen in der Spurweite H0. Das Car System ist die Bezeichnung für selbstfahrende Modelle mittels Magnetlenkung. Die Firma FALLER entwickelte dieses Car System für die Modelbahnlanlagen im Jahre 1989. Die aktuelle Entwicklung stellt das Car System Digital 3.0 dar, das heute weltweit führend ist. Zur Steuerung von Funktionen wie Licht, Blinker und Geschwindigkeit gibt es Funktionsbausteine, zum Beispiel von InfraCar oder DC-Car. Diese Systeme sind kompatibel zum FALLER Car System und ermöglichen eine Steuerung dieser Funktionen über Infrarot. Vielfach lassen sich die Standmodelle von Herstellern wie Berkina, Busch, Herpa, Ritze und Wiking auf das Car System mit etwas Aufwand aufrüsten.

3.3 Die Vorbilder der Cars in der Schweiz

Die bekanntesten und grössten Carunternehmen in der Schweiz:

Vorbild	Kurzform	Eigentum	Gründungsjahr	Transporttyp
PostAuto Schweiz AG	PostAuto	Öffentlich	1906	Personen
Eurobus AG	Eurobus	Privat	1909	Personen
Planzer Transport AG	Planzer	Privat	1936	Fracht
Bertschi AG	Bertschi	Privat	1956	Fracht
Galliker Transport AG	Galliker	Privat	1918	Fracht
Camion Transport AG	Camion	Privat	1925	Fracht
DHL (Schweiz)	DHL	Privat	1970 (2005)	Fracht

Tabelle 1: Übersicht der schweizerischen Vorbilder sowie die grössten Carunternehmen in der Schweiz

4 Einführung

4.1 Definitionen

Ausnahmetransport	Die Ausnahmetransporte sind Schwertransporte mit einer übergroßen Ladung. Die Fahrzeuge und Ladung überschreiten die gesetzlichen Grenzen für Abmessungen und Gewichte und dürfen in der Schweiz nur aufgrund einer Ausnahmebewilligung verkehren. Die Fahrzeuge verkehren nur auf bestimmten dafür geeigneten Schwertransportrouten, weil da höhere Anforderungen an den Lichtraum sowie bauliche Massnahmen gelten. In der Schweiz werden die Schwertransporte oft nachts mit Polizeibegleitung durchgeführt.
Ausrundungen	Die Ausrundungen werden für vertikale Linienführungen, also bei Gefälle und Steigungen, angewendet. Da Knicke bei Neigungswechsel nicht für die Fahrdynamik geeignet sind, werden daher die Wannen und Kuppen mit einem Kreisbogen ausgerundet. Die Ausrundungen verhindern zudem, dass das Fahrzeug bei einem Neigungswechsel auf der Fahrbahn aufsetzt.
Bankett	Das Bankett ist neben der Fahrbahn resp. innerhalb der Randzone angeordnet. Die Standardbreite des Banketts beträgt im Modell 5 bis 10 mm. Das Bankett kann befestigt sein oder auch mit losem Kiesmaterial sein.
Bogen	Ein Bogen oder Kreisbogen ist eine Kurve mit gleichbleibendem Radius, mit Anfangs- und Endpunkt.
Brücken	Eine Brücke ist ein Bauwerk für die Bewältigung von Tälern oder anderen Hindernissen wie z.B. Flüssen. Eine Brücke hat mindestens ein tragendes Feld (Einfeldträger) über eine bestimmte Spannweite mit zwei Auflagern. Eine Brücke weist also ein Tragwerkssystem auf und kann aus verschiedenen Materialien bestehen.
Car Anlagen	Zu Car Anlagen gehören alle baulichen Elemente, die für den Car-Betrieb und seine Sicherung wesentlich sind; dies können zum Beispiel Depots, Haltestellen, Strecken oder Signale sein.
Car System	Das Car System bezeichnet die fahrenden Fahrzeuge auf einer Anlage. Die angetriebenen Fahrzeuge folgen mittels Fahrdrift der Fahrbahn. Der Fahrdrift wird in die Fahrbahn verlegt und ist später nach Fertigstellung nicht mehr sichtbar. Digitale Fahrzeuge können mit einer PC-Steuerung automatisiert werden.
Einschlagwinkel	Der Einschlagwinkel der Vorderräder eines Fahrzeugs ist abhängig vom Fahrzeugtyp und liegt zwischen 27.5 und 56°. Der Einschlagwinkel ist für die Berechnung der Schleppkurven und Spurkreise ein massgebender Parameter.
Einschnitt	Ein Einschnitt bezeichnet ein Erdbauwerk in Form einer nach oben offenen Vertiefung im Gelände. Die Seiten sind durch Böschungen begrenzt. Einschnitte werden benötigt, um die Strecke möglichst flach zu halten; dazu sind diese Geländeabtragungen notwendig.
Fahrbahn	Die Fahrbahn ermöglicht den Cars, darauf zu fahren. Der Kontakt erfolgt durch Rad und Fahrbahnoberfläche (Gummi auf Holz resp. raue Farbe) und bildet ein fahrbares System. Die Fahrbahn ist an ei-

