



METRONOM
automation

LIMEZ III - Der neue Lichtraummesszug der Deutschen Bahn

„Railborn High-Speed Laserscanning“

Dr. Jürgen Meier

3. Hamburger Anwenderforum
Terrestrisches Laser-Scanning

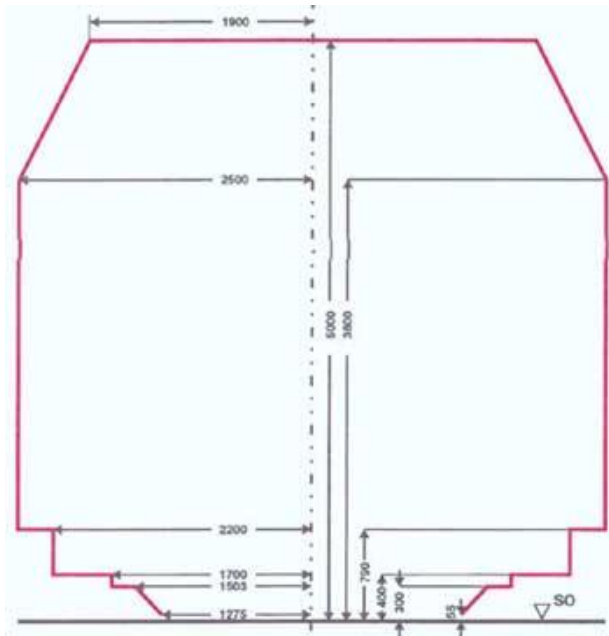
Hamburg, 16.06.2009

Lichttraummessung

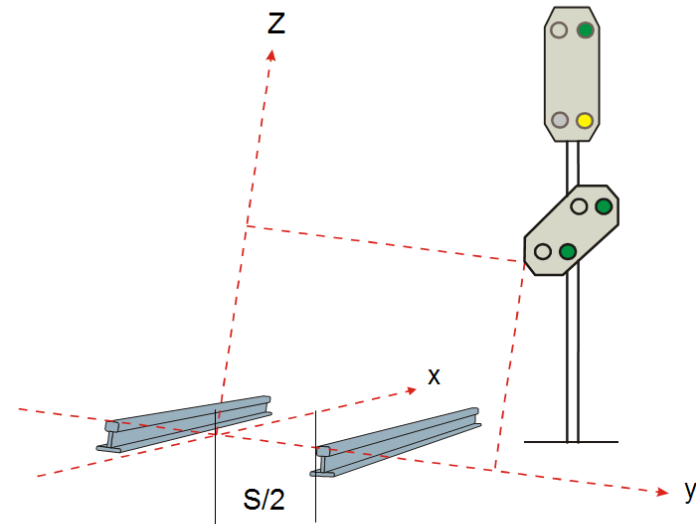
Kenntnis des „lichten Raums“ für das gesamte Gleisnetz ist erforderlich für:

- Durchführung übergroßer Transporte (Schrägbleche, Transformatoren, Panzer, ...)
- Interoperabilität (Öffnung der Gleisnetze für nationale und Internationale Bahnen)

Regelprofil



Gleiskoordinatensystem



$S/2$ = halbe Spurweite

Lichttraummessung mit dem LIMEZ II



von 1997 bis 2005 im Einsatz

Photogrammetrische Stereobildaufnahme mit analogen Kameras

Messungen bei 20-30 km/h, manuelle Auslösung der Bildaufnahme



Halbautomatische Auswertung der Doppelbildaufnahmen

Anforderungen an neuen Lichttraummesszug LIMEZ III

Gleisparameter:

- Spurweite 2 mm
- Überhöhung 2 mm
- Gradiente 1m/km
- Radius 1%

Nachbargleis:

- Spurweite 40 mm
- Überhöhung 4 mm
- Relativposition 20 mm

Messzug:

- V(max) 100 km/h
- Tag/Nacht
- Sommer/Winter

Stationierung:

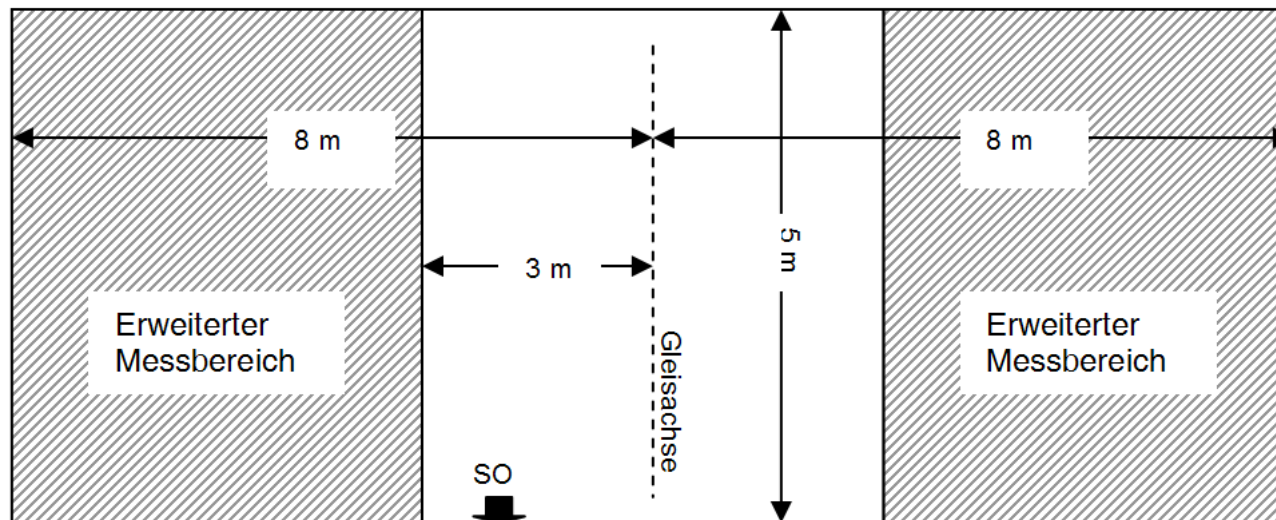
- In Fahrtrichtung < 0.1 m

Lichtraum:

- y/z 20 mm

Lichtraumobjekte:

- dx > 1mm



Befahrung des gesamten Streckennetzes der DB AG (ca. 40.000 km) innerhalb von einem Jahr

(Alle Genauigkeitsangaben sind als 3 Sigma-Werte zu verstehen)

Das ausführende THELIX-Konsortium

Das THELIX-Konsortium hat in 2005 die europaweite Ausschreibung für die Entwicklung des neuen Messzuges LIMEZ III gewonnen.



 <p>Fraunhofer Institut Physikalische Messtechnik</p>	 <p>METRONOM automation</p>	 <p>FTN engineering network gmbh</p>
Lasermesstechnik	Videomessung Kontrollsystem Auswertesoftware	Projektmanagement Systemintegration Verortungssysteme

Die Entwicklung des LIMEZ III lief von Mitte 2005 bis Ende 2006.
Der Zug ist nun im Regelbetrieb im Einsatz.



Installation von zwei oder optional drei Rotationsscannern,
einem Videosystem zur Dokumentation und Unterstützung der Messung,
einem Gleisreferenzierungssystem und einem Verortungssystem (GPS/INS, Odometer).

Alle Messsysteme sind auf einem Trägerrahmen installiert.

Der Trägerrahmen ist gedämpft aufgehängt.

Von der Planung...



Grundkonzept



PDR



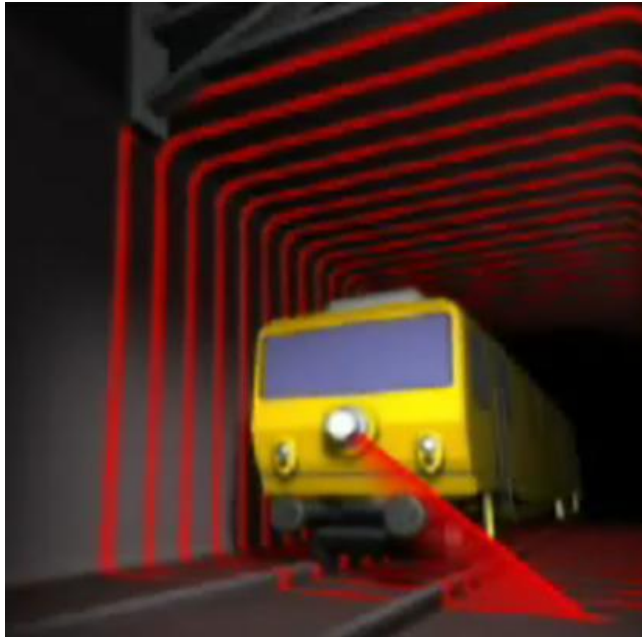
CDR

...zur Realität



2D-Rotationsscanner (Messprinzip)

