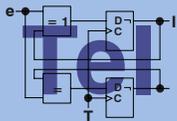


Konzeption und Erprobung neuer Steuerungskonzepte für robotergeführte Remote-Laser-Optiken

Christian Hensel
ctyx@gmx.de

Betreuer TU-Dresden:
Prof. Dr. Dipl.-Ing. habil. R. G. Spallek
Dipl.-Inf. Stefan Vogelsang

Betreuer Fraunhofer IWS Dresden:
Dr. rer. nat. Thomas Schwarz

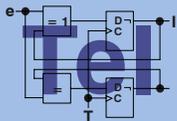


Institut für Technische Informatik
<http://www.inf.tu-dresden.de/ITI/>



08.11.2006

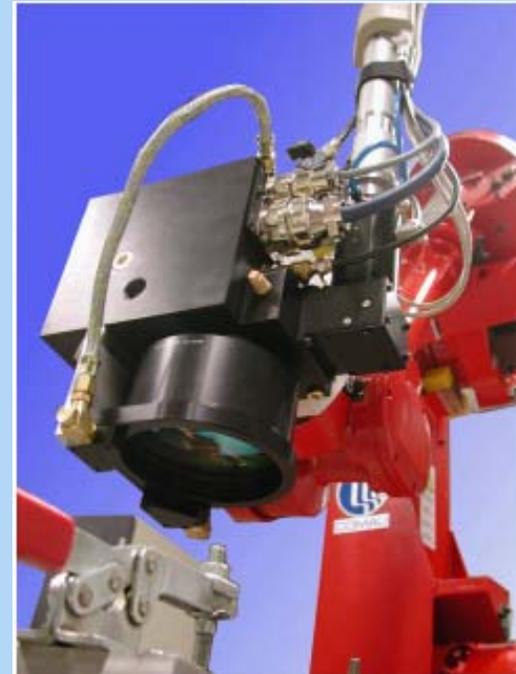
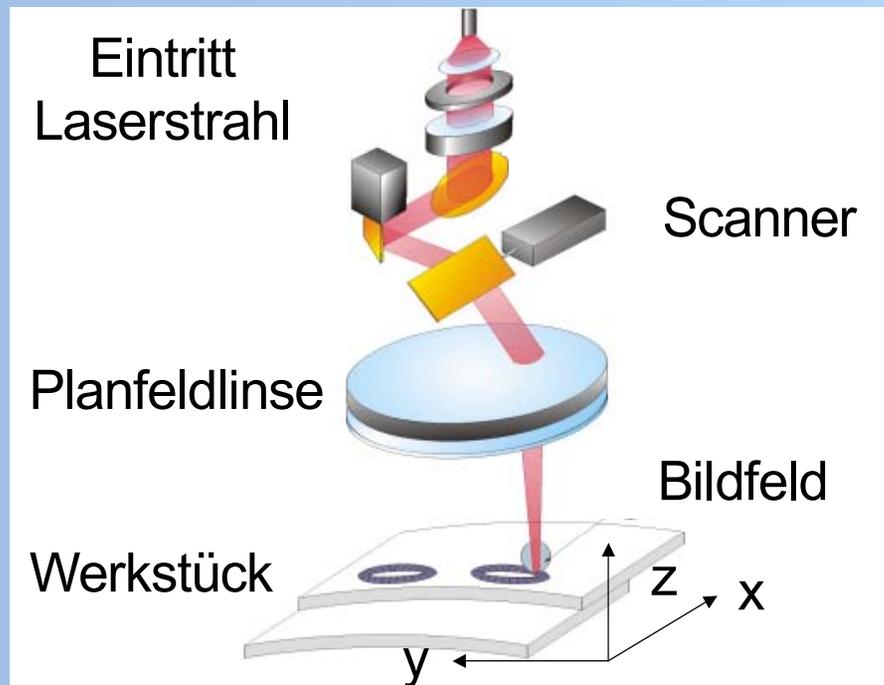
- Beispielanwendung und Aufbau einer Optik
- Aufgaben der Steuerung und deren Umsetzung
- Konzept und Realisierung
- Vergleich zum bestehenden Lösungsansatz
- Zusammenfassung und Ausblick



Beispielanwendung Laserschweißen

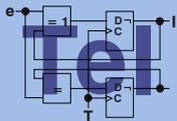


Aufbau Remote-Laser-Optik

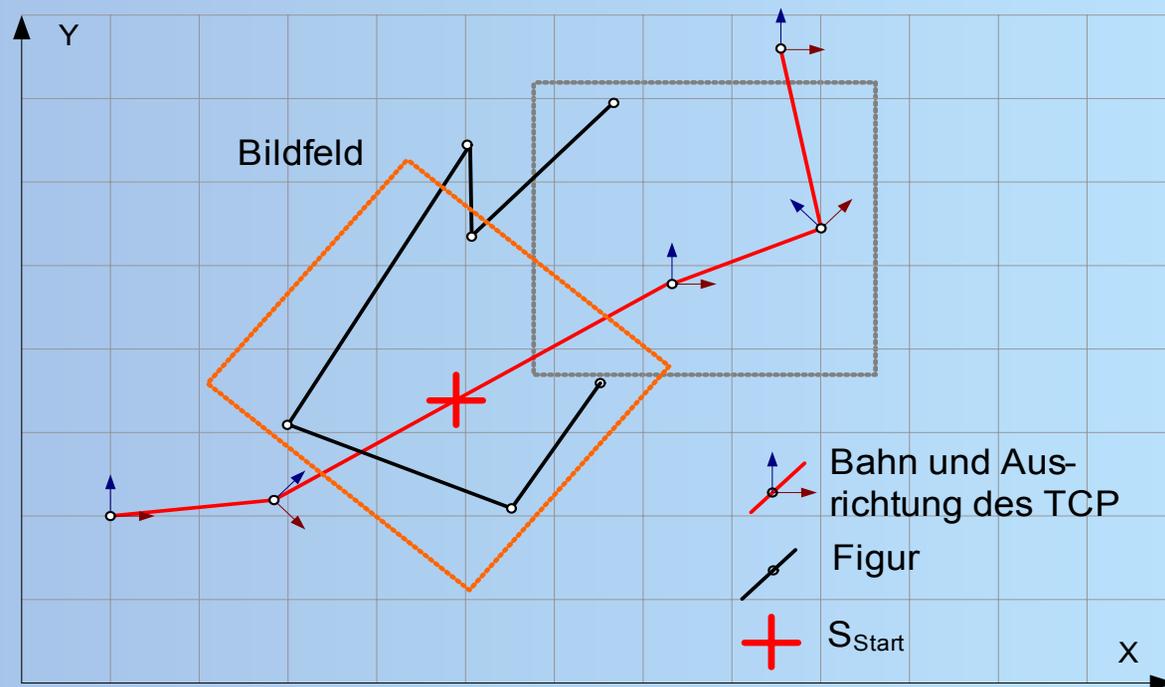


- Grobpositionierung durch Roboter
- Feinpositionierung und Fokussierung durch Remote-Laser-Optik

- Einlesen der Bahn und Figuren (Millisekunden)
- Interpolation im Ausgabetakt
- Transformation der Figuren in Kopfkoordinaten entlang der Bahn
- Anpassung an Optik
- Zeitrichtige Ausgabe an Scanner im Ausgabetakt (Mikrosekunden)