	<p>ne Strassenstrecke gebunden. Bei der Linienführung der Strassenstrecke sind einerseits geologische Begebenheiten (Geländeform und Untergrund) und andererseits die Leistungsfähigkeit der vorgesehnen Fahrzeuge zu berücksichtigen. Die Strassenstrecken bilden zusammen das Streckennetz. Die Fahrbahn wird für das Car System mit vorgefertigten Laser-Street-Elementen von FALLER oder ganz individuell mit dem Einfräsen von Rillen für den Fahrdrat erstellt.</p>
Fahrdrat	Der Fahrdrat für das Car System von FALLER ist so hergestellt, dass der Durchmesser und die Legierung auf den Lenkmagneten am Fahrzeug abgestimmt sind. Der Fahrdrat wird in die Fahrbahn integriert, damit er nicht mehr sichtbar ist.
Fahrzeugkategorie	In der Schweiz sind vier Fahrzeugkategorien vorhanden. Die verschiedenen Fahrzeuge werden in die Kategorien A, B, C und D eingeteilt. Die kleinste Kategorie ist D und die nächst grössere Kategorie ist C und so weiter. Die Fahrzeuge der Ausnahmetransporte gehören nicht zu diesen Kategorien.
Fahrzeuglauf	Für den Fahrzeugverlauf ist das Zusammenspiel von Rad und Fahrbahn verantwortlich. Ein guter Fahrzeugverlauf ist von einer ruhigen Linienführung abhängig. Dabei spielt die Fahrbahngeometrie eine wichtige Rolle. Bei Übergängen von einer Gerade in einen Bogen dürfen keine Knicke vorhanden sein. Der Übergang muss senkrecht angeschlossen werden. Vielfach hilft auch eine Klohoide, die mit einem Flexgleis erstellt werden kann, für einen optimalen Übergang in einen Bogen. Auch in der Vertikale wird empfohlen, eine Ausrundung einzuplanen. Die Überhöhung der Fahrbahn ist für das Car System nicht notwendig, kann aber aus optischen Zwecken gemacht werden.
Fahrzeugtyp	Der Fahrzeugtyp beschreibt das Fahrzeugmodell vom Personenwagen bis zu den Lastwagen. Es wird grob nach drei Fahrzeugtypen unterschieden Normalfall, Extremfall und Besondere. Besondere Fahrzeuge sind Typen für die öffentliche Hand, für die Landwirtschaft sowie für den Bau.
Gefälle	Das Gefälle beschreibt eine fallende Strecke. Die Steilheit einer Strecke wird in Prozent angegeben in diesem Fall mit einem negativen Wert (-).
Klohoide	Eine Klohoide dient als Übergangsbogen zwischen einer Geraden und einem Bogen. Die Klohoide ist eine spiralförmige Kurve die bei jeder Distanz einen engeren Bogen erfährt. Im Strassenbau werden solche Klohoiden nur bei schnellen gefahrenen Strecken wie Autobahnen verwendet.
Knoten	Die Knoten dienen zur Verknüpfung von Verkehrsbeziehungen zwischen einzelnen Strassenstrecken, sie umfassen einfache Einnymündungen, Kreuzungen, Kreisel oder Plätze. Die Knoten können auch komplexer sein, kreuzungsfrei in zwei oder mehreren Ebenen.
Kreuzung	Eine Kreuzung ist ein Knoten, bei dem sich zwei Fahrstrassen hingleich in einem bestimmten Winkel kreuzen. Die Kreuzung kann mit den beiden Fahrstrassen nicht gleichzeitig befahren werden. Oft braucht es eine Vortrittsregelung oder sogar eine Lichtsignalanlage, um den Verkehr sicher zu leiten.