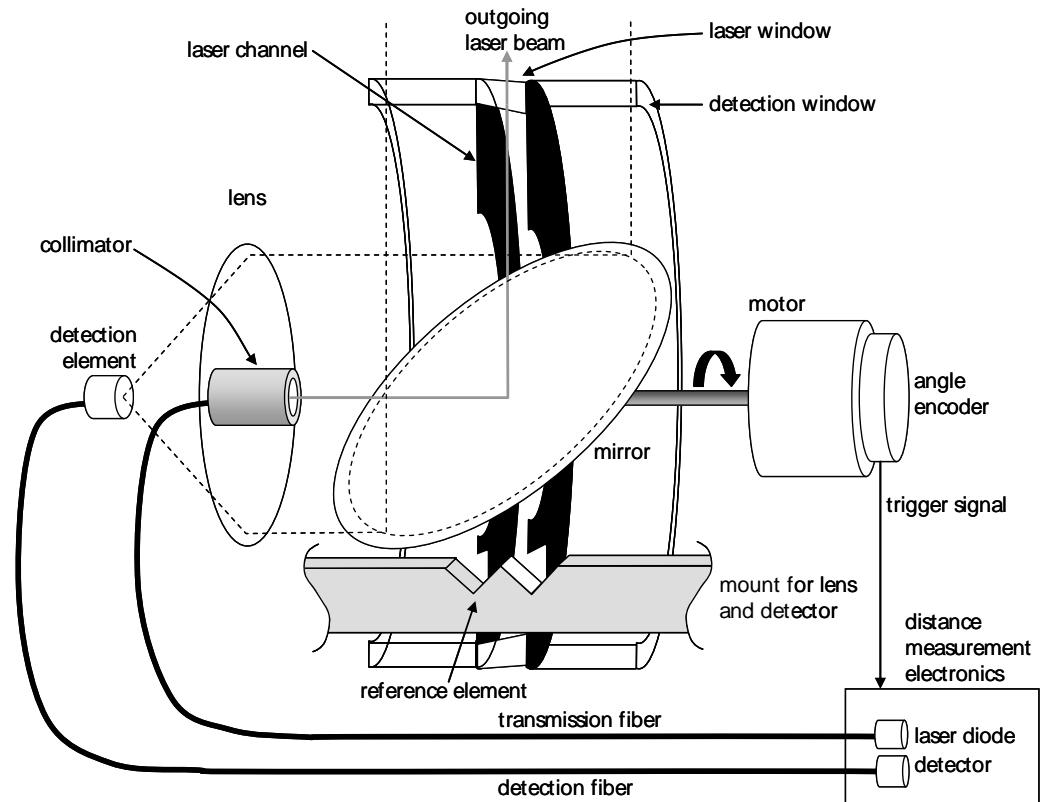
Messprinzip



Messung von 2D-Polarkoordinaten (Winkel und Strecke)

Dritte Koordinate durch Bewegung des Fahrzeugs.

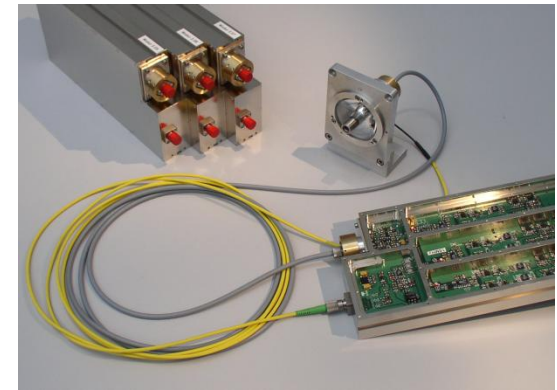
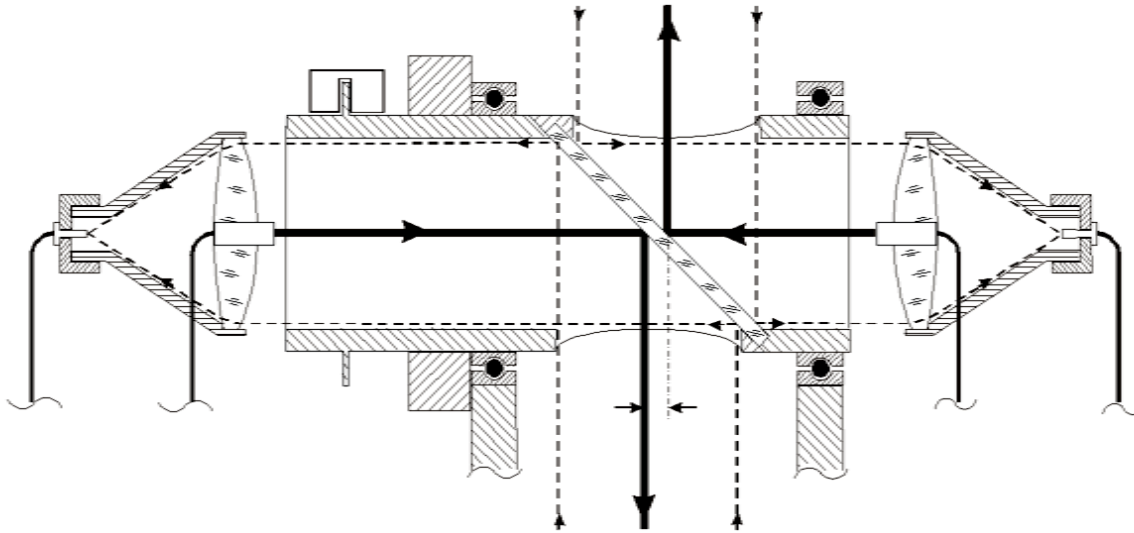
Streckenmessung über Phasendifferenzverfahren



Genauigkeit der Strecke < 6 mm (1 Sigma)

3600 Messpunkte / Profil

2D-Rotationsscanner mit Doppelspiegel



Scannerkopf

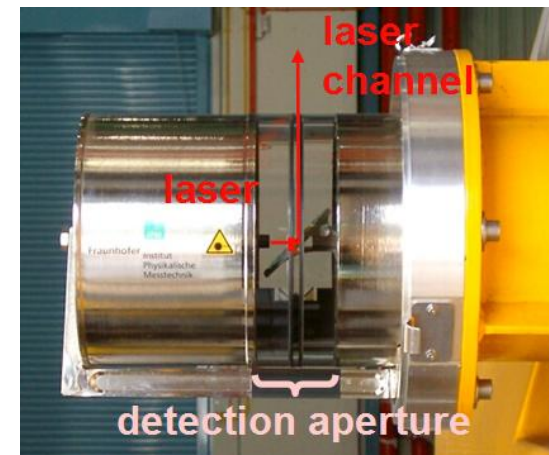
3600 Messpunkte / Profil

Ein Scanner => 300 Profile / sec

Vier Scanner => 1200 Profile /sec

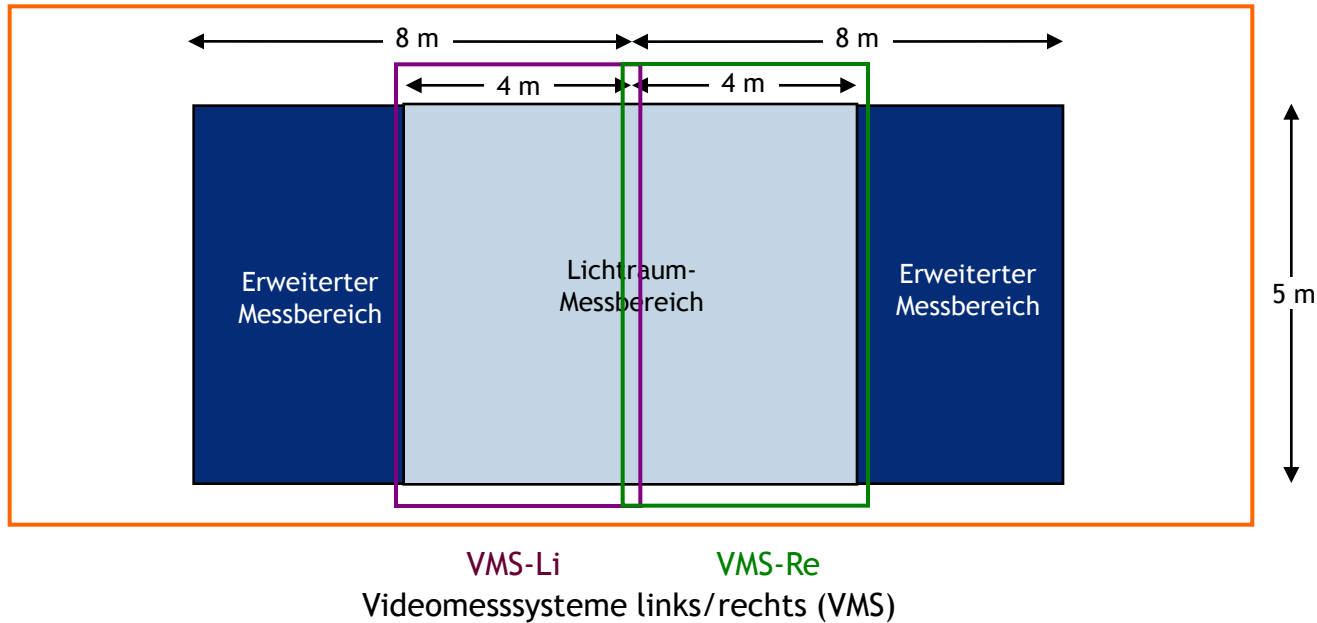
Bei 100 km/h alle 2.3 cm ein Profil ▶ Abtastlücke !