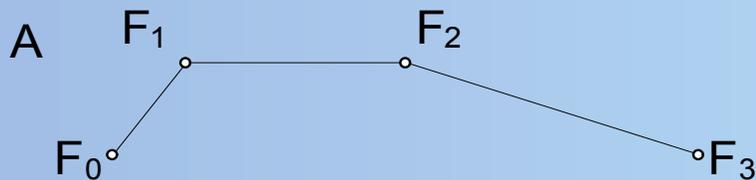
Aufgabe 1 Einlesen der Daten



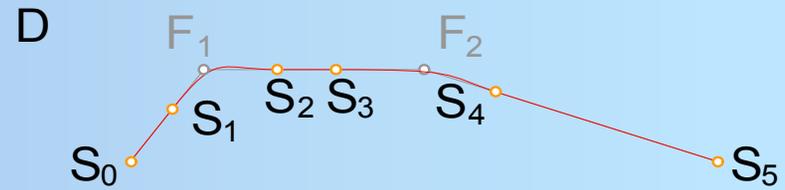
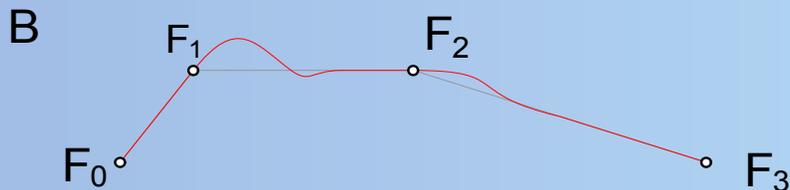
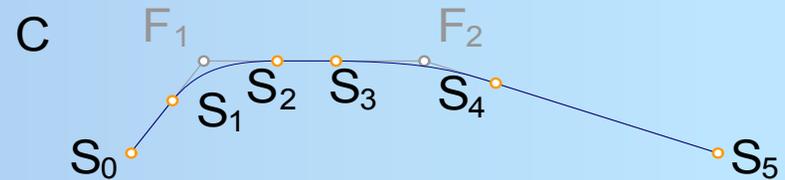
- Übergabe der Figuren (Position, Leistung) durch Anwender
- Übergabe der Roboterbahn (Position, Ausrichtung) durch Anwender/Roboter
- Startpunkte (Position) auf Bahn durch Anwender

Aufgabe 2a Interpolation der Figuren

- Überschwingen aufgrund von Trägheit

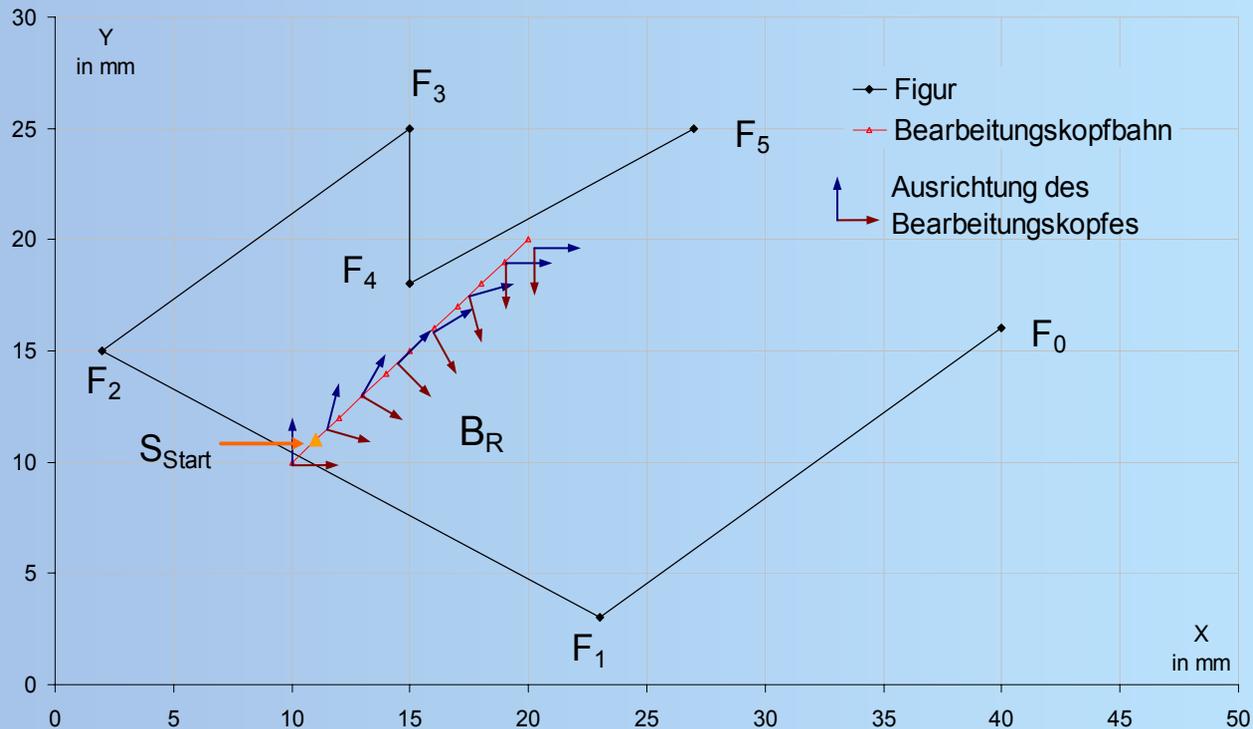


- Zerlegung in kubische Beziersplines



- geringes Überschwingen
- Interpolation durch stückweise Splinekurven
- kubische Splines für ruckfreien Übergang

Aufgabe 2b Interpolation der Bahn



- Einlesen einer Soll-Bahn (Offline) und Ist-Bahn (Online)
- Suche nach Startpunkt auf Bahn
- Interpolation nur bei Bearbeitung von Figuren
- Vergleich Ist-Bahn mit Soll-Bahn Abfangen von Roboterbahnfehlern

Rotationsmatrix

$$P_{rot} = R_{XYZ} \cdot P$$

$$P_{rot} = R_Z \cdot R_Y \cdot R_X \cdot P$$

Quaternion

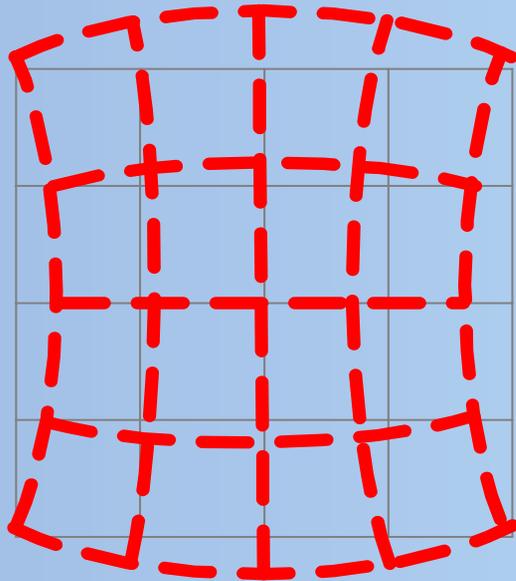
$$p_{rot} = q_{XYZ} \cdot p \cdot \bar{q}_{XYZ}$$

