

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 134 (2008)  
**Heft:** 1-2: Technik zum Spass

**Artikel:** Beschleunigung  
**Autor:** Halama, Thomas  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-108880>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# BESCHLEUNIGUNG



01

## Titelbild

Ende des Spases: Ausrangierte Gondeln eines älteren Fahrgeschäfts warten auf neue Besitzer oder ihre Wiederverwertung (Bild: Philippe Hort)

## 01+02 Moderne Achterbahn im Bau

(Bilder: STRAINTEC AG)

Die Bilder des Zürcher Fotografen Philippe Hort auf den Seiten 20, 21, 24, 25, 28, 29 zeigen eine zerlegte, während der Winterpause eingelagerte Achterbahn und Impressionen vom Abbau der Fahrgeschäfte an der diesjährigen Frauenfelder Chilbi.

Wir möchten uns an dieser Stelle bei den Schautellerinnen und Schautellern bedanken, die bereitwillig Zutritt zu ihren Räumlichkeiten, Standplätzen und Geräten gewährt und wertvolle Informationen beigesteuert haben.

Achterbahnen faszinieren und erschrecken zugleich. Für viele Menschen sind sie das grösste Vergnügen, andere empfinden sie als Horror. Die Fahrt mit bis zu 200 km/h über filigran wirkende Schienen und Stahlstrukturen dürfte für gesunde Menschen allerdings sicherer sein als die individuelle Anreise in den Vergnügungspark.

Die ersten Achterbahnen waren vorwiegend aus Holz gebaut und boten den Fahrgästen das Befahren einer Strecke mit Bergen und Tälern. Daher stammt auch der ebenfalls gebräuchliche Name «Berg-und-Tal-Bahn». Die erste Achterbahn wurde 1898 auf Coney Island bei New York eröffnet. Anfang des 20. Jahrhunderts wuchs dann die Zahl der Bahnen vor allem in den USA rasant an. Spektakuläre Bahnen, wie sie heute in den meisten Vergnügungsparks stehen, wurden jedoch erst mit der Verwendung von Stahl als Werkstoff möglich. Er erlaubte neben Auf- und -Ab-Fahrten auch die Konstruktion komplizierterer Fahrelemente.

## FULMINANTER START

Klassische Achterbahnen folgen einem ebenso simplen wie überzeugenden Prinzip: Die Wagen werden mit einer Kette die erste Rampe, den Lift, hochgezogen. Nach dem Scheitelpunkt fahren die Wagen, allein durch die Schwerkraft angetrieben, durch die Fahrstrecke. Bei neueren Bahnen können die Wagen auch praktisch aus dem Stand auf einer horizontalen Strecke «abgeschossen» werden. Dabei dienen Hydraulikzylinder, Drahtseile oder auch elektrische Linearmotoren als Antriebssysteme, sodass auf den eher langsamen und platzraubenden Lift verzichtet werden kann. Diese im Fachjargon «launched coasters» genannten Anlagen erreichen nach dem Abschuss Geschwindigkeiten von über 200 km/h. Theoretisch wären auch Geschwindigkeiten bis 300 km/h möglich. Allerdings würden dann Insekten zu gefährlichen Geschossen für die ungeschützten Fahrgäste.

## FAHRDYNAMIK UND BESCHLEUNIGUNG

Die Geschwindigkeit ist nur eines der Elemente, die das Vergnügen der Achterbahnfahrt ausmachen. Weit massgebender für das Fahrgefühl sind die g-Kräfte (Beschleunigungen), die auf den Körper wirken. Heute geht die Entwicklung bis zu einer Vertikalbeschleunigung von 6g. Das heisst, dass die Fahrgäste nur über einen sehr kurzen Zeitraum, zum Beispiel bei einer Taldurchfahrt, mit dem bis 6fachen ihres eigenen Körpergewichts in die Sitze gedrückt werden. Durchschnittliche Achterbahnen erreichen Beschleunigungen von ca. 3g bis 3.5g. Als Gegensatz gibt es auch Fahrelemente, bei denen die Fahrgäste aus dem Sitz gehoben werden: Die sogenannte «airtime», ein kurzer Zeitraum der Schwerelosigkeit, tritt zum Beispiel auf, wenn mit hoher Geschwindigkeit über einen Hügel gefahren wird. Dieses Gefühl des Abhebens kann auch bei vielen Sportarten, insbesondere beim Ski- und Snowboardfahren, erlebt werden.