Online => ein Sammelprofil alle 10 cm

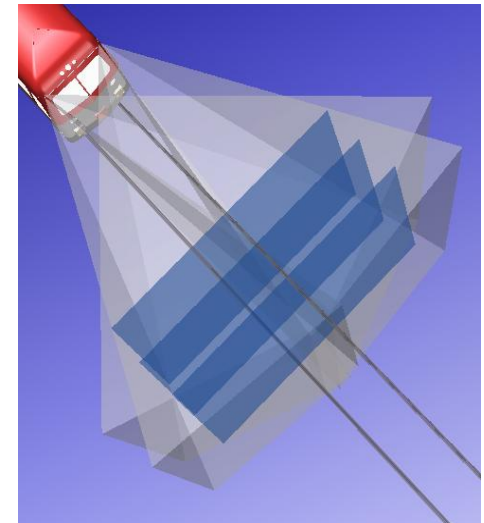


Videomesssystem (Aufnahmebereich)

Aufnahmebereich des Videodokumentationssystems (VDS)



VMS alle 2 m, VDS alle 4 m
eine Aufnahme



Videodokumentation

=> Farbkamera mit Weitwinkelobjektiv

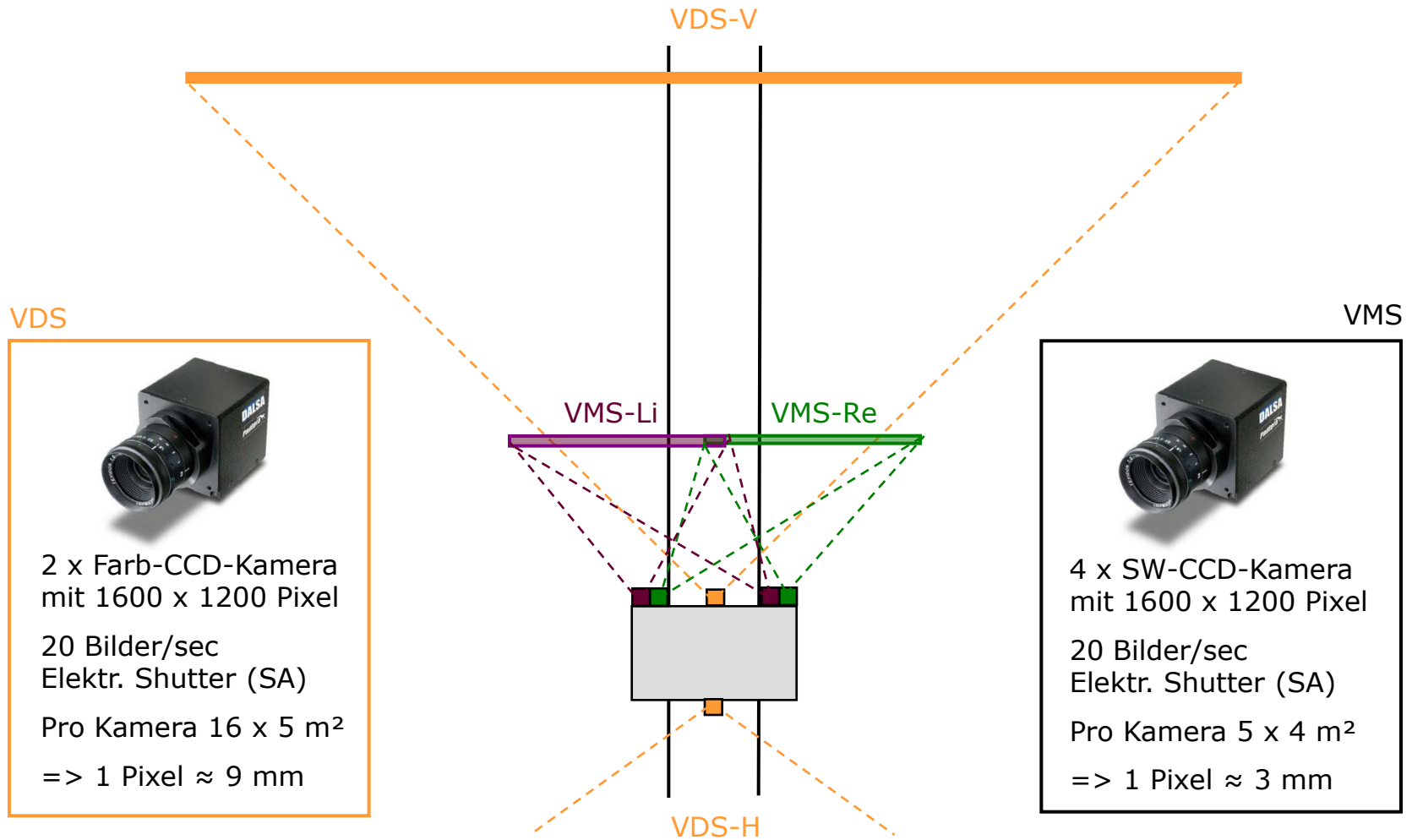
Videomessung

=> Stereoskopische Aufnahmen

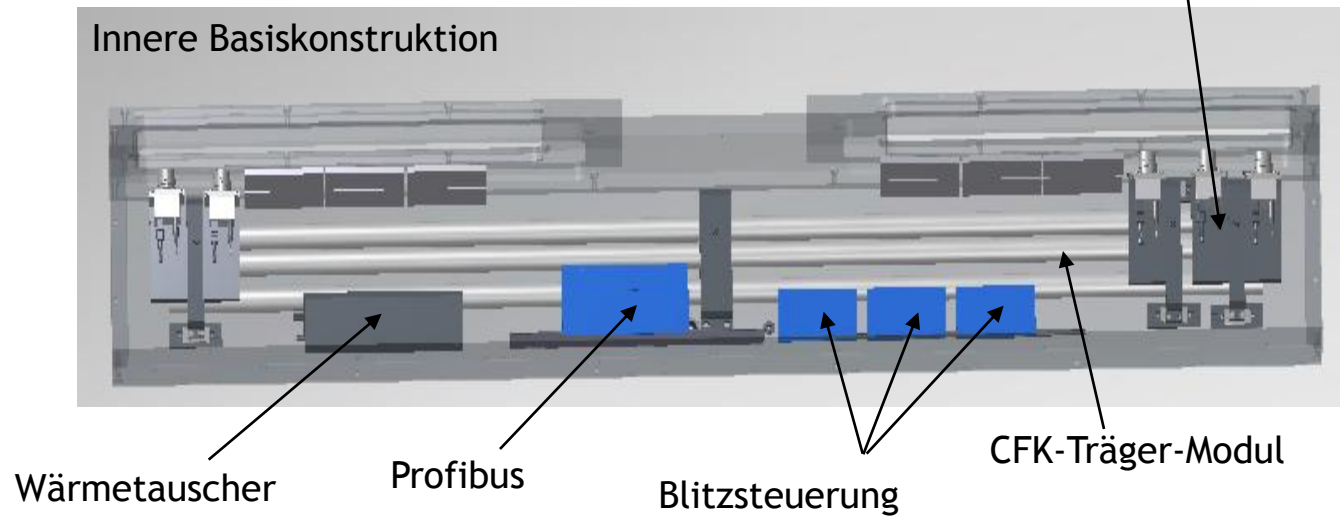
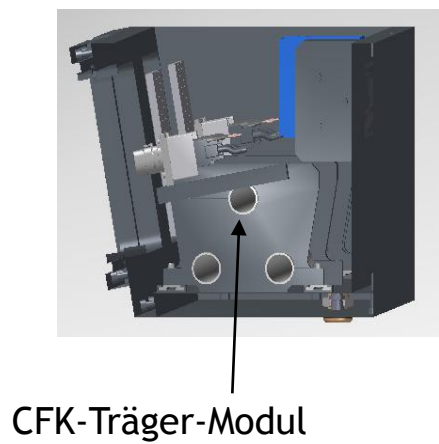
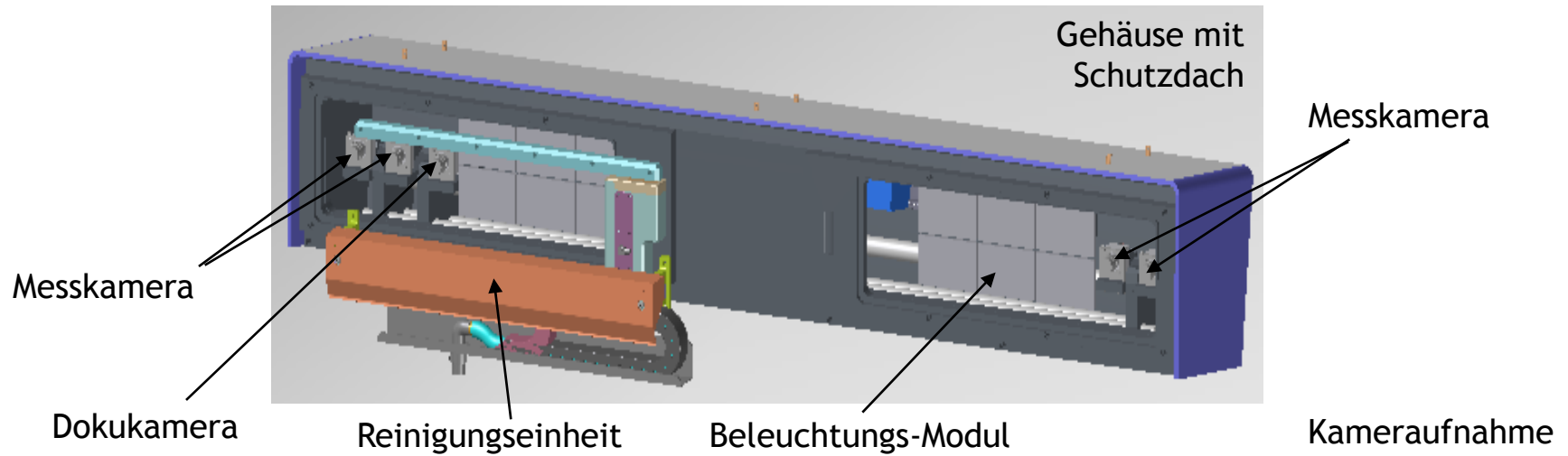
=> Kalibrierte Kameraorientierung

=> Photogr. Offline-Auswertung „Messen im Videobild“

Videomesssystem (Aufnahmekonfiguration)




Videomesssystem (Gehäuse)