$$p_{rot} = (q_Z q_Y q_X) \cdot p \cdot (q_Z q_Y q_X)^{-1}$$

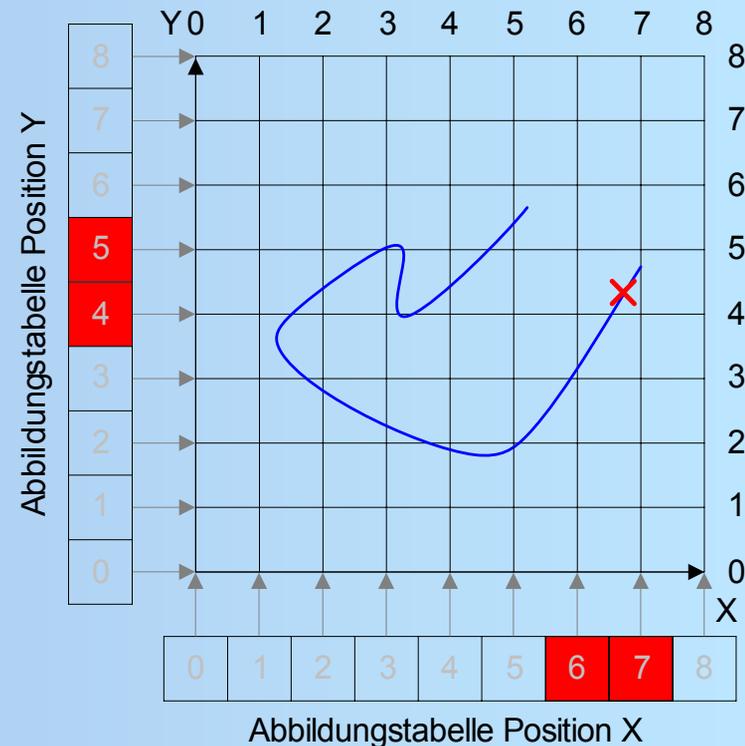
- Rotation und Translation
- Darstellung der Rotation durch Quaternion
- Schneller, da Redundanzen weniger Elemente
- Sphärische Interpolation ergibt orthogonale Quaternione

Aufgabe 4 Anpassung an Optik

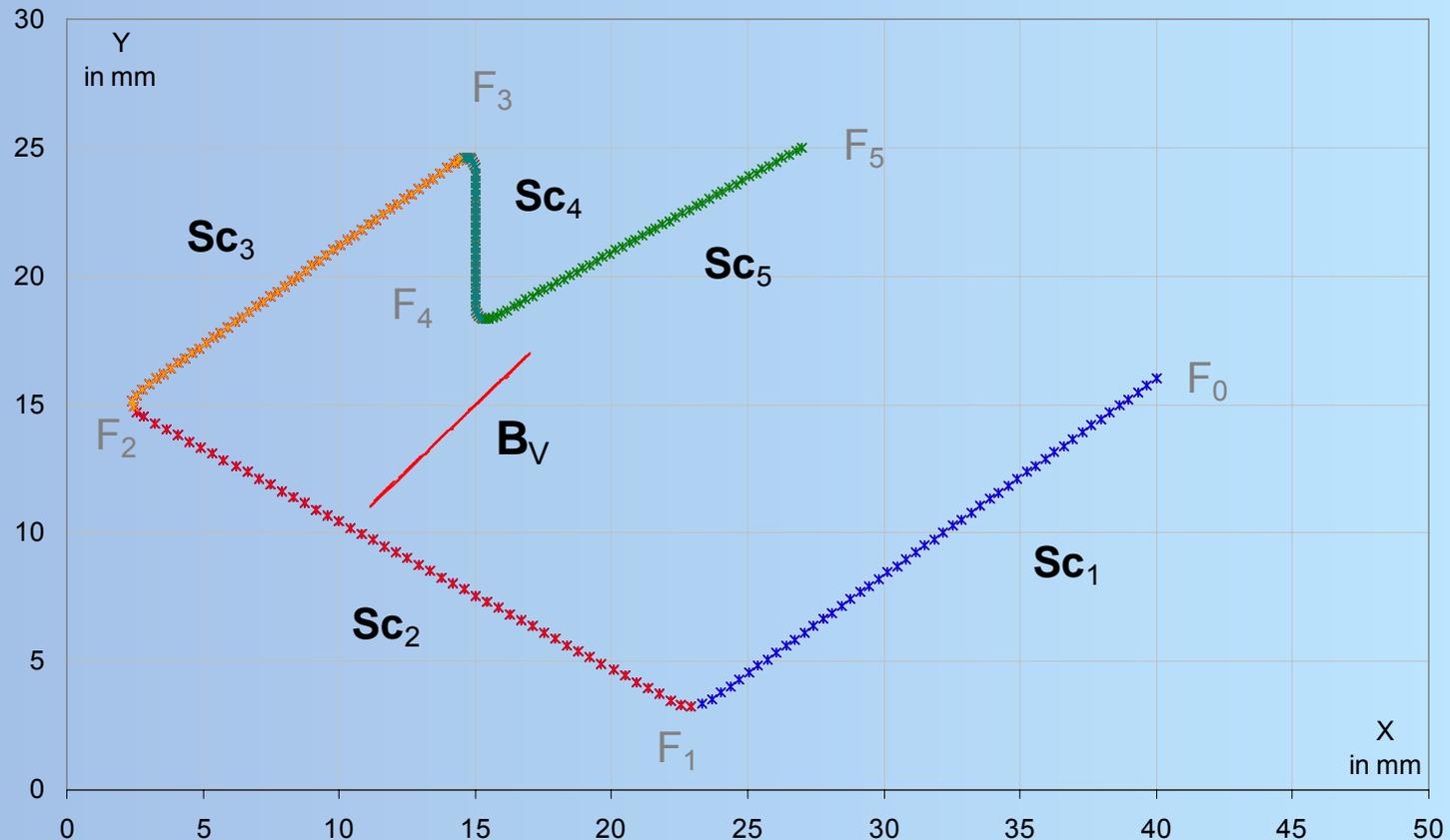
- Abbildungsfehler durch Planfeldlinse und nichtlineare Ansteuerung der Scanner



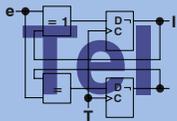
- mehrdimensionale Ausgleichswertetabelle
- Unabhängige Bildfeldgröße durch Abbildungstabelle