Bei Kurvenfahrten, die bei einer Achterbahn ja sehr häufig sind, treten zudem seitliche Beschleunigungen auf. Abrupte Übergänge in Kurven können Hals-, Kopf- und Nackenverletzungen verursachen. Um dies zu verhindern, werden heutige Achterbahnen um die sogenannte «Herzlinie» (Bild 3) entwickelt und konstruiert. Dabei liegt die Drehachse nicht wie früher auf der Schienenachse, sondern in der Höhe der Körpermitte. Somit legt der Kopf des Fahrgasts bei einer Kurvenein- oder -ausfahrt nur einen kurzen Weg zurück. Weiter



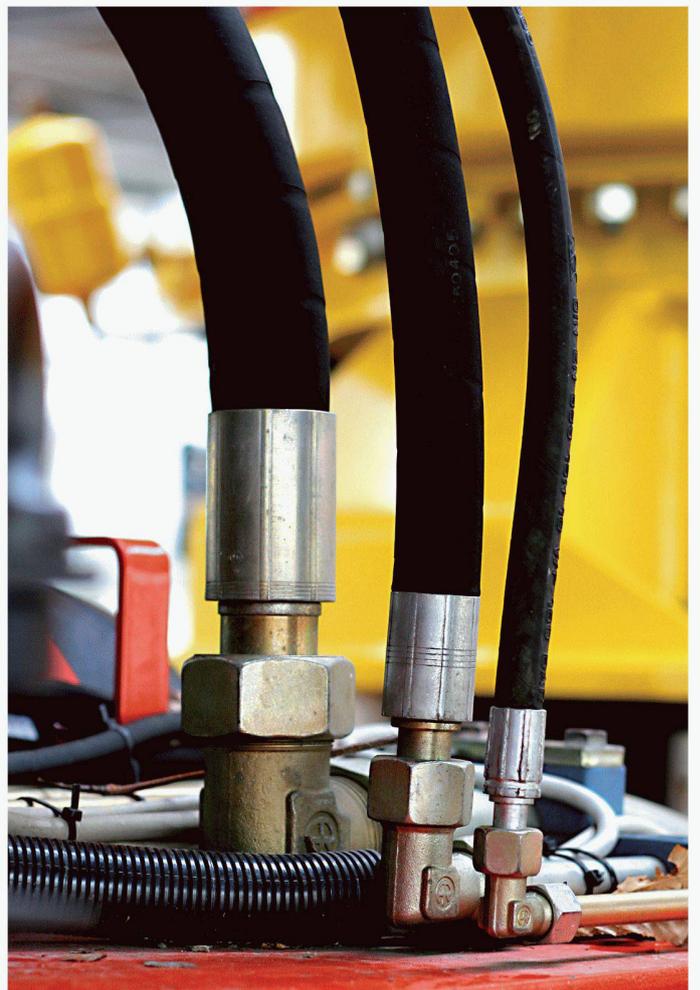
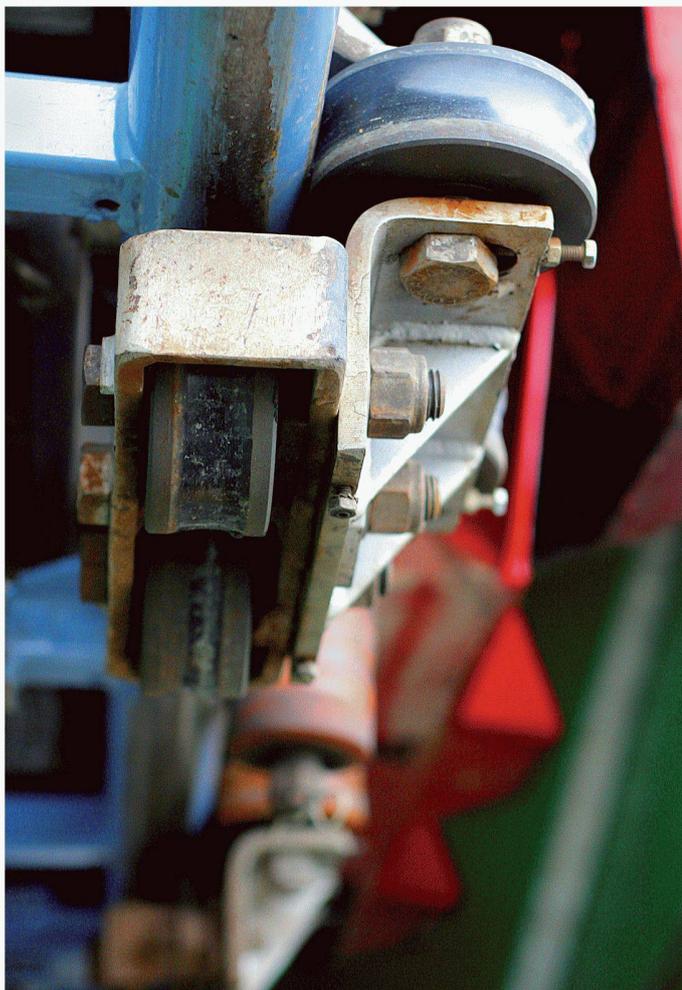
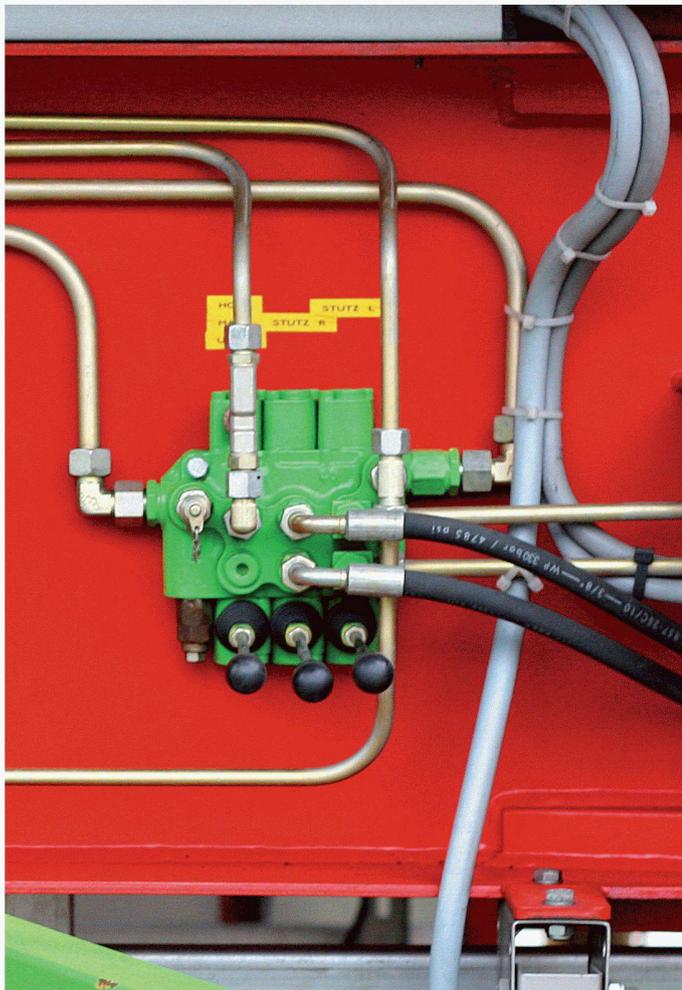
02