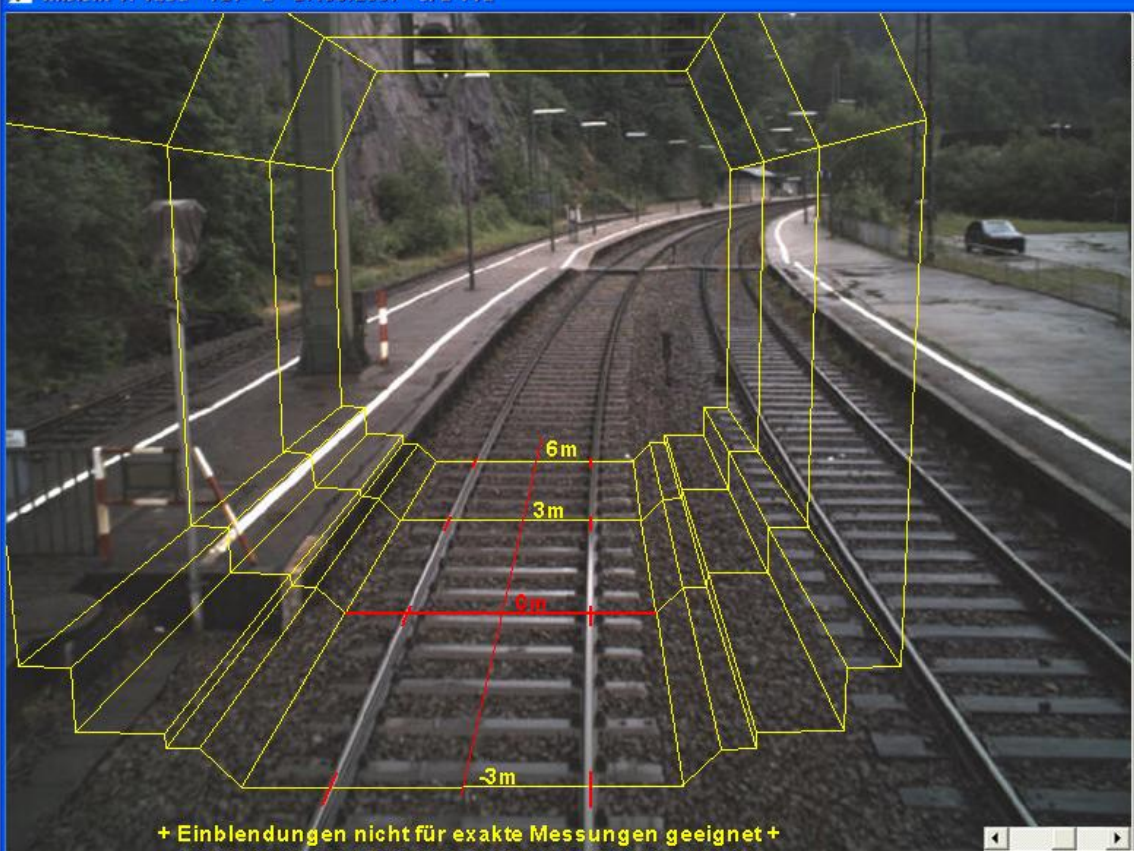


Videodokumentation

Vordere VDS-Kamera
□ ×



Ansicht 1: 4250 - 1G1 - 2 - 27.06.2007 - SPZ-VT2
✕



+ Einblendungen nicht für exakte Messungen geeignet +

56,1+99,7	3.443.327,34	5.333.676,84	10
-----------	--------------	--------------	----

85,222

33,564

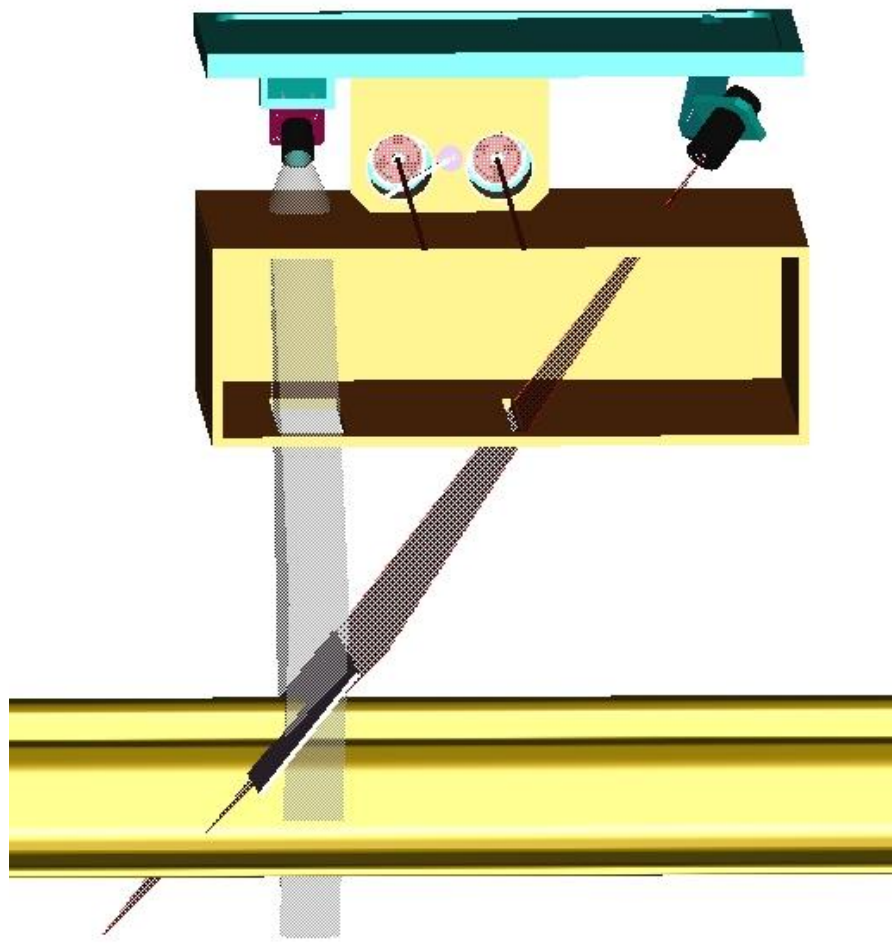
Hintere VDS-Kamera
Vordere VDS-Kamera

Videosteuerung

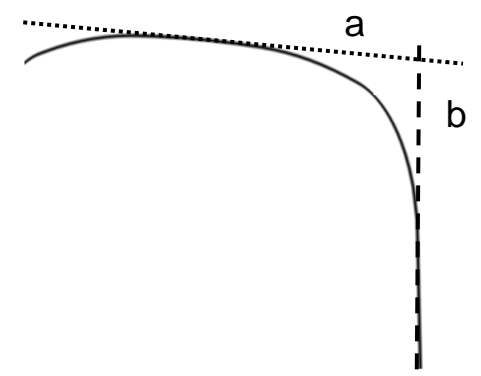
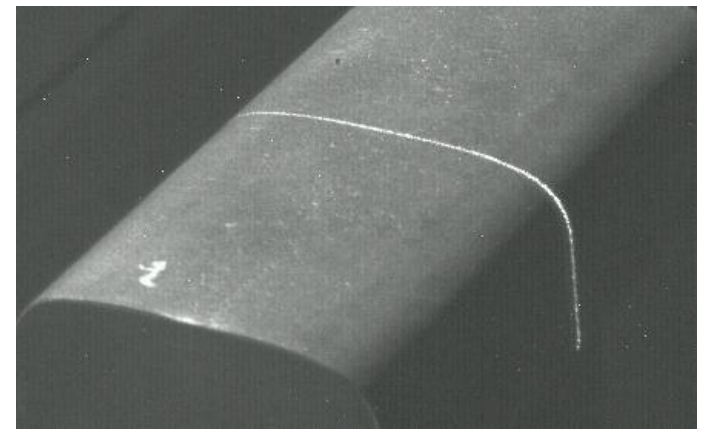
⏪ ⏩ ⏴ ⏵ ⏶ ⏷ ⏸ ⏹

Schienenprofilscanner

Lasertriangulationsprinzip



Typisches Kamerabild der Laserlinie auf dem linken Schienenkopf



Auswertung liefert Schienenoberkante (a) und Innenkante (b)

INS/GPS



Inertiales Navigationssystem iNAV-RQH-Rail von iMAR

Vollständige Aufzeichnung der Rohmesswerte mit höchster Frequenz, zusätzlich Online-Berechnung von

- Radius
- Überhöhung
- Gradientenwinkel

Technische Daten:

- Ringlaserkreiselsystem
- Random walk < 0.003 deg/sqrt(h)
- Auflösung 0.0003 deg
- Datenrate 1000 Hz

L1/L2-GPS/GLONASS-Empfänger von Javad

DGPS mit Korrekturdaten von [ascos](#)

Alle 2 m wird eine Gauß-Krüger-Koordinate bestimmt („Perlenschnur“ für das gesamte Streckennetz)

Postprocessing der GPS- und INS-Daten

Das Kontrollsystem des Messzuges übermittelt via Webservice eine grobe Trajektorie (Messzug hat UMTS/GPRS-Kommunikation on Bord) an ascos Webservice.

Es werden die notwendigen Korrekturdaten ermittelt und auf einem Server bereitgestellt.

Die Messdaten des Messzuges werden auf Wechselfestplatten gespeichert und zum Auswerteort transportiert.