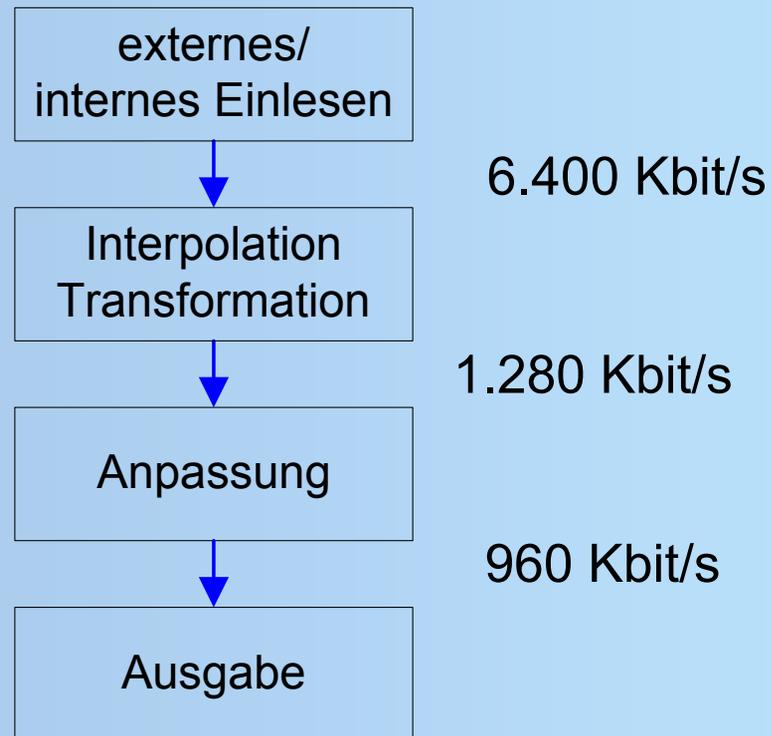


Aufgabe 5 zeitrichtige Ausgabe

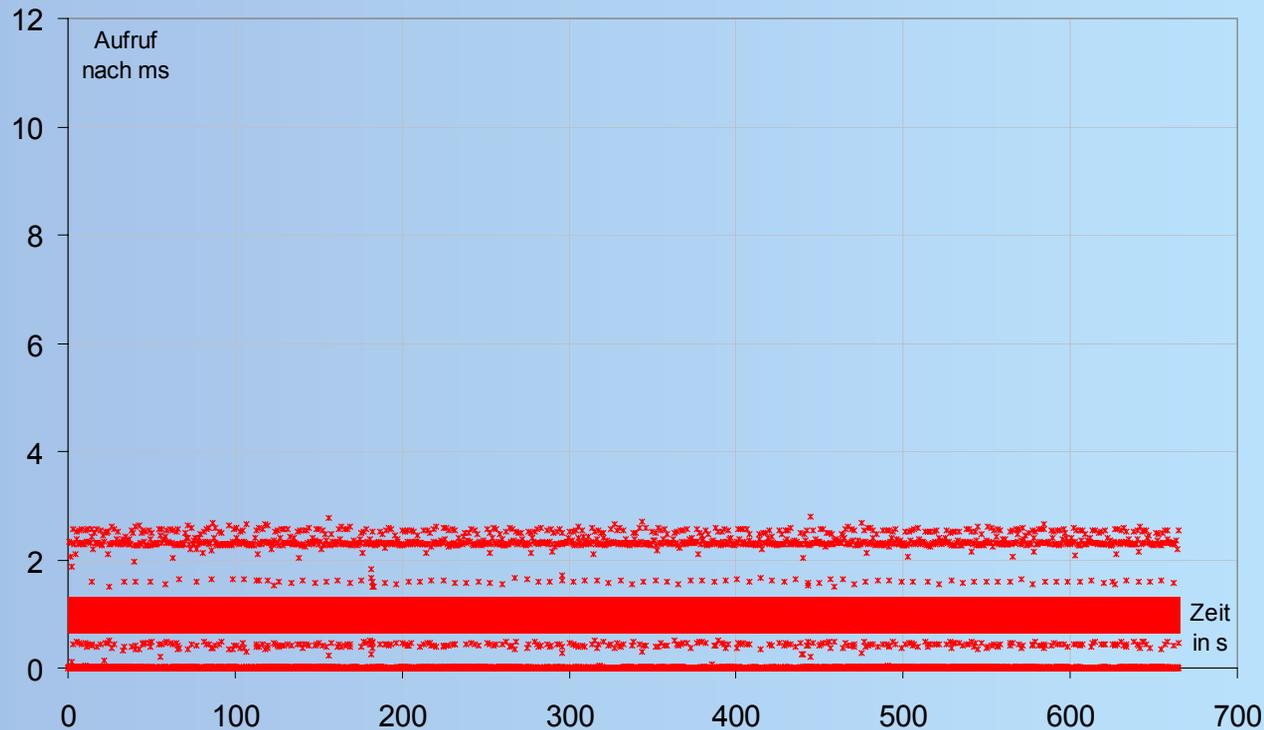


➤ Überlappende Vorberechnung und Ausgabe in FIFO-Speicher

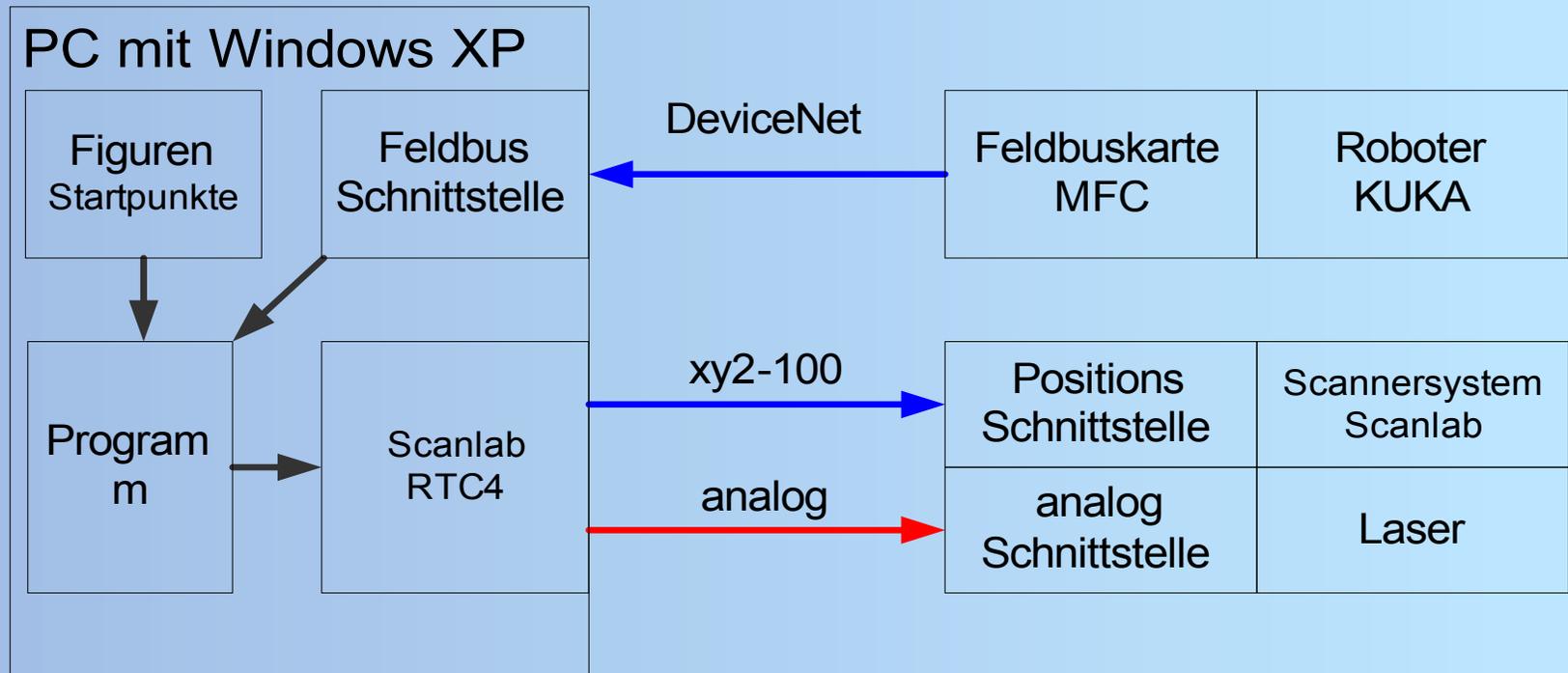




- Hohe Datenströme
- System in einem Rechner
- Aufteilung in Unterprogramme Eingabe, Rechnen, Ausgabe