Kuppe	Bei einem Neigungswechsel von einer Steigungsstrecke in eine Gefällestrecke entsteht ein Schnittpunkt im Hochpunkt resp. in einem Knick. Dieser Knick wird mit einem Kreisbogen ausgerundet; da der Kreismittelpunkt unterhalb des Bogens liegt, wird dieser Kreisbogen als Kuppe bezeichnet.
Kurvenverbreiterung	Die Fahrzeuge benötigen in Kreisbögen und auch in Klothoiden mehr Raum, daher ist die Fahrbahn in der Kurve dementsprechend zu erhöhen. Je enger der Bogen – desto breiter muss die Fahrbahn sein.
Laser Street	Laser Street sind vorgefertigte Fahrbahnelemente aus 3 mm starken und dreischichtigen Pappelsperrholzplatten von FÄLLER. Diese Fahrbahnelemente enthalten bereits die Rille für den Fahrdräht und lassen sich mit anderen Fahrbahnelementen einfach verbinden. Durch das Fahrbahnelement mit der variablen Streckenführung können flexible Fahrbahnen realisiert werden. Die Fahrbahnsegmente sind so vorgefertigt, dass der Einbau der Funktionselemente vorbereitet ist.
Lichtraum	Der Lichtraum ist der Bereich für die Begrenzung der Fahrzeuge. Die Fahrzeuge mitsamt Beladung dürfen den Lichtraum nicht überschreiten.
Lichtraumprofil	Das Lichtraumprofil ist der Bereich im Querschnitt einer Strassenanlage, der von sämtlichen festen Bauwerken oder Anlagenteilen freizuhalten ist. In das vorgegebene Lichtraumprofil darf nichts hineinragen. Die Fahrzeuge können im Lichtraumprofil ohne Gefahr auf Anprall verkehren. Auf der freien Strecke reicht das Lichtraumprofil über den Fahrbahnrand hinaus ins Bankett. Die Lichtraumhöhe gilt für jeden Fahrzeugtyp und misst im Modell ca. 52 mm.
Lichtsignalanlage	Die Lichtsignalanlage dient zur Verkehrsregelung an Knoten resp. an Kreuzungen. In der Schweiz werden die Ampeln mit drei Phasen mit den Signalfarben Rot, Gelb und Grün ausgerüstet. Auf Baustellen werden temporäre Lichtsignalanlagen mit zwei Phasen mit den Signalfarben Rot und Gelb ausgerüstet. Bei freier Fahrt blinkt die gelbe Signalfarbe.
Markierung	Die Markierungen sind auf der Fahrbahn aufgetragene farbliche Kennzeichnungen und richten sich an alle Verkehrsteilnehmer. Für den Langsamverkehr sind in der Schweiz die Markierungen in der Farbe „Gelb“ markiert, die übrigen sind mit der Farbe „Weiss“ zu gestalten. Auf Baustellen erfolgt die temporäre Markierung mit der Farbe „Rot“, was die anderen Markierungsfarben ablöst. Die Markierung wird unterschieden nach Linien- und Flächenmarkierung. Dazu sind verschiedene Markierungstypen vorhanden, die ihre eigene verkehrstechnischen Eigenschaften besitzen.
Modellcarsteuerung	Eine Modellcarsteuerung ist eine Programmsteuerung, die den komplexen Prozess einer Modellanlage mit Car System durch eine oder mehrere Funktionen im zeitgeführten Ablauf zuverlässig schalten resp. steuern kann, damit der Carverkehr betriebssicher abläuft. Die Modellcarsteuerung ist eine Software, die auf einem Computer betrieben wird. Über einen Bildschirm wird das eingegebene schematische Strassennetz der Modellanlage dargestellt.