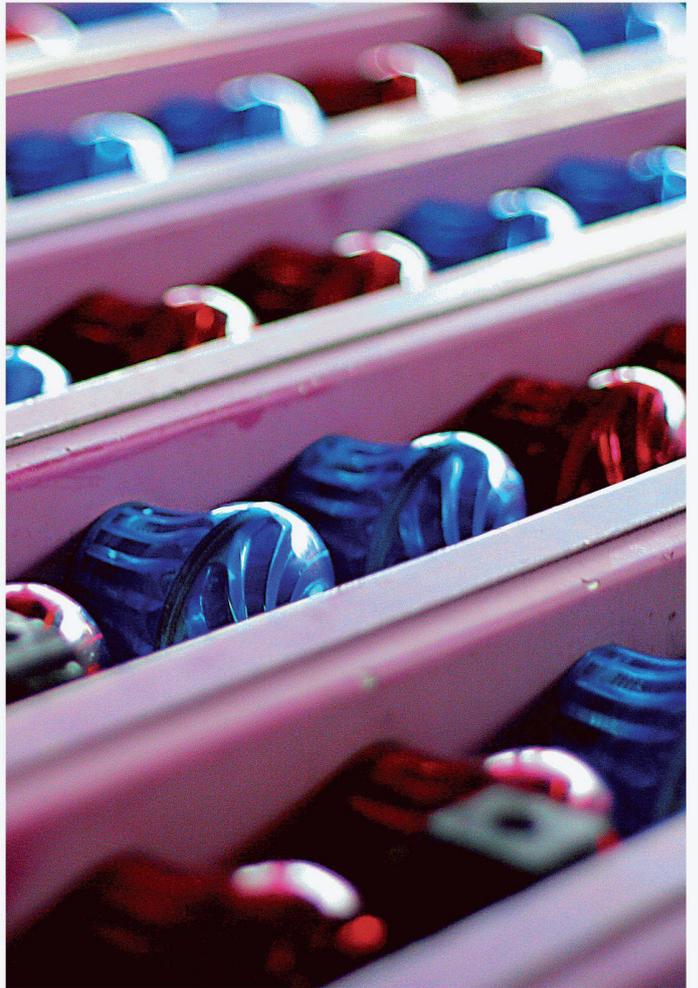
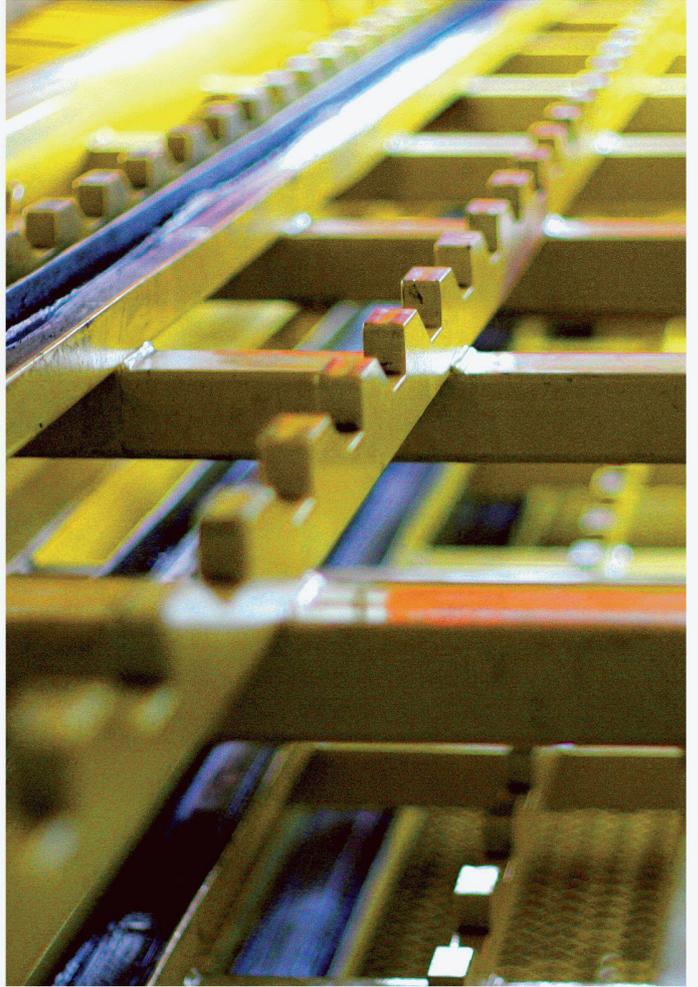
werden die Kurvenübergänge, ähnlich wie im Strassenbau, als Klothoiden ausgeführt, so dass der Radius bei der Ein- und der Ausfahrt deutlich grösser ist. Eine Querneigung der Schiene hat zudem zum Ziel, die hohen Fliehkräfte bei einer Kurvenfahrt in eine Vertikal- kraft zu verwandeln, sodass der Fahrgast in den Sitz gedrückt wird. Diese Elemente führen dazu, dass Kurven auch mit hoher Geschwindigkeit relativ sanft durchfahren werden.