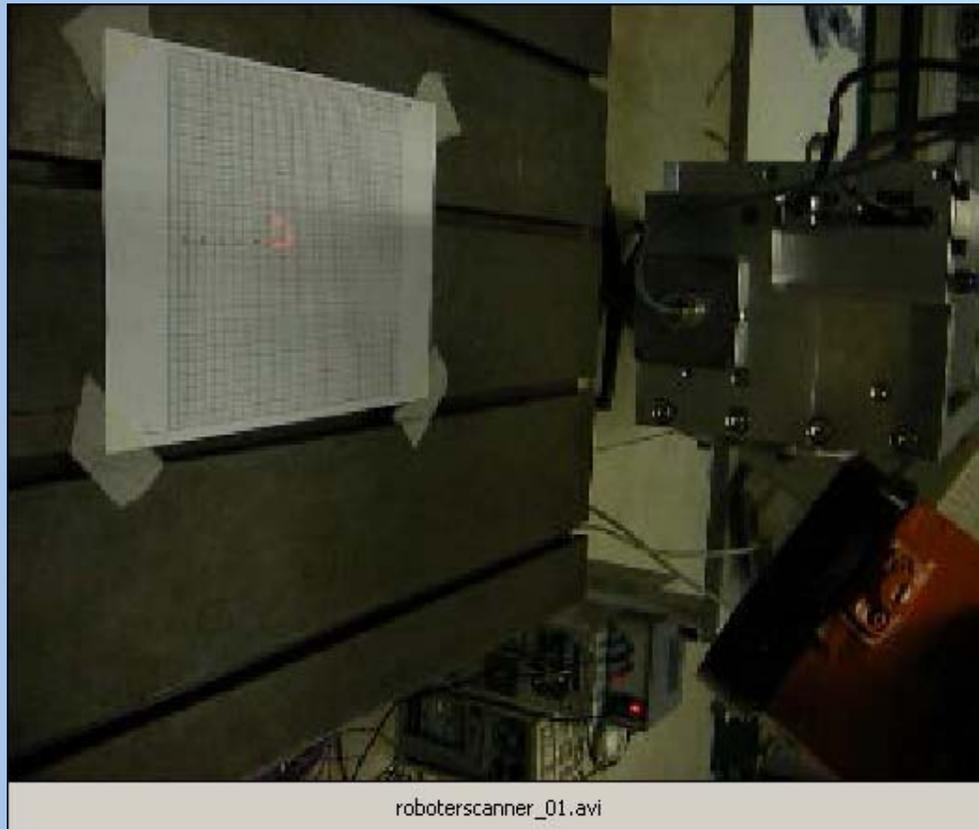


- Echtzeitpriorität der Unterprogramme
- Aufruf durch Windows XP Multimediatimer
- Ungenauigkeiten durch Vorberechnung abgefangen



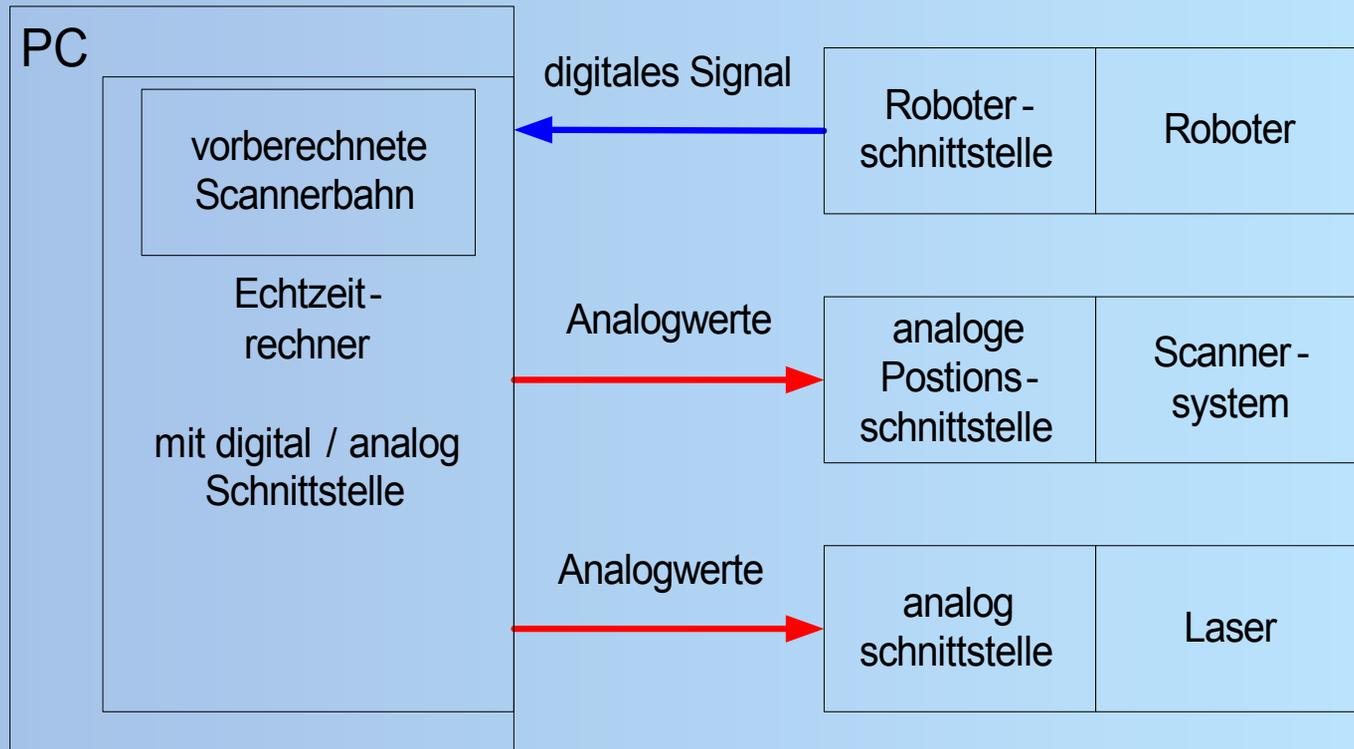
➤ Nutzung von Standardhardware in einem PC

Funktionstest mit Windows XP



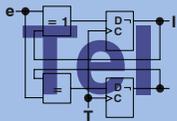
- Roboterposition – Steuerung – Remote-Laseroptik
- Quadrat wird durch Steuerung am Platz gehalten

Bestehender Lösungsansatz

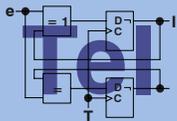


- keine Onlinekopplung zu Roboter
- einmalige Berechnung vor der Maschinenlaufzeit
- keine Interpolation zwischen Figurenpunkten

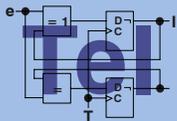
- Onlinekopplung, Ausgleich von Bahnfehlern
- schnelle Rotationen mittels Quaternionen
- Erhöhung der Genauigkeit durch Zerlegung der Figuren
- Optische Anpassung durch Entzerrung in 3D
- Betriebssystem Windows XP ermöglicht Nutzung von Standardhardware in einem PC



- Verbesserung der Synchronität von Roboter und Scannersystem
- Übertragungen Systeme anderer Hersteller



Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!