Normalprofil	Das Normalprofil definiert auf einem bestimmten gleichbleibenden Fahrbahnquerschnitt den Strassenraum. Ändert sich der Strassenraum, so ist ein weiteres Normalprofil notwendig. Dabei sind die Abmessungen der Elemente des Normalprofils massgebend. Die Elemente sind Fahrbahn (auch Pannenstreifen), Trennstreifen (Inseln etc.) und Bankette.
Oberbau	Der Oberbau bezeichnet die Fahrbahn oberhalb des Unterbaus und dient insbesondere der Aufnahme und Verteilung der Kräfte in den Unterbau. Der Oberbau kann im Modell wahlweise mit Laser-Street-Elementen aus 3-mm-Sperrholzplatten realisiert werden.
Planum	Das Planum ist die Abgrenzung zwischen Oberbau und Unterbau.
Quergefälle	Das Quergefälle einer Fahrbahn dient zur Entwässerung der Fahrbahn sowie zur Verbesserung der Fahrdynamik in der Kurve (Querbeschleunigung). Im Modell ist das Quergefälle nicht zwingend nötig.
Radsatz	Ein Radsatz bei Fahrzeugen besteht aus der Welle und den beiden Rädern. Ein Radsatz mit Antrieb wird oft mit Antriebszahnrad angetrieben.
Reduzierte Deichsellänge	Die reduzierte Deichsellänge ist ein fahrzeugspezifischer Parameter für die Berechnung der maximalen Kurvenverbreiterung einer gebogenen Linienführung (Kurve). Die ermittelte maximale Kurvenverbreiterung tritt nur bei einer vollen Wendung mit vollem Radeinschlag des Fahrzeuges auf. Bei Abbiegungen oder kurzen Bögen unter 180° kann die Kurvenverbreiterung verkleinert werden.
Schleppkurve	Die Schleppkurve ist der Flächenbedarf eines Fahrzeugtypen auf einer gebogenen Fahrbahn. Schleppkurven kommen vor, sobald das Fahrzeug einen Radeinschlag vornimmt. Die massgebenden Fahrzeugpunkte (Karosserie) für den Flächenbedarf werden auch als Hüllkurve bezeichnet.
Segment	Ein Segment ist ein Teil einer ganzen Anlage, das mit anderen Segmenten nur in genau festgelegter Anordnung kombiniert werden kann. Auf genormte Übergänge wird dabei kein Wert gelegt.
Signalisation	Die Signalisation bezeichnet die Lichtsignalanlagen, Vorschrifts-, Vortritts-, Gefahren- oder Hinweisetafeln. Die Signalisation dient zur Verkehrsführung und deren Sicherheit.
Spurkreis	Der Spurkreis ist die Kreisbahn eines Fahrzeuges, in der Regel das äusserste Vorderrad, die während einer Kreisfahrt mit vollem Radeinschlag durchgeführt werden kann.
Steigung	Die Steigung beschreibt eine ansteigende Strecke. Die Steilheit einer Strecke wird in Prozent angegeben, in diesem Fall mit einem positiven Wert (+).