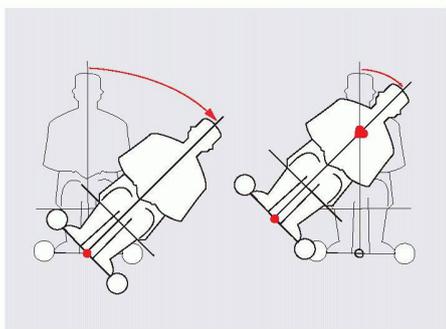
### **SIMULIERTER NERVENKITZEL**

Bevor die ersten Fundamente oder Stützen einer Achterbahn gesetzt sind, haben Ingenieurinnen und Ingenieure die Bahn schon mehrmals mittels Computersimulationen durchfahren. Eine neue Achterbahn entsteht zuerst virtuell am Computer. Damit können die Entwickler die Fahrelemente prüfen und optimieren, bis das gewünschte Ergebnis bezüglich Fahrgefühl erreicht wird. Für jeden Streckenzentimeter können die Kräfte und

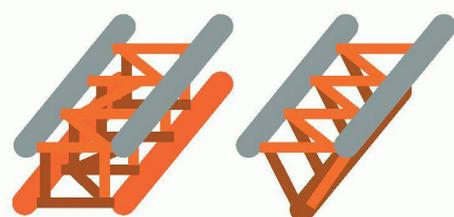
*Fortsetzung S. 22*



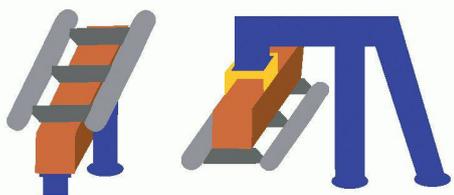




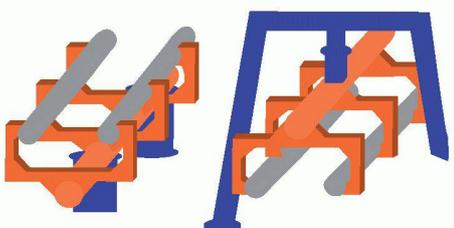
03



04



05



06

03 Schematische Darstellung der Herzlinie als Konstruktionsgrundlage heutiger Achterbahnen. Der Weg, den der Kopf eines Fahrgasts bei einer Kurvein- oder -ausfahrt zurücklegt, wird dadurch minimiert (Bild: Süddeutsche Zeitung)

04 Schematische Darstellung einer 3-Gurt-Schiene (rechts) und einer 4-Gurt-Schiene (Bilder: STRAINTEC AG)

05 + 06 Schematische Darstellungen alternativer Schienenkonstruktionen mit Kasten- (oben) oder Rundrohrträger, jeweils mit aufgeständerten (links) oder hängenden Schienen

Belastungen bestimmt werden, was je nach Länge der Bahn grosse Datenmengen generiert.

Nachdem die Bahn dynamisch gerechnet ist, erfolgt die statische Dimensionierung. Anhand der wirkenden Kräfte und des Schienenquerschnitts werden die nötigen Stützenabstände und Profile bestimmt. Als Grundlage dazu dienen neben Erfahrungswerten auch viele Normen und Richtlinien, die für eine Achterbahn eingehalten werden müssen. Parallel dazu entwerfen Konstrukteure, ebenfalls virtuell, die Fahrzeuge, Stationen, Bremsen und weitere Komponenten.

