

## Vermessung der Slotracing-Bahn in Mettmenstetten

Um auf der Slotracing-Rennbahn in Mettmenstetten einen neuen Weltrekord aufzustellen, wurde eine Zertifizierung der exakten Bahnlänge vorausgesetzt. Die Vermessung dazu wurde im Rahmen des Blockprojekts Ingenieurgeodäsie der FHNW durchgeführt. Mittels kinematischen Trackings eines mini 360° Prismas auf einem Slotracing-Rennwagen, wurde die kürzeste Strecke der Anlage bestimmt und im Anschluss mit einem Laser-Tracker hochgenau vermessen. Anhand der Aufnahmepunkte wurde die Strecke mit einem bestmöglichen Spline nach der Methode der kleinsten Quadrate approximiert. Mit einer Länge von 46.41 m ist die Bahn 1 die kürzeste Bahn der achtspurigen Rennstrecke.

*Afin d'établir un nouveau record mondial sur la piste de course de slot racing à Mettmenstetten il a fallu s'assurer de la longueur exacte du circuit. La mensuration y relative a été exécutée dans le cadre du bloc-projet géodésie d'ingénieur de la FHNW. A l'aide d'un suivi cinématique d'un mini-prisme de 360° monté sur une voiture de course slot racing la plus courte distance de l'installation a été déterminée et ensuite mesurée avec très haute précision par un laser tracker. Sur la base des points relevés le circuit a été estimé le mieux possible à l'aide d'un spline selon la méthode des moindres carrés. Avec une longueur de 46.41 m la piste 1 est la plus courte des huit pistes de course.*

Per battere un nuovo record mondiale sulla pista di slot tracing a Mettmenstetten si è resa necessaria una certificazione precisa della lunghezza della pista. La relativa misurazione è stata effettuata nell'ambito del progetto del comparto di Geodesia ingegneristica della FHNW. Sfruttando il tracking cinematico di un miniprisma a 360° su una slot car da corsa si è definita la tratta più corta del circuito che è stata successivamente misurata con precisione mediante un laser tracker. Partendo dai punti rilevati si è fatta un'approssimazione del tracciato con lo spline migliore secondo il principio dei quadrati più piccoli. Con una lunghezza di 46,41 m la corsia numero 1 è la corsia più corta di questo tracciato a otto corsie.

M. Delavy, S. Glaus, D. Grimm

### Einleitung

Auf der achtspurigen Slotracing-Rennbahn in Mettmenstetten kommen Kindheitserinnerungen hoch. Mit über 55 Kilometer pro Stunde dreht man mit kleinen Autos in wenigen Sekunden auf der 46 Meter langen Rennbahn seine Runden – wie früher auf der Carrerabahn. Vom 30. auf den 31. Oktober 2020 wurde auf dieser Bahn ein neuer 24-Stunden-Distanz-Weltrekord aufgestellt. Für

den Eintrag im Guinness-Buch der Rekorde wird eine Zertifizierung der Bahnlänge vorausgesetzt. Diese Zertifizierung wurde durch die Firma GPW Ingenieure für Geomatik Planung Werke aus Affoltern a. A. organisiert. Die Bestimmung der Bahnlänge auf der kürzesten Spur erfolgte im Rahmen des zweiwöchigen Blockprojekts im Modul Ingenieurgeodäsie des Bachelorstudiengangs Geomatik der Fachhochschule Nordwestschweiz. Die Geomatik-Studenten der FHNW Muttenz, Manuel Delavy (Acht Grad Ost AG) und Silvan Glaus (Flotron AG), nahmen sich dieser Aufgabe an.



Abb. 1: Tracking eines Slotracing-Rennwagens mit einer Leica Multistation MS60 (Wolf, 2020).

### Messkampagne

Die Erarbeitung des Messkonzepts war Bestandteil des Blockprojekts. Dabei galt es, die Anforderungen unter den gegebenen Umständen und mit dem am Institut Geomatik verfügbaren Instrumentarium zu erreichen.

Für die Vermessungsarbeiten kamen somit zwei Systeme zum Einsatz. Mit einem Dualen-Multistation-Tracking auf allen Bahnen konnte die kürzeste und längste Spur der Anlage effizient ermittelt werden. Diese zwei Bahnlängen wurden im Anschluss mit der Hilfe eines Laser-Trackers hochgenau bestimmt.

### Messablauf

#### Duales-Multistation-Tracking

Zwei Leica Multistationen MS60 sind an beiden Enden der Slotracing-Bahn positioniert. Von beiden Stationen ist die ganze Fahrstrecke sichtbar und messbar. Die beiden Multistationen sind in einem lokalen Koordinaten-System zueinander orientiert.



Abb. 2: Übersicht Aufnahme auf der MS60 (Wolf, 2020).