Tunnel	Der Tunnel ist ein unterirdisches Bauwerk und durchquert einen Berg oder unterquert Gewässer. Im Modellbau verschwindet der Zug durch die Portale einfach in den nicht sichtbaren Teil der Anlage.
Trennstreifen	Der Trennstreifen dient zur baulichen Trennung der beiden Richtungsfahrbahnen. Der Trennstreifen wird oft auch für die Verkehrssicherheit auf schnellen Fahrstrecken verwendet wie zum Beispiel bei Autostrassen und Autobahnen. Der Trennstreifen wird auch bei Knoten oder Bushaltestellen verwendet, um das Überholen der Fahrzeuge zu verhindern.
Unterbau	Der Unterbau ist das Tragwerk der Anlage und hat die Aufgabe die Lasten aus dem Oberbau sicher aufzunehmen und abzutragen. Der Unterbau besteht im Modelbahnbau meistens aus Holz. Dazu gehören auch Tragwerke wie Brücken, Unterführungen (Durchlässe) und dgl. dazu.
Übergangsbogen	Der Übergangsbogen ist ein Verbindungselement zwischen einer Geraden und einem Kreisbogen und dient dazu, dass der Übergang nicht ruckartig eintritt. Der Übergangsbogen wird als Verziehungsstrecke und als Änderung des Quergefälles genutzt. Der Übergangsbogen kann als Vorbogen oder als Klothoide konstruiert sein. Durch den Vorbogen erfolgt die Lenkung stufenweise. Der Vorbogen kann relativ einfach realisiert werden mit 2x dem Radius des eigentlichen Kreisbogens.
Viadukt	Ein Viadukt ist wie eine Überführung der Strecke über eine Absenkung oder Tal, orientiert an einem römischen Aquädukt (wasserführende Brücke). Ein Viadukt besteht aus mehreren Brückenfeldern aus Bögen auf Pfeilern. Früher wurden diese aus Natursteinen (Mauerwerk) errichtet und modernere Viadukte aus Stahlbeton.
Wannen	Bei einem Neigungswechsel von Gefällestrecke in eine Steigungstrecke entsteht ein Schnittpunkt im Tiefpunkt resp. einen Knick. Dieser Knick wird mit einem Kreisbogen ausgerundet, da der Kreismittelpunkt oberhalb des Bogens liegt, wird dieser Kreisbogen als Wanne bezeichnet.
Wendekreis	Der Wendekreis ist die äusserste Kreisbahn eines Fahrzeuges, in der Regel die Karosserie, während eine Kreisfahrt mit vollem Radeinschlag durchgeführt werden kann.
Wendeschleifen	In der Schweiz werden Wendeschleifen auch oft als Wendeschlaufe bezeichnet. Die Wendeschleifen dienen zum Wenden von Fahrzeugen. Dabei ist das Wenden des Fahrzeuges ohne Richtungsänderung möglich. Die Wendeschleifen werden bei Sackgassen benötigt, damit die Fahrzeuge wenden können. Wenn eine Wendung des Fahrzeuges nur mit einer Richtungsänderung (Rückfahrt) möglich ist, ist die Bezeichnung Wendehammer in der Schweiz gebräuchlich.

4.2 Abkürzungen

Fz	Fahrzeug und Ladungen
Kr	Kreuzung
s	Spurweite
u	Überhöhung
v	Geschwindigkeit
v_{max}	Höchstgeschwindigkeit

4.3 Platzbedarf

Die Nenngroesse H0 wurde extra eingeführt, damit die Anlage noch in einen Wohnraum passt. Eine einfache Strassenvariante, zum Beispiel ein Fahrbahnoval, benötigt eine Anlagenfläche von 200 x 100 cm. Für mehr Spielwert muss deutlich eine grössere Anlagenfläche vorhanden sein sowie ein dazu passender Raum. In der Regel gibt die vorhandene Raumfläche die geplante Anlagengröße vor. Eine optimale Anlage sollte ca. 10 m² Fläche betragen. Bei der Planung ist die Zugänglichkeit der Anlage zu berücksichtigen. Eine zu breite Anlage kann ein Hindernis darstellen. Vom Anlagenrand sollten alle Bereiche mit der ausgestreckten Hand erreichbar sein, daher nicht weiter als 70 cm. Ist die Anlage von beiden Seiten erreichbar, dann kann die Anlagenfläche durchaus 140 cm (2 x 70 cm) betragen. Es können auch Luken eingebaut werden, die unter der Anlage erreichbar sind. Durch die Luke in der Anlagenplatte kann ein Zugang ermöglicht werden. Damit kann die Realisierung und der Betrieb (Fehlfahrten / Reinigung / dgl.) der Anlage gesichert werden. Die Luke ist in die Gestaltung einzuplanen und zum Beispiel mit Büschen und Hecken zu retuschieren, damit diese Öffnung nicht dermassen auffällt.

4.4 Werkzeuge

Für den Bau einer Modellanlage resp. eines Unterbaus wird auch eine voll ausgestattete Werkstatt benötigt. Um die Vollständigkeit zu prüfen, steht nachfolgend die Tabelle für benötigte Werkzeuge zur Verfügung, mit Angaben der Kosten im unteren Preissegment.