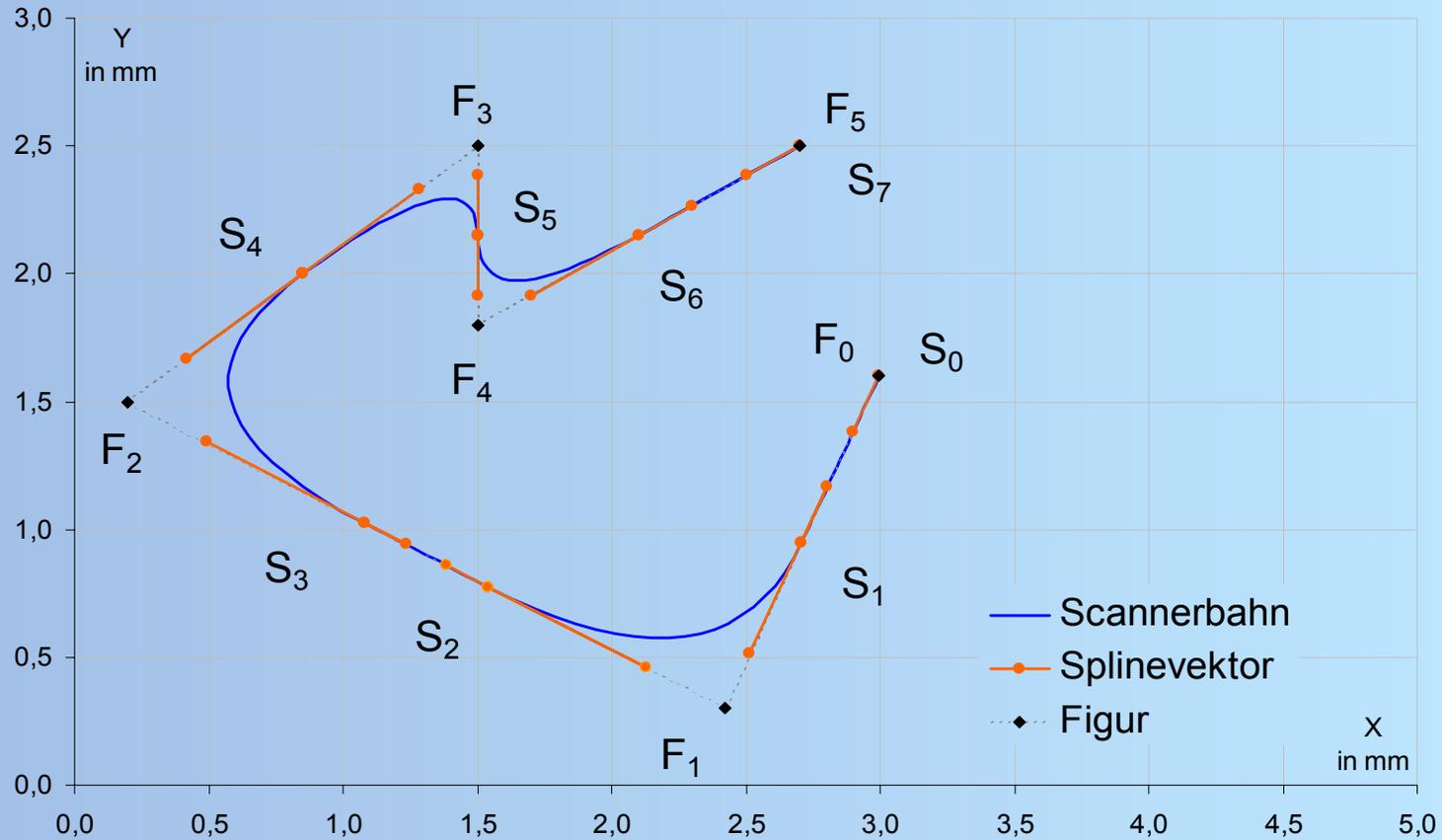


Institut für Technische Informatik
<http://www.inf.tu-dresden.de/Tel/>



Fraunhofer
Institut
Werkstoff- und
Strahltechnik

Figurenzerlegung mit kubischen Beziersplines



$$B_t = (1-t)^3 S_0 + 3t(1-t)^2 M_0 + 3t^2 S_1 + t^3 M_1$$

- Rotation des orthogonal Einheitsvektor \mathbf{u} um Winkel φ

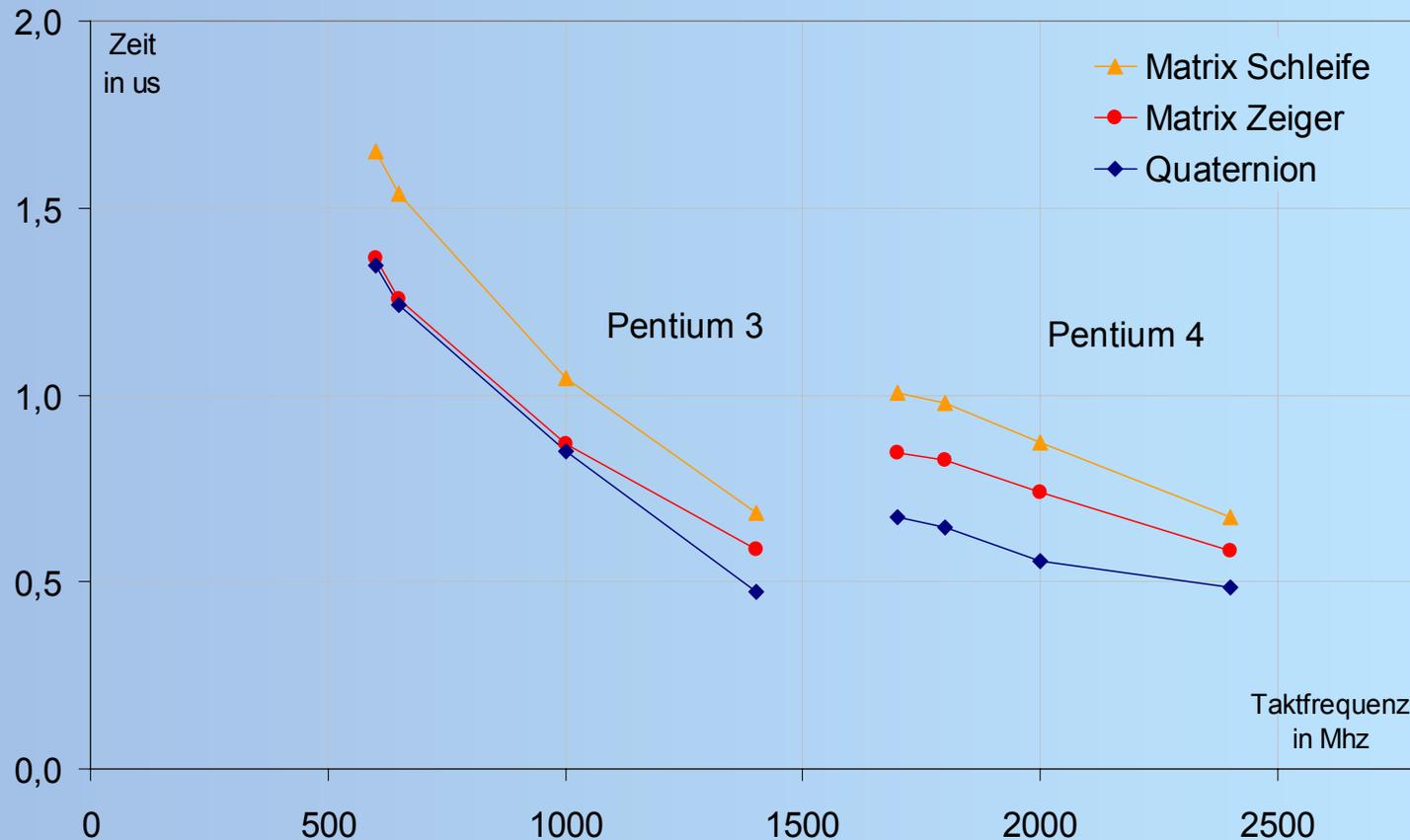
$$\mathbf{q}_{(\mathbf{u},\varphi)} = \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right) + \mathbf{u}_x \cdot \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) + \mathbf{u}_y \cdot \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) + \mathbf{u}_z \cdot \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)$$