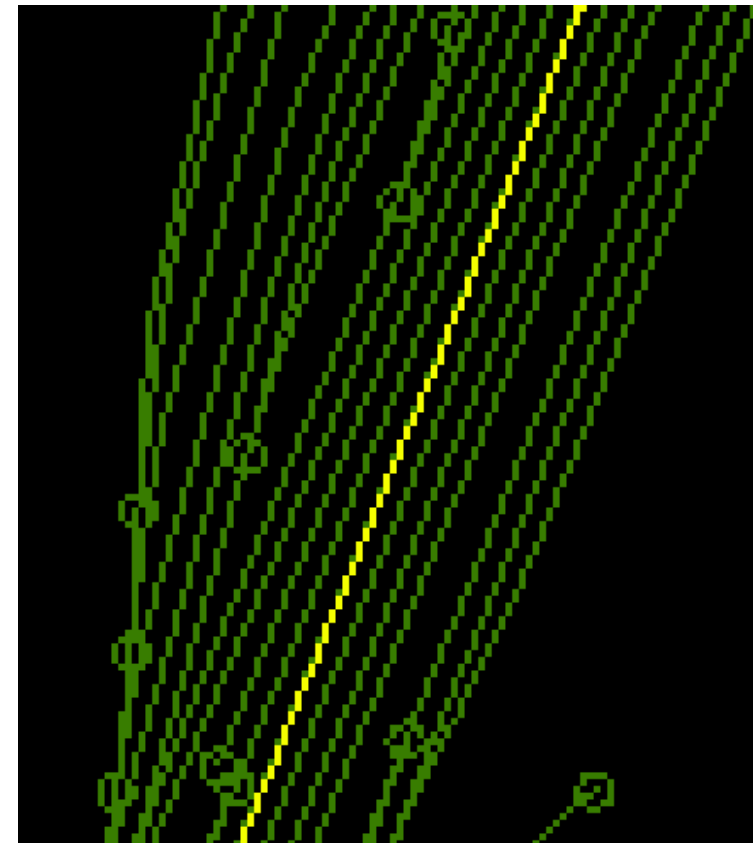
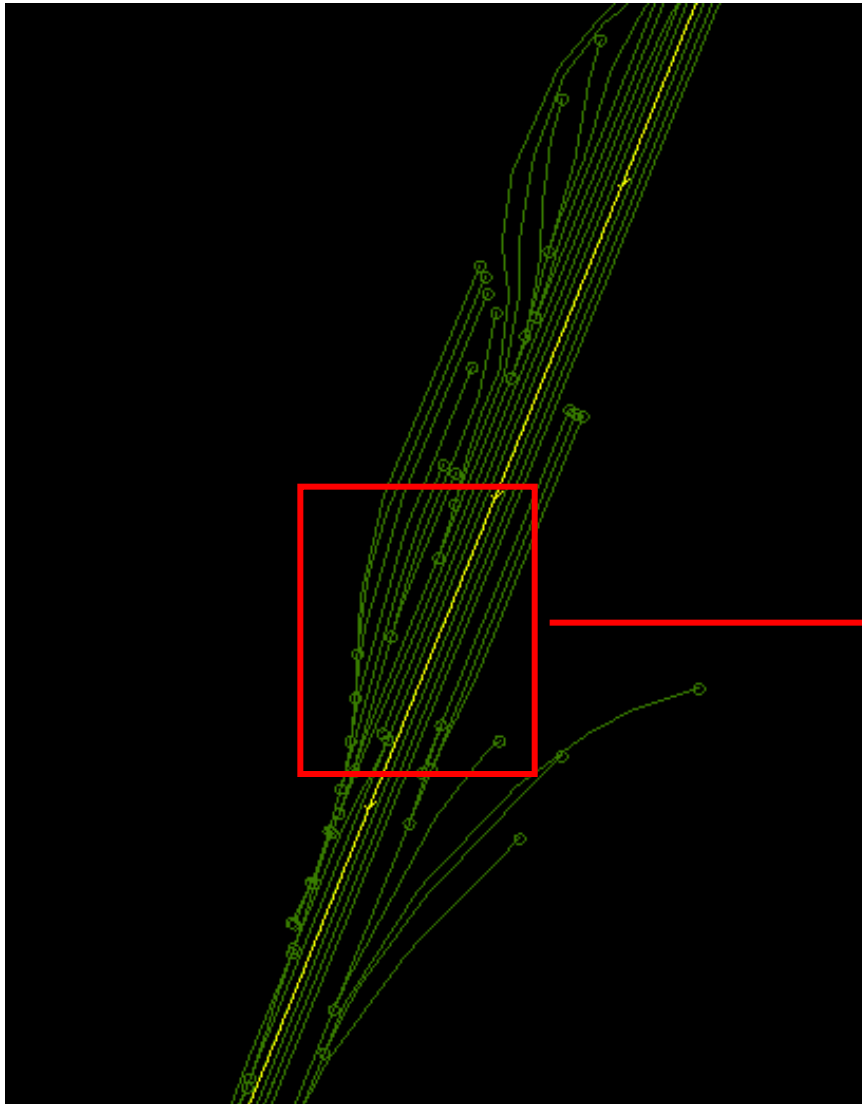
Die Auswertesoftware ruft ebenfalls via Webservice die Korrekturdaten vom Korrekturdaten-Server ab.

Die Auswertesoftware rechnet eine kombinierte Auswertung der GPS- und INS-Daten unter Einbeziehung der Korrekturdaten (VRS). Durch Vorwärts- und Rückwärtsrechnung wird die Genauigkeit und Zuverlässigkeit erhöht.

Die Auswertungen laufen im automatisierten Batch-Betrieb. Der Anwender benötigt wenig Spezial-Know-How.



Ergebnisse nach Post-Processing

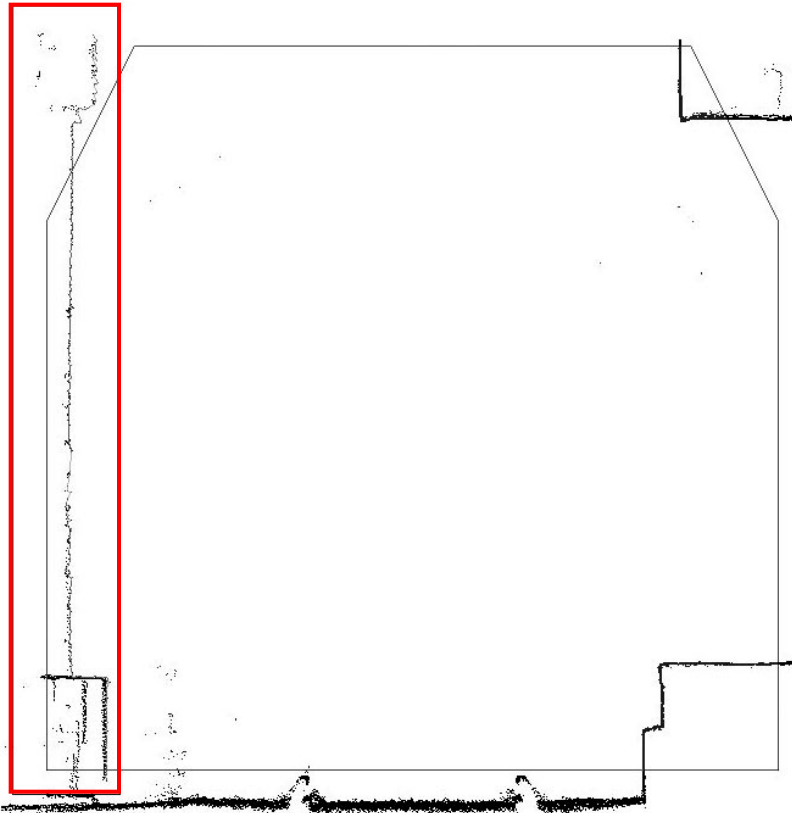


Absolutgenauigkeit < 10 cm
(Vergleich der bekannten Streckennetzdaten mit
gemessener Trasse)

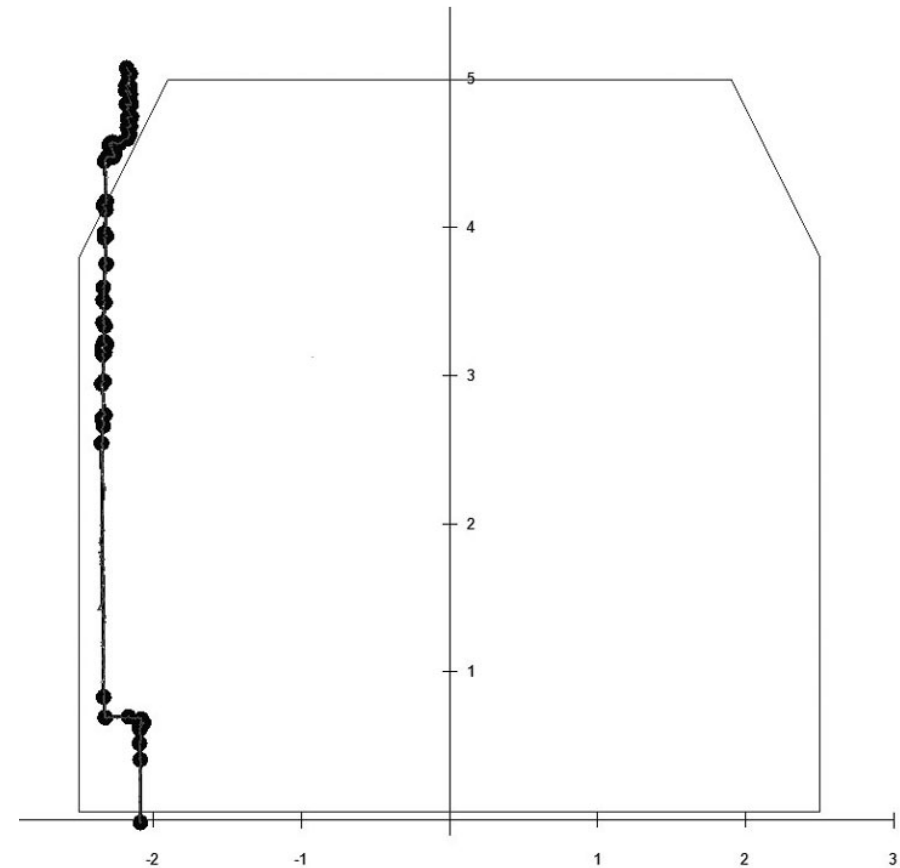
Beispiel für Engstellen-Modellierung / Videobild