Auf dem Dach eines Slotracing-Autos ist das 360° mini Prisma befestigt. Das Auto fährt mit einer (für den Fahrer sehr ungewohnten) niedrigen Geschwindigkeit circa 10 Runden. Das 360° mini Prisma wird dabei von den beiden Multistationen getrackt, wobei jede Sekunde ein Punkt gemessen wird. Das Vorgehen wiederholt sich auf allen acht Spuren. Mit beiden Multistationen zusammen wurden durchschnittlich 600 Punkte je Bahn erfasst. Für eine einzelne Punktmessung im Trackingmodus, unter Verwendung des 360° mini Prismas, wurde mit einer Genauigkeit von unter 5 mm gerechnet. Bedingt durch das Duale-Tracking von zwei Stationen, welche nicht perfekt synchronisiert sind, und dem Spiel des Autos in der Spur, muss bei der Auswertung allerdings mit einer grösseren Messunsicherheit gerechnet werden. Diese Genauigkeit ist jedoch ausreichend, um die kürzeste und die längste Bahn zu identifizieren.

## Messablauf Lasertracker

Die Installation des Lasertrackers «Absolute Tracker AT401» von Leica erfolgt in der Mitte des Raumes. Durch eine hohe Stationierung auf einem Industriemessstativ ist die ganze Bahn von einer Station aus messbar. Mit dem eingebauten PowerLock-System kann der Tracker automatisch dem Messkugel-Reflektor folgen,

für die genaue Messung muss sich die Messkugel allerdings in Ruhe befinden. Die Messkugel wird entlang der Spurrinne der Bahn fortbewegt. In den Kurven wird circa alle 5 cm und auf den Geraden alle 30 cm ein Punkt gemessen. Mit dem Lasertracker wurden auf den beiden Bahnen jeweils circa 300 Punkte erfasst. Die Genauigkeit des Lasertrackers ist vernachlässigbar klein und das Zentrum der Messkugel befindet sich 0.75 Zoll (19.05 mm) von der Fahrbahn entfernt.

## Auswertung

### Duales-Multistation-Tracking

Die Bestimmung der Bahnlänge erfolgt im Programm Bentley MicroStation V8i. Nach dem Einlesen der Koordinaten aller Messpunkte werden mit dem Befehl «B-Spline aus Punkten» die bestmöglichen Splines für die Bahn berechnet. Die

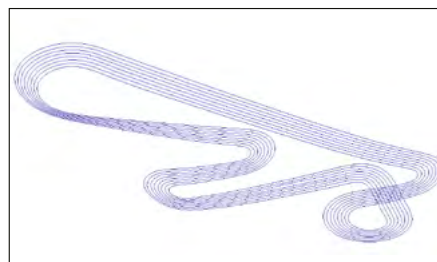


Abb. 4: Konstruktion der achtspurigen Slotracing-Rennbahn.

Berechnung erfolgt nach der Methode der kleinsten Quadrate und es muss eine Toleranz festgelegt werden, die den maximalen Abstand von allen Eingabepunkten zum Spline angibt. Der Abstand wird durch Projizieren eines Punktes auf die Kurve berechnet. Aufgrund von mehreren Unsicherheiten wie Punktgenauigkeit, Zentriergenauigkeit des 360° mini Prismas auf dem Rennauto und der Bahnführung entschied man sich für einen Toleranzwert von 15 mm.

### Lasertracker

Die Auswertung der Lasertrackerdaten folgt dem gleichen Prinzip, wie die Auswertung der Multistationdaten. Unterschiede bestehen in der Toleranz – diese wird auf 2 mm festgelegt. Bei diesem Verfahren wurden die Messpunkte mit einem Rot-Ring-Reflektor statisch auf der Fahrerinne aufgenommen. Dadurch konnten die Unsicherheiten der Zentriergenauigkeit und der Bahnführung weitgehend eliminiert werden.

### Offset-Korrektur

Für den Weltrekordversuch wird die Distanz der Bahnoberfläche vorausgesetzt. Die Messungen mit der Messkugel fanden wegen dem Offset 19.05 mm über der Fahrbahn statt. Die Bahnlänge mit dem 360° mini Prisma ist 66.5 mm über der Spur bestimmt.

Die Bahn verfügt allerdings über mehrere Steilwandkurven. Wegen den Offsets wurden in diesen überhöhten Abschnitten



Abb. 3: Hochgenaue Vermessung der Bahn mit dem Leica Absolute Tracker AT401 (Wolf, 2020).