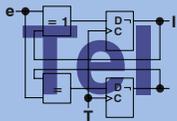
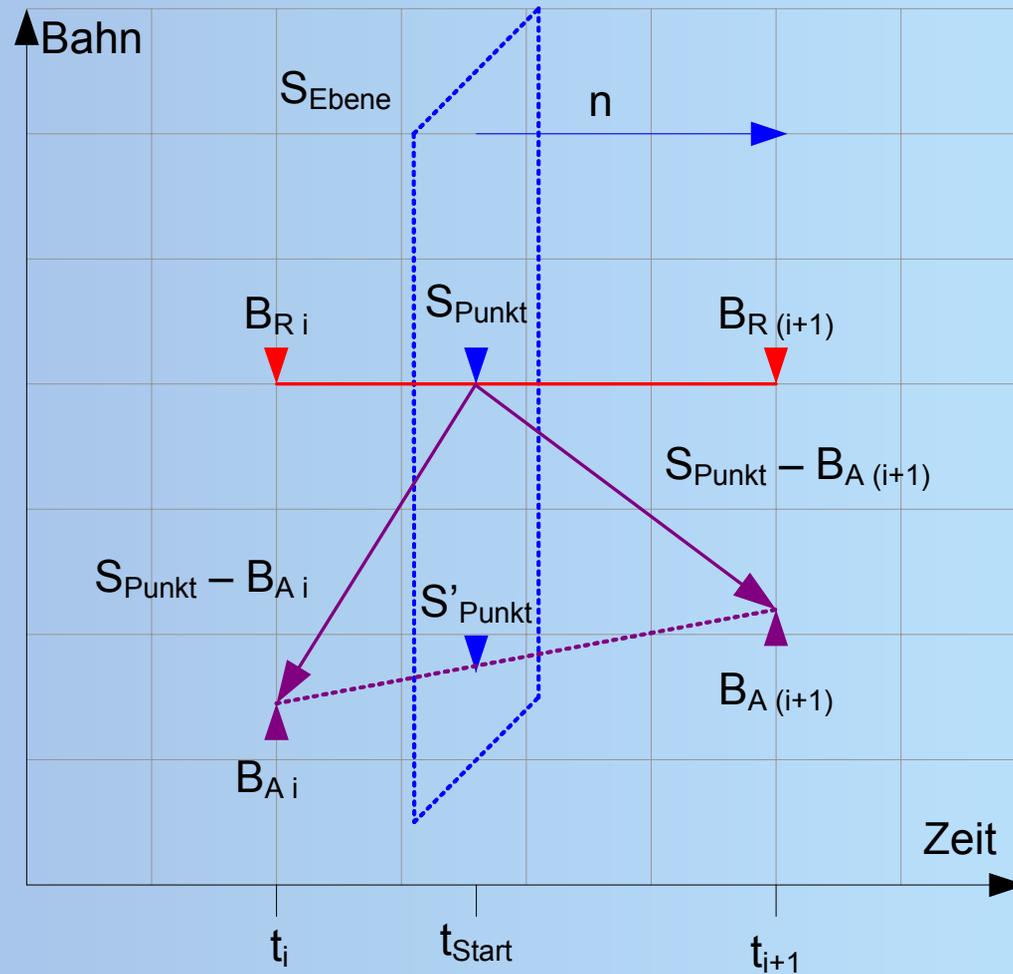
$$\mathbf{q} = s + \mathbf{v} = s + x_q + y_q + z_q$$

- Darstellung als Matrix

$$\mathbf{q} = \begin{pmatrix} s & x_q & y_q & z_q \\ -x_q & s & -z_q & y_q \\ -y_q & z_q & s & x_q \\ -z_q & -y_q & -x_q & s \end{pmatrix}$$