Beispiel für Engstellen-Modellierung

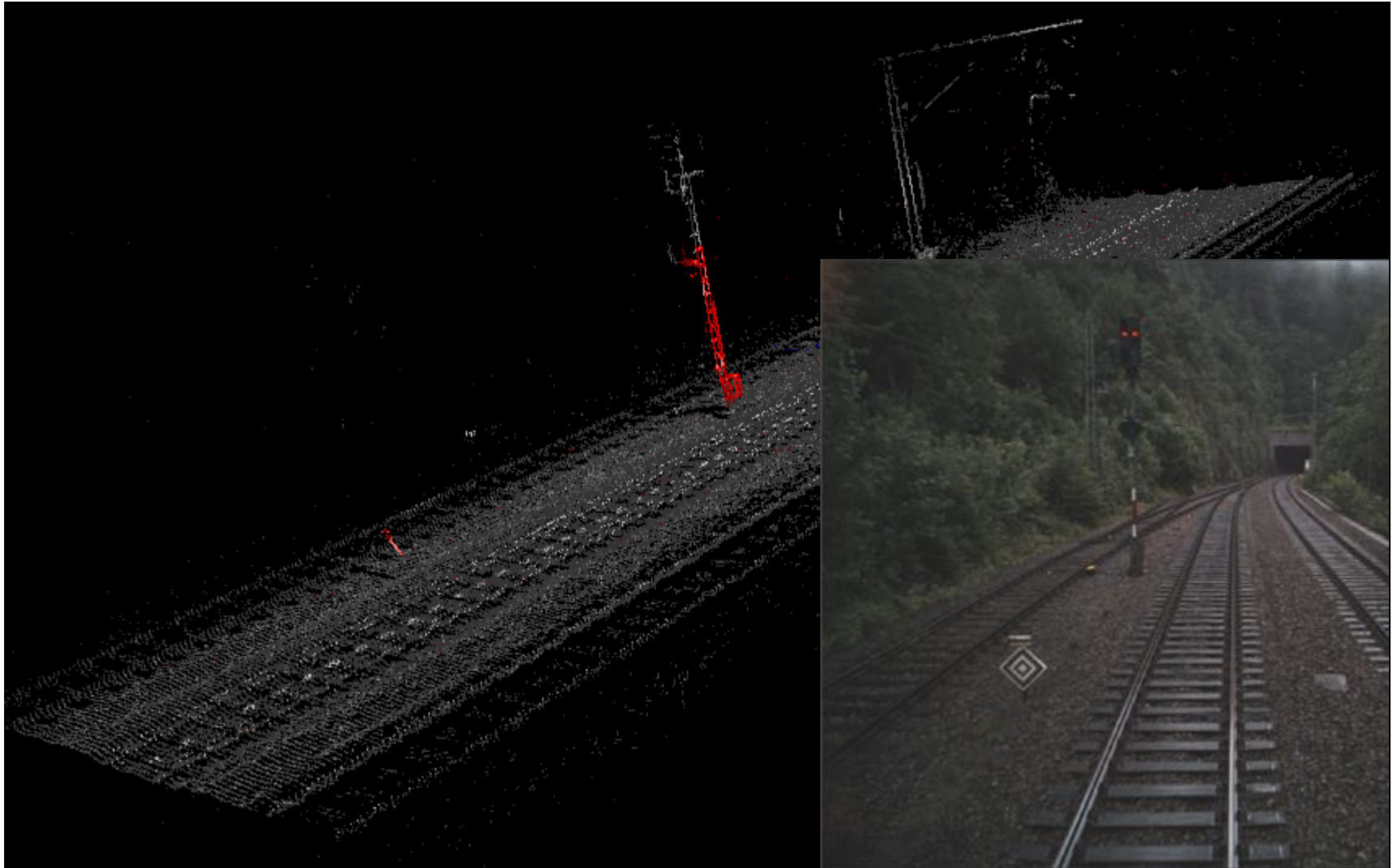


Selektion des zu modellierenden Bereichs

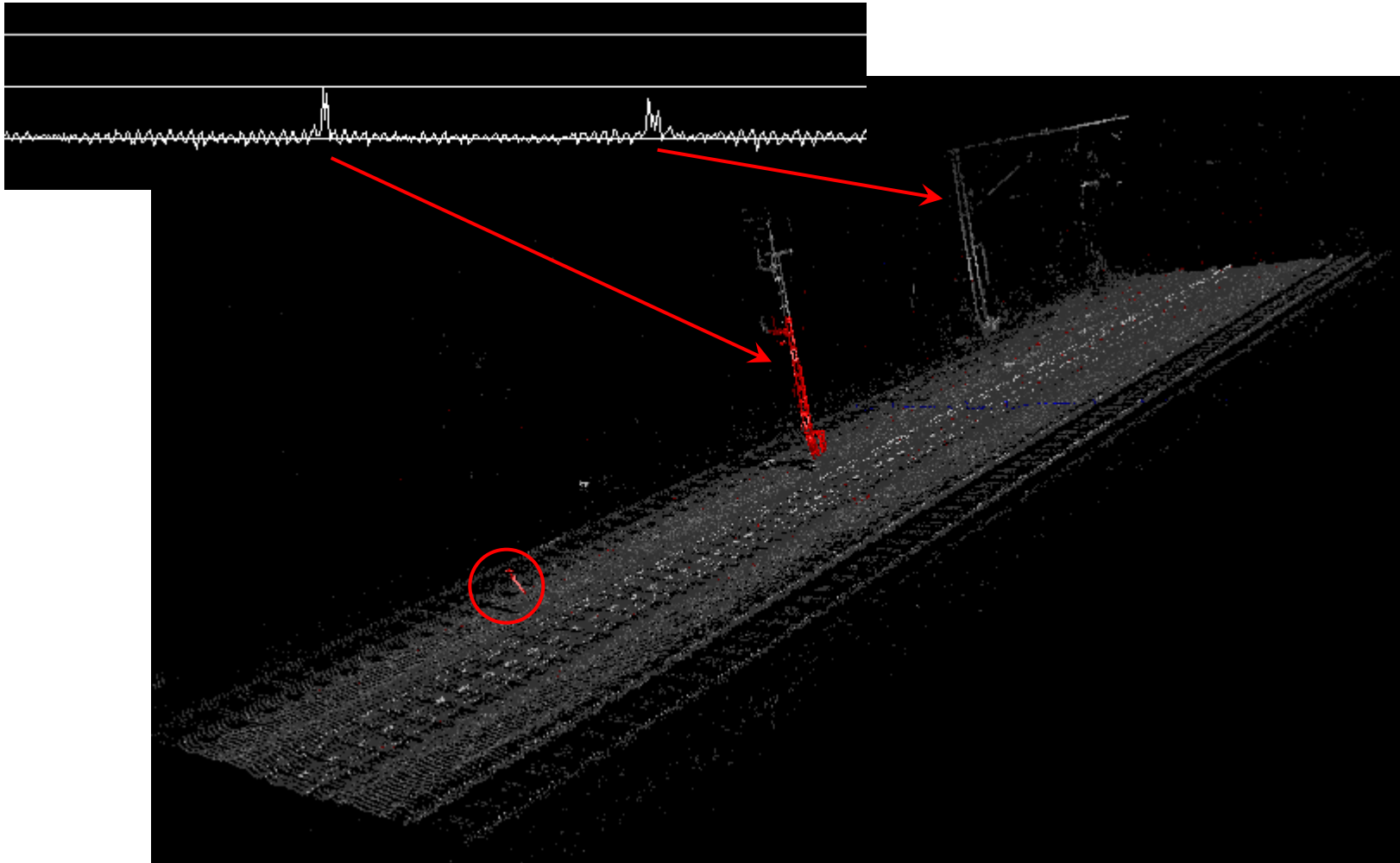


Modellierte Engstellenkontur

Lokalisation der Engstelle - Beispiel

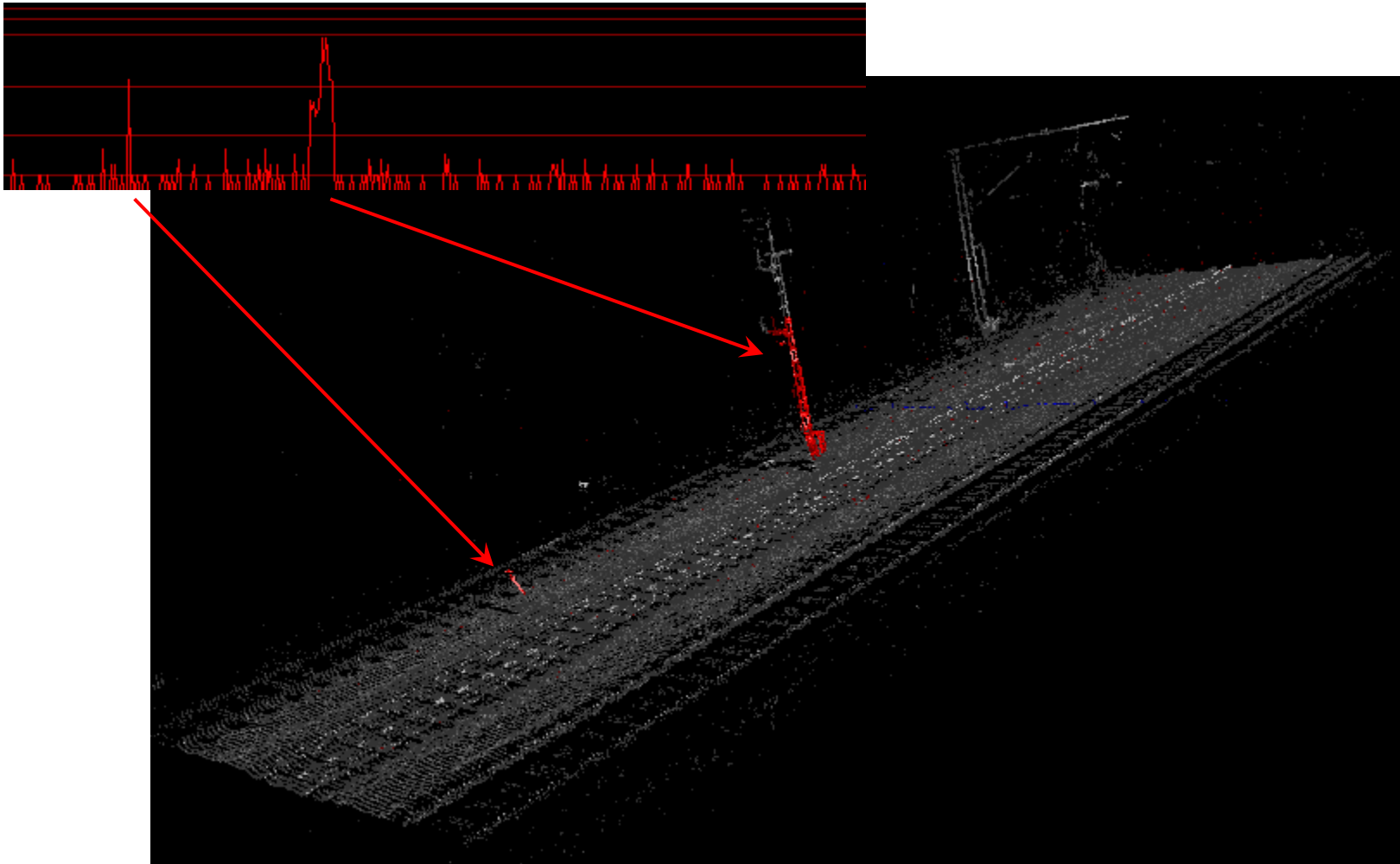


Lokalisation der Engstelle - Anzahl der gemessenen Punkte



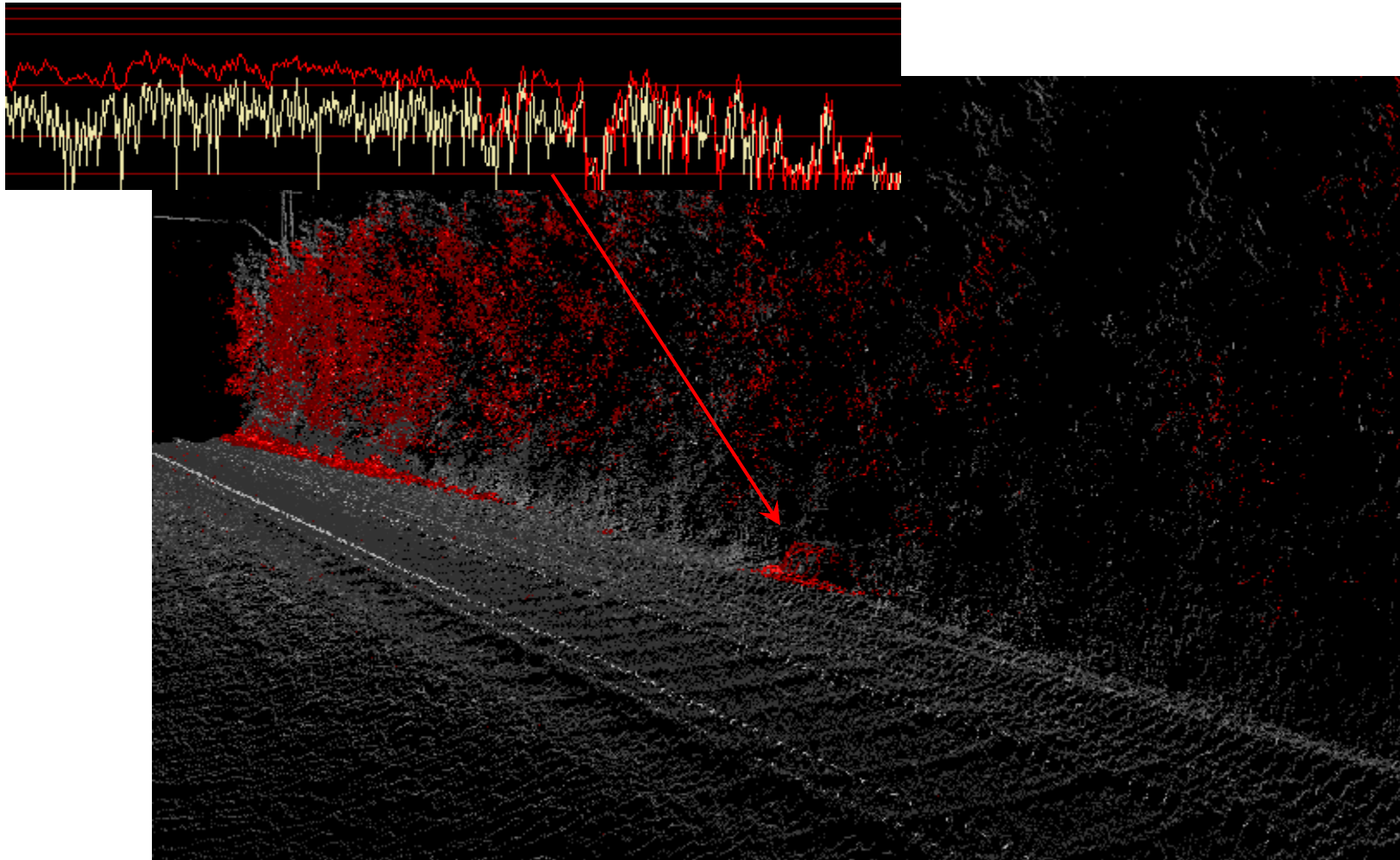
Die Darstellung der gemessenen Punkte im Profil hat nur eine geringe Aussagekraft !