Werkzeug	Kosten
Markierer (Bleistift, Folienstifte und dgl.)	5.00 CHF
Schraubendreher	30.00 CHF / Set
Zangen	20.00 CHF
Klemmzwingen	5.00 CHF / Stück
Schraubzwingen (Spannbereich bis 1250 mm)	60.00 CHF / Stück
Messer (Taschenmesser und Cutter)	50.00 CHF
Massband und Doppelmeter	20.00 CHF
Messschieber (elektronisch)	30.00 CHF
Winkelmesser (Geodreieck)	5.00 CHF
Hammer	10.00 CHF
Handsäge	25.00 CHF
Stichsäge	60.00 CHF
Bohrmaschine	75.00 CHF
Exzenterschleifer	80.00 CHF
Kapp-, Gehrungs- und Tischkreissäge	300.00 CHF
Linienlaser (vertikal und horizontal)	140.00 CHF

Tabelle 2: Werkzeugliste

Für den Fahrbahnbau werden weitere Werkzeuge (Smart Tools) benötigt und diese sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

Werkzeug	Kosten
Rillenfräse	150.00 CHF
Forstnerholzbohrer Holz Ø 25 mm	23.00 CHF
Lineal und flexibles Kurvenlineal	20.00 CHF
Paintmarker weiss (Lackmarker)	7.00 CHF
Holzspiralbohrer Ø 3 mm und Ø 10 mm	6.00 CHF
Minifarbroller	5.00 CHF
Spachtel (Breite 5 / 10 cm)	3.00 CHF
Kunststoffbecher	2.50 CHF

Tabelle 3: Werkzeugliste für den Fahrbahnbau

4.5 Smart Tools

Die Rillenfräse ist ein ideales Werkzeug für die Verlegung des Fahrdrahes des FÄLLER Car Systems. Durch die Rollenfräse kann eine individuelle Linienführung der Fahrbahn realisiert werden.



Abbildung 2: Rillenfräse, Foto Marc Senn

Tipp

Für die Rillenfräse ist ein Trafo von FÄLLER notwendig für den Betrieb der Rillenfräse mit 12V DC (FÄLLER 180641).

Der Forstnerholzbohrer ist für grössere Bohrungen geeignet und ist ein Zubehör für die Bohrmaschine. Durch die spezielle Schneidegeometrie am Bohrkopf lassen sich die Löcher schneller und einfacher erstellen. Das Holz wird sozusagen abgeschält, dadurch werden keine Brandspuren im Holz erzeugt. Zudem entstehen keine Aufrisse auf der Rückseite des zu bohrenden Holzes. Der Bohrlochdurchmesser von 25 mm wird oft für die Versenkung der Funktionselemente in der Fahrbahn verwendet. Dieser Bohrer ist auch verwendbar, um Durchdringungen im Unterbau der Anlage zu erstellen, auf diese Weise können auch Kabeldurchführungen im Holz realisiert werden.



Abbildung 3: Forstnerbohrer Holz Ø25 mm, z.B. von wolfcraft, Foto Marc Senn

Tipp

Der Forstnerholzbohrer kann auf eine übliche Bohrmaschine aufgesteckt werden. Die maximale Umdrehungsgeschwindigkeit beim Bohren soll 1'800 Umdrehungen pro Minute nicht überschreiten.

Das Lineal wird verwendet, um Distanzen abzutragen, zu messen oder die Markierung auf der Fahrbahn mit einem weissen Paintmarker aufzutragen. Ein flexibles Lineal ist sehr nützlich bei Kurven. Es besteht aus Kunststoff und ist mit einem Stahlkern versehen, dadurch kann das flexible Lineal beliebig verformt werden und hält die Verformung bei.



Abbildung 4: Lineal und flexibles Kurvenlineal, Foto Marc Senn

Tipp

Das flexible Lineal gibt es auch in den Längen von 40 / 50 und 60 mm.

Der weisse Lackmarker ist ein ideales Hilfsmittel, um die Markierung auf der Fahrbahn aufzutragen. Die Farbe verschmiert oder verläuft nicht. Es muss nichts abgeklebt werden, wie zum Beispiel beim Sprayen.