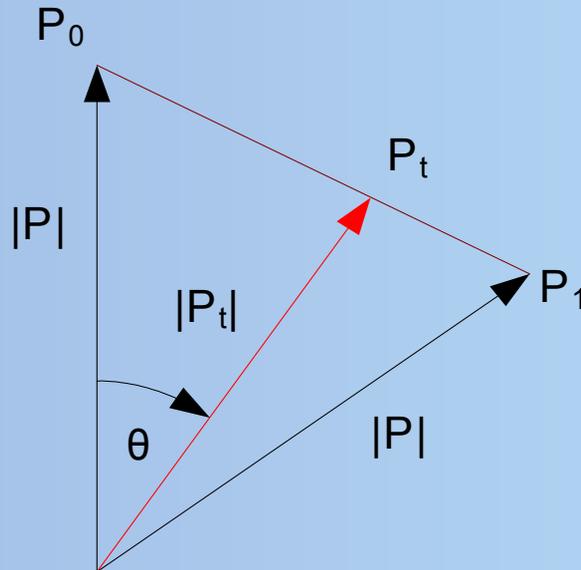
Messungen zur Rotation



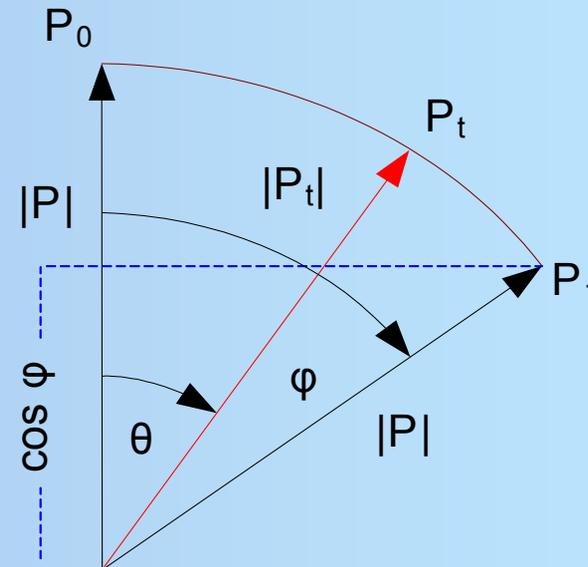


Vergleich der Interpolationsmethoden

- sphärisch linearer Interpolation ergibt orthogonale Vektoren

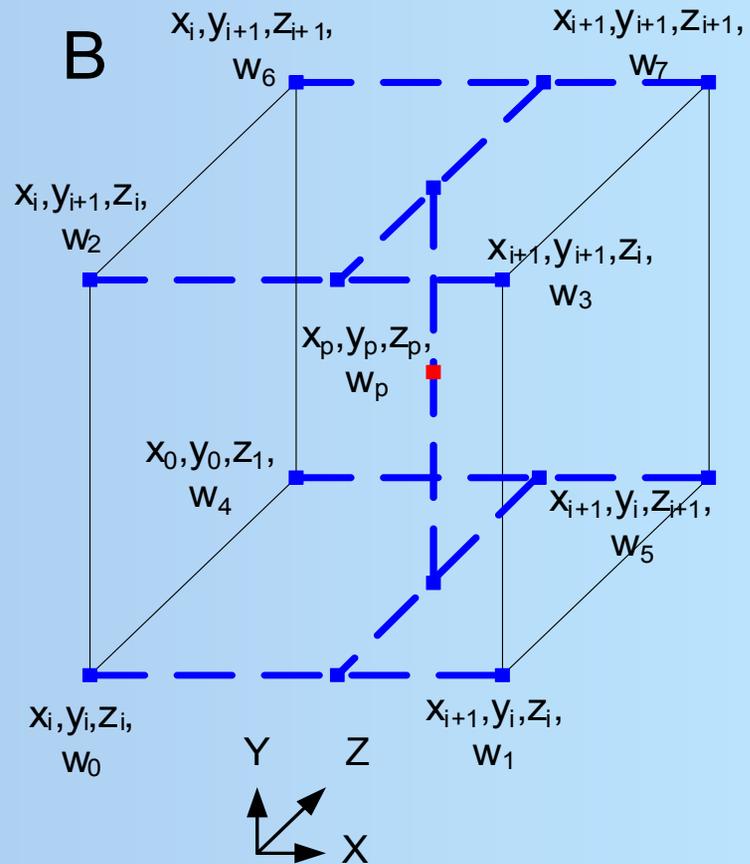
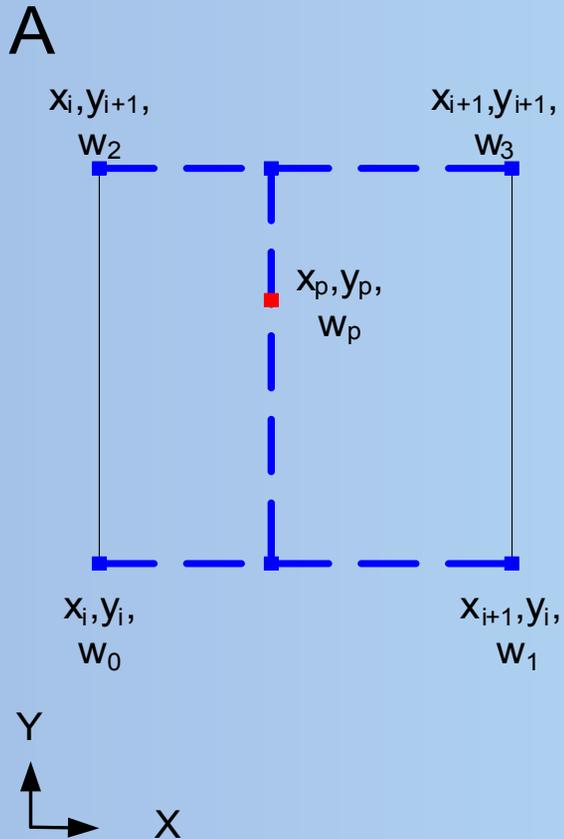


$$P_t = (1-t) \cdot P_0 + t \cdot P_1$$

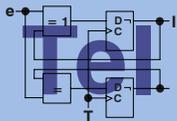
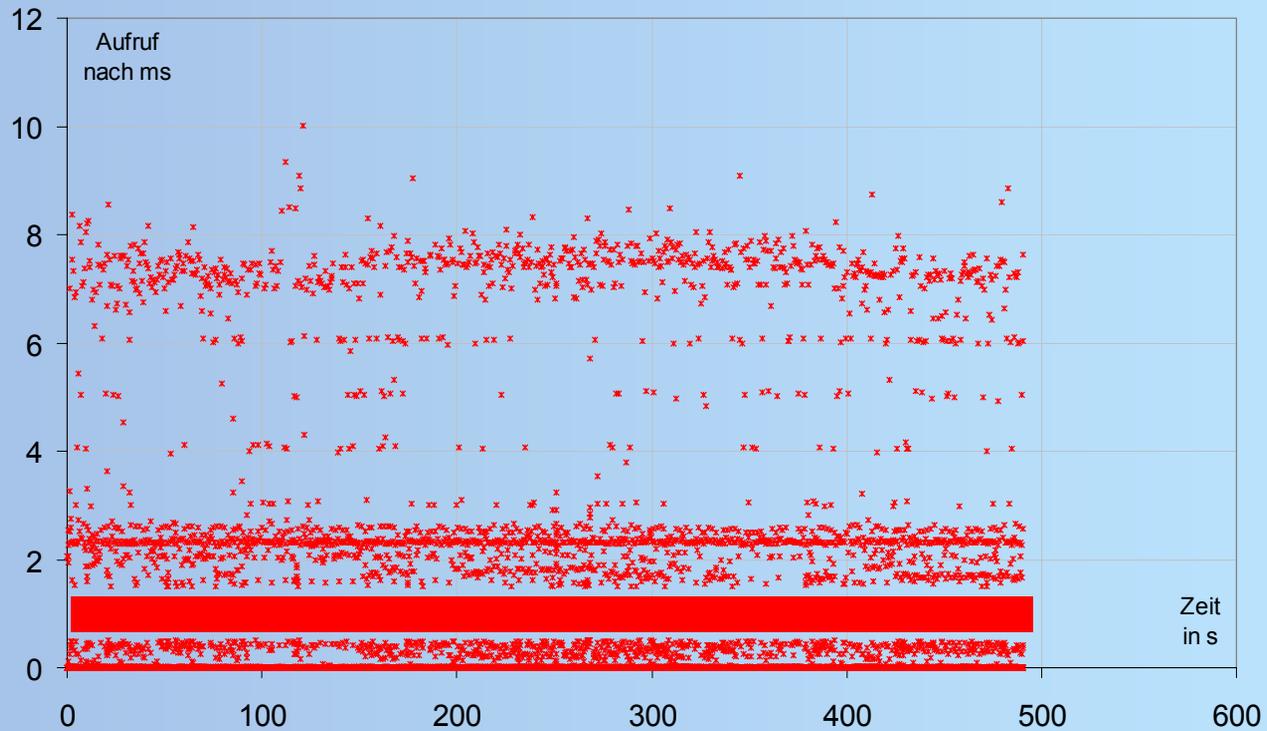


$$P_t = \frac{\sin((1-t) \cdot \varphi)}{\sin \varphi} \cdot P_0 + \frac{\sin(t \cdot \varphi)}{\sin \varphi} \cdot P_1$$

Mehrdimensionale Interpolation



Messung Windows XP „Normal“



Messung der Dauer der Berechnung