Lokalisation der Engstelle - Anzahl der Punkte in ROI



Die Darstellung der Punkte im ROI mit logarithmischer Überhöhung führt zum Ziel !

Lokalisation der Engstelle - Bewuchs



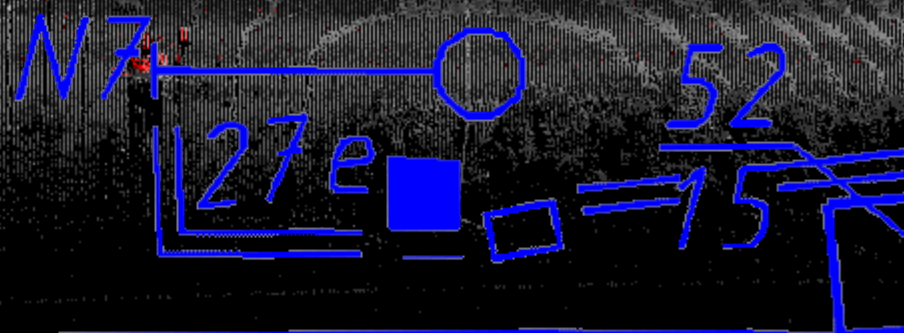
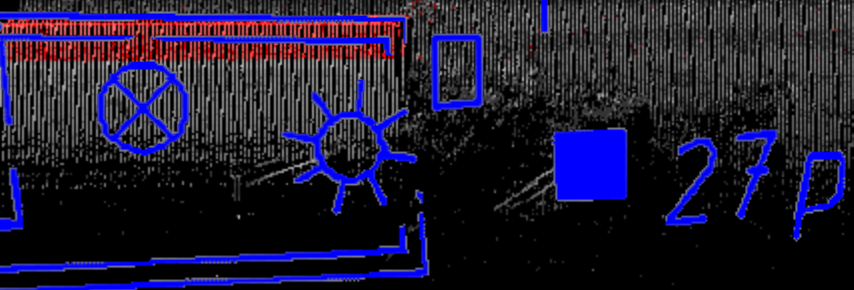
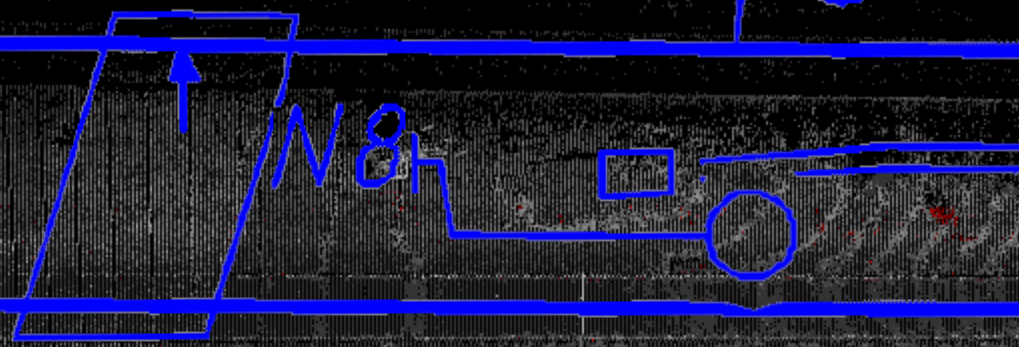
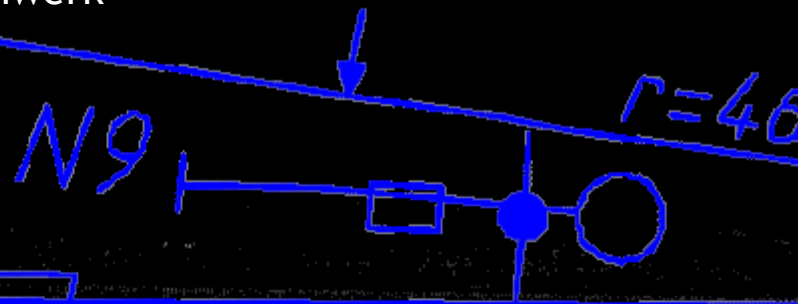
Bewuchs führt zu Fehlinterpretationen. Die softwaretechnische Lösung ist noch offen.