Auch die Fertigung erfolgt mit Hilfe digitaler Technologien. Die Daten aus den Berechnungen können direkt auf den Biegemaschinen gelesen werden, die nachher die Rohre und Schienen in die entsprechende Form bringen. Nach wie vor ist bei der Herstellung der Strukturen aber viel Handarbeit nötig. Nachdem die Schienen gebogen sind, werden die Quertraversen und Versteifungen angeschweisst. Ein Schienenelement ist in der Regel ca. 8 bis 9 m lang. Je nach Länge der Bahn sind über 100 Elemente erforderlich.

Die Schiene ist nur ein Teil der Bahn, die ohne die entsprechende Abstützung nicht halten würde. Die Stützkonstruktionen sind häufig aus Rundrohren hergestellt (Bilder 1 und 2). Bei Bahnen, die nahe am Boden verlaufen, kommen auch offene Profile wie H-Träger zum Einsatz. Bei hohen Bahnen wiederum sind häufig zum Teil recht aufwändige Fachwerke nötig, um die gewünschte Steifigkeit zu erreichen.

Je nach Belastung werden bei einer einfachen 2-Gurt-Schiene (2 tragende Rohre) relativ geringe Stützweiten notwendig. Dies wird von den Parkbetreibern nicht geschätzt, da dann viele Fundamente erstellt werden müssen und zudem die Bahn in einem Stützenwald verschwindet. Mit 3- oder 4-Gurt-Schienen oder Schienen mit Kasten- oder Rundrohrträgern können die Stützenabstände nach Bedarf entsprechend vergrössert werden (Bilder 4 – 6). Die Fortschritte in der Entwicklung und Fertigung haben dazu geführt, dass die Bahnen nicht mehr auf dem Werksgelände aufgebaut werden müssen, um die Schienenstösse zu kontrollieren. Die Schienen und Stützen werden direkt auf die Baustelle geliefert und dort montiert, wodurch sich wesentliche Zeit- und Kosteneinsparungen erzielen lassen.

Jede Achterbahn ist und bleibt jedoch weiterhin ein Unikat. Ob die Berechnungen und die theoretischen Annahmen stimmen, zeigt nach wie vor erst die fertig aufgestellte Bahn.

## SICHERER SCHRECKEN

Eine Achterbahn hat viele Normen und Vorschriften zu erfüllen, bevor sie in Betrieb genommen werden darf. Die Sicherheit der Fahrgäste ist das oberste Gebot jedes Achterbahnbauers. Um dies zu gewährleisten, werden einige Systeme redundant ausgeführt. Es werden auch Elemente eingebaut, die selbst dann ein sicheres Anhalten der Wagen garantieren, wenn der Strom ausfällt. Die Steuerung erfolgt durch eine SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung), die ihre Signale von zahlreichen Sensoren entlang der Strecke und im Stationsbereich erhält.

Auch das Engineering wird, wie beispielsweise im Brückenbau, von unabhängigen Experten kontrolliert, welche die statischen Berechnungen und Pläne bezüglich Einhaltung der Normen überprüfen. Zum Schluss wird bei mehreren Testfahrten mit Dummies geprüft, ob die Belastungen für Fahrgäste und Bahn den zu Grunde liegenden Berechnungen entsprechen. Erst wenn die Bahn diese Tests überstanden hat, darf sie in Betrieb genommen werden. Regelmässige Kontrollen der Systeme und Elemente im Betrieb helfen, allfällige Sicherheitsmängel während der Nutzung frühzeitig zu erkennen.

Das Limit des technisch Machbaren ist beim Achterbahnbau noch lange nicht erreicht. Dem stetigen Drang nach höheren, wilderen und schnelleren Bahnen setzen alleine der benötigte Raum, die Baukosten und eben der menschliche Körper Grenzen.

Thomas Halama, dipl. Masch.-Ing. FH, STRAINTEC AG, Wollerau, info@straintec.ch