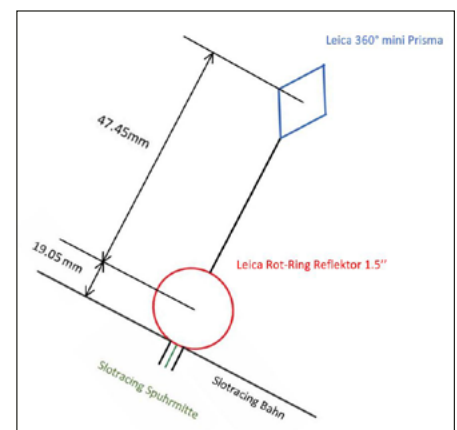


Abb. 5: Übersicht Aufnahmepositionen Messkampagne.

zu kurze Distanzen gemessen. Eine Aufstellung im Lot wurde nicht in Betracht gezogen, da das 360° mini Prisma auf dem Auto montiert war und die Messkugel auf der Spur aufliegen musste. Mit einem Ministativ hätte man im Lot aufstellen können. Wegen der Spurrinne müsste aber ebenfalls mit Genauigkeits-Einbussen gerechnet werden. Somit wurde die Überhöhung der Rennbahn aus der Kombination der Daten vom Dualen-Multistation-Tracking (blaues Prisma in Abbildung 5) und den Aufnahmen mit dem Laser Tracker (rote Kugel in Abbildung 5) berechnet. Die höhere Messunsicherheit bei der Bahnbestimmung auf der Höhe des Prismas wirkt sich aufgrund des vorteilhaften Hebelarms nur sehr gering auf die Position der auf der Rennbahn aufliegenden Messkugel aus. Somit können die beiden Messungen trotz ihrer unterschiedlichen Ge-

nauigkeit für die Bestimmung der Überhöhung kombiniert werden.

## Beurteilung der Resultate

Mit dem Dualen-Multistation-Tracking konnten alle acht Bahnlängen sehr effizient bestimmt werden. Durch den Offset des 360° mini Prismas gegenüber der Fahrbahn von 66.5 mm, fanden die Messungen in den Steilwandkurven nicht lotrecht über der Spur statt. Die Radien der Kurven wurden dementsprechend zu klein und die Bahnlängen zu kurz bestimmt. Um die relativen Distanzen zwischen den acht Bahnen zu bestimmen, ist dieses Vorgehen jedoch ausreichend, da die Überhöhung für alle Spuren in erster Näherung als identisch angenommen werden kann. Die Resultate zeigen auf, dass es sich bei der Bahn 1 (46.08 m) um die kürzeste und der Bahn 8 (46.14 m) um die längste Bahnstrecke handelt. Mit dem Lasertracker konnte eine genauere Länge der Bahn 1 (46.42 m) und 8 (46.46 m) bestimmt werden. Die um einiges grösseren Distanzen sind auf den kleineren Offsets der Messkugel zurückzuführen. Die Bahnstrecke ist hier 19.05 mm über der Fahrbahn bestimmt und somit immer noch zu kurz. Durch das Anbringen eines Dreisatzes mit den Differenzen der Längen und Offsets wird die exakte Bahnlänge auf der Höhe der Fahrbahn be-

stimmt. Die definitive Bahnlänge der kürzesten Bahn 1 beträgt 46.55 m und der längsten Bahn 8 46.60 m.

Bei den Längen handelt es sich um abgerundete Werte, da die Messungen auf keinen Fall zu lang sein dürfen. Die Berücksichtigung der Verkürzung in den Kurven ist von hoher Wichtigkeit. Die Verlängerung der exakten Bahnlänge um ungefähr 13 cm macht auf Hinblick des Weltrekordes eine beachtliche Distanz aus. Bei einer durchschnittlichen Rundenlänge von vier Sekunden können auf die 24 Stunden knapp 60 Runden dazu gewonnen werden.

### Referenzen:

Wolf, Roman (2020): Fotoaufnahmen Mettmensstetten: s.n.

YouTube: Vermessung der Bahn Slotracing Weltrekord / [https://www.youtube.com/watch?v=ND\\_oibFOcdQ](https://www.youtube.com/watch?v=ND_oibFOcdQ)

Manuel Delavy  
Silvan Glaus  
Prof. Dr. David Grimm  
Institut Geomatik IGEO  
Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW  
Hofackerstrasse 30  
CH-4132 Muttenz  
manuel.delavy@students.fhnw.ch  
silvan.glaus@students.fhnw.ch  
david.grimm@fhnw.ch

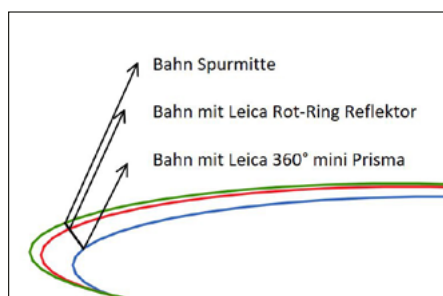


Abb. 6: Übersicht verkürzte Bahnlängen in den Steilwandkurven.