Abbildung 5: Paintmarker weiss (Lackmarker), Foto Marc Senn

Tipp

Die optimale Strichstärke für die Markierung liegt zwischen 2 bis 2.5 mm. Es wird daher empfohlen ein Lackmarker in dieser Stärke zu verwenden.

Der Holzspiralbohrer ist für kleinere Bohrungen geeignet und ist ein Zubehör für die Bohrmaschine. Die Zentrierspitze am Bohrkopf unterstützt das Anbohren auf dem Holz. Der Bohrlochdurchmesser von 3 mm und 10 mm wird sehr oft verwendet.



Abbildung 6: Holzspiralbohrer Ø 3 und Ø 10 mm, Foto Marc Senn

Der Minifarbroller ist ein ideales Werkzeug für die Einfärbung der Fahrbahnoberflächen. Der Rollaufsatz kann ausgetauscht werden, so können verschiedene Straßenfarben verwendet werden. Die Farbe Hellgrau eignet sich für Betonbeläge und die Farbe Dunkelgrau für Asphaltbeläge.



Abbildung 7: Minifarbroller, Foto Marc Senn

Tipp

Die Farbe aus dem Fahrbehälter vorher immer gut durchmischen, damit die Farbgebung beibehalten wird. Auch für spätere Korrekturen an der Fahrbahn können mit dem Minifarbroller vorgenommen werden ohne sichtbare Farbnuance.

Der Spachtel ist ein ideales Werkzeug für die Verschliessung der Fahrbahn. Die Spachtelmasse wird auf der Fahrbahn mit dem Spachtel aufgetragen und anschliessend gleichmäßig auf der Fahrbahn verteilt. Die Spachtelmasse ist dünn aufzutragen, damit die Fugen und Aussparungen verschlossen werden, um eine glatte und saubere Oberfläche zu erhalten.

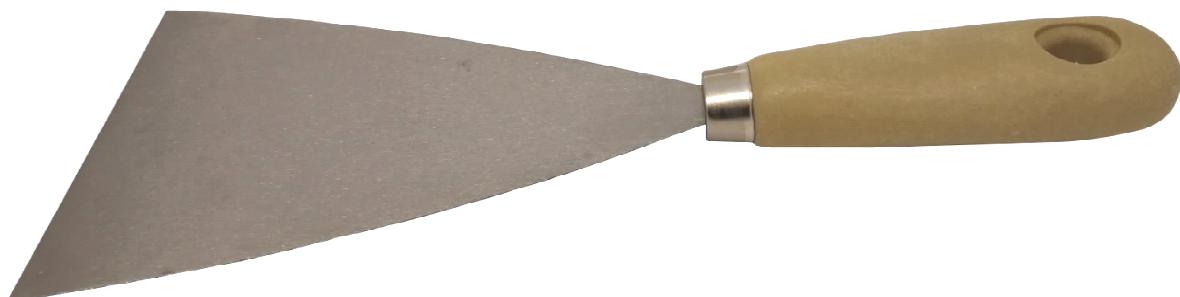


Abbildung 8: Spachtel Breite 10 cm, Foto Marc Senn

Tipp

Die Breite des Spachtels ist anhand der Fahrbahnbreite zu wählen, also 5 oder 10 cm. So kann die Spachtelmasse gleichmäßig in einem Zug auf der Fahrbahn aufgetragen werden. Bei Unebenheiten der Spachtelmasse, diese mit einem sehr feinen Schleifpapier abschleifen.

Der Kunststoffbecher gehört bei Spachtelarbeiten dazu. Der Becher wird für das Anrühren von Spachtelmasse genutzt. Der Becher ist sehr weich und trotzdem sehr handlich.



Abbildung 9: Kunststoffbecher, Foto Marc Senn

Tipp

Der Becher kann bei Arbeitsunterbrüchen mit Folie abgedeckt werden, so bindet die Spachtelmasse weniger schnell ab. Die Resten können ganz einfach aus dem Becher gedrückt und entsorgt werden. Anschliessend den Becher mit Wasser reinigen und ganz von Spachtelrückständen befreien.