V 54-300-1:9

r=14000.0

Zukünftige Applikationen - Virt. Feldvergleich mit Planwerk



3D-Szenen (3)

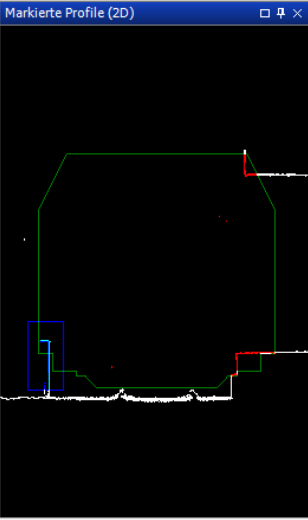


Auswerte-Software DB.Clear

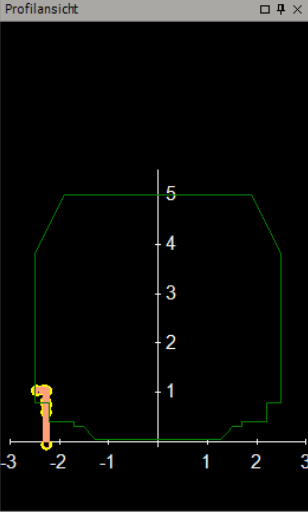
Bahnhof Nuernberg* - DB.Clear.Suite by Metronom Automation GmbH - [3D Darstellung]

Datei Bearbeiten Ansicht Extras Fenster Hilfe
 Front Rechteck Grob
 Szene: 4288 - 4787 Markierung: 4680 - 4684 Länge [km]: Beide Kameras

Markierte Profile (2D)



Profilsicht



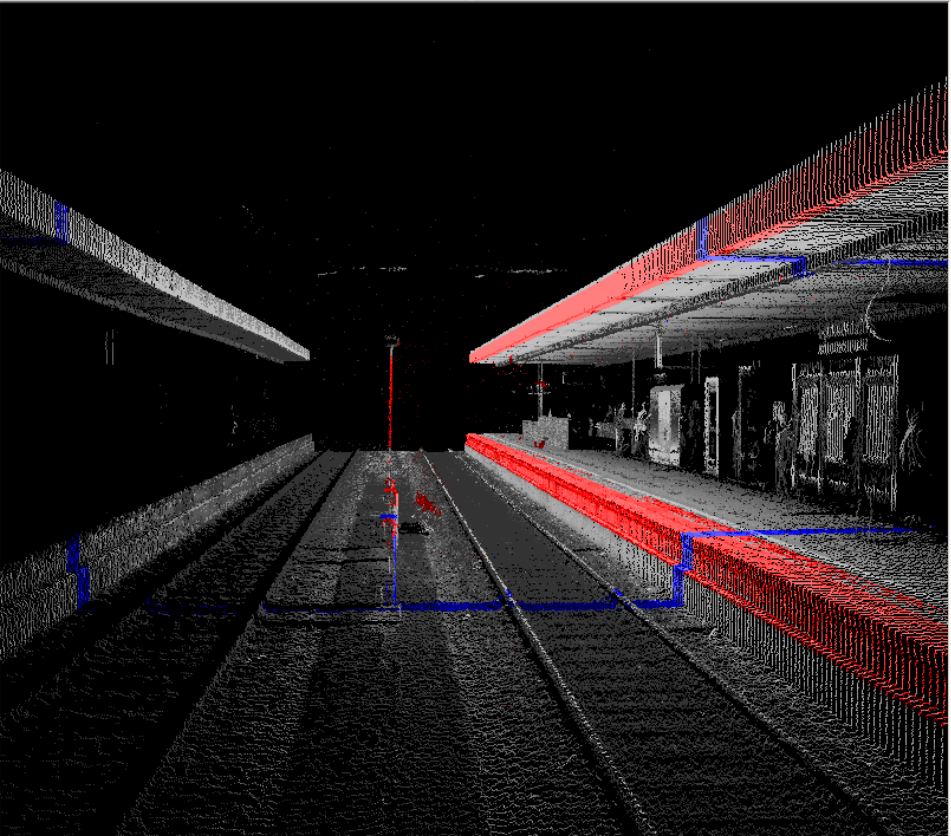
Bewegung 3D-Szene

Szene

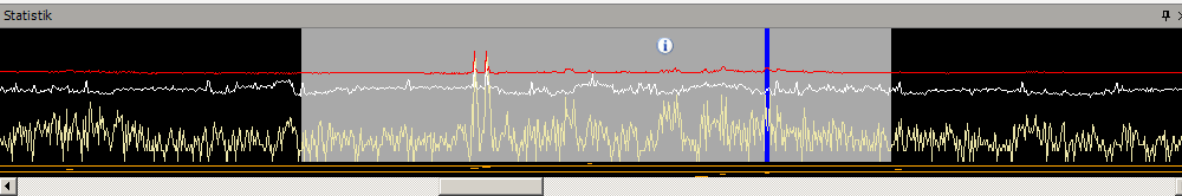
Schnelle Bewegung

Markierung

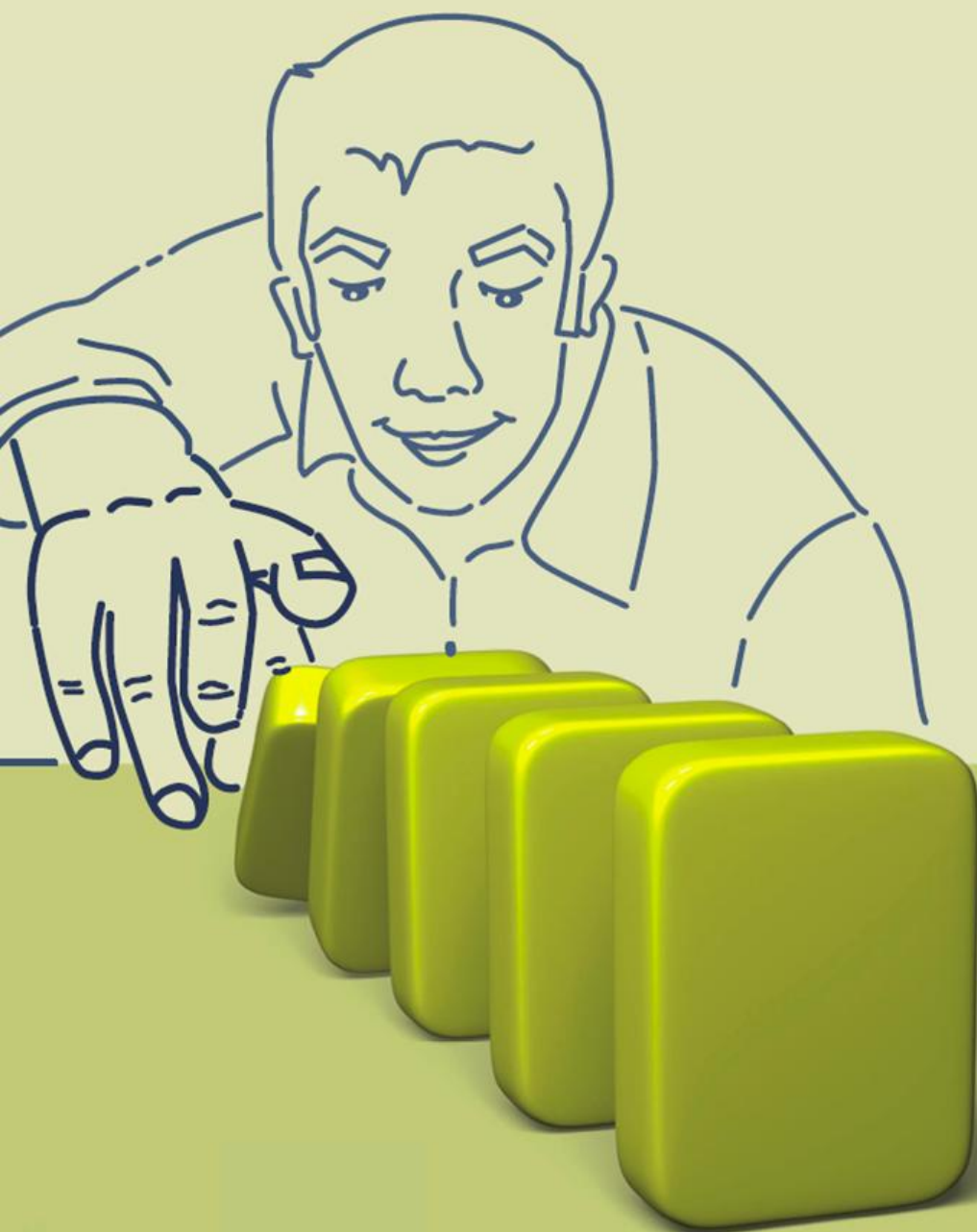
Schnelle Bewegung



Statistik



CPU-Auslastung Speicher (Prozess) Physischer Arbeitsspeicher Montag, 15. Juni 2009 15:40:03



METRONOM
automation

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit !

Metronom Automation GmbH
Max-Hufschmidt-Str. 4a
D-55130 Mainz
Tel. 06131-250838-0
Fax 06131-250838-8
www.metronom-automation.de

Added value for your production