

„Standardisierung von Definition, IT-gestützter Messung und Auswertung von Spalt und Versatz am Beispiel eines Automobilherstellers“

Patrick Eisele
 Diplom-Studiengang Informatik

Universität Leipzig
 Fakultät für Mathematik und Informatik
 Institut für Informatik
 Lehrstuhl für Angewandte Telematik / e-Business

Gliederung

- Motivation
- Literatureinordnung
- Problemstellung / Ziel der Arbeit
- Grundlagen / Grundbegriffe
 - *Klassifikation der Merkmalsausprägungen*
 - *Kundenrelevanz*
 - *Produktentstehungsprozess*
 - *Funktionsmaßkonzept*
- Prozess der Vorgabendokumentation
 - *Anforderungsprofil*
 - *Lösungsansätze*
- Messprozess / Messsystem
 - *Anforderungsprofil*
 - *Methodik der Nutzwertanalyse*
 - *Grundlagen der optischen Messtechnik*
 - *Ergebnis der Nutzwertanalyse*
- Prozess der Auswertung & Verwaltung von Messdaten
 - *Untersuchung CAQ-Software*
 - *Ergebnis der CAQ-Softwareuntersuchung*
 - *Auswertelogik & Schnittstellen*
- Zusammenfassung & Ausblick

Notwendigkeit für Karosseriefugen

- zwischen angrenzenden Bauteilen
- wichtige Steuergrößen der Fertigung
- Türen und Klappen zur Gewährleistung des Zugangs zum Fahrzeug
- Öffnung der Türen möglichst auch nach Unfall
- produktionstechnische Hinsicht: Werkstofftrennung unterschiedlicher Materialien

Karosseriefugen als Designmerkmal

- sichtbare Geometriemerkmale für den Kunden
- Bestimmung des äußeren Erscheinungsbilds bzw. Prägung des optischen Gesamteindrucks
- Strukturierung der Außenhaut des Fahrzeugs
- typisches Design- und Konstruktionsmerkmal
- charakteristische Optik durch ähnliche Fugenverläufe bei verschiedenen Modellen als Identifikationsmerkmal innerhalb der gesamten Produktpalette („Corporate Identity“)
- Suggestierung einer hohen Qualität des Gesamtprodukts mittels kleiner und paralleler Fugen

→ stetige Zunahme der Ansprüche an die Einhaltung der Fugentoleranzen (Kundenfokus)

→ Neue bzw. erweiterte Anforderungen an die IT-gestützte Messtechnik, die zurzeit nur bedingt erfüllt werden können!

- Spezifikationskonforme Ausprägung eines Produkts → maßgeblicher Faktor für Funktionalität, Qualitätsanmutung & Design → u.a. Vorgaben Spalt- und Versatz
- Überwachung durch „Qualitätssicherung“ → u.a. Messung

Begriff „Qualität“

- keine präzise, allgemeinverständliche Definition in der Literatur
- [Schir87]: „[...] kein wertneutraler Begriff, sondern stets mit einer positiven Wertung verknüpft.“
- [Wim87]: „[...] der Grad der Eignung eines Produktes für bestimmte Verwendungszwecke und Nutzenerwartungen.“
- [Tag86]: „[...] entspricht dem Verlust, den ein Produkt für die Gemeinschaft nach seiner Bereitstellung verursacht, im Gegensatz zu jenen Verlusten, die durch seine eigentlichen Funktionen hervorgerufen werden.“
- [Tag86]: „Qualität sollte als Wert angesehen werden. Wert ist ein subjektiver Begriff, denn jeder hat seine eigenen Vorstellungen darüber, was einen Nutzen gibt.“
- [Sauer87]: „[...] null Fehler, d.h. die Übereinstimmung des Produktes gemäß Entwurf und Ausführung.“
- DIN: „[...] die Gesamtheit von Eigenschaften und Merkmalen eines Produktes oder einer Tätigkeit, die sich auf deren Eignung zur Erfüllung gegebener Forderungen bezieht.“

Begriff „Qualitätssicherung“

- [Glei93]: „[...] umfasst in einem produzierenden Unternehmen alle organisatorischen und technischen Aktivitäten zum Schutz bzw. zur Erhaltung der Produktqualität unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit.“
- [SchiWeb93]: „[...] Sicherstellung einer gleich bleibend guten Qualität der hergestellten Produkte und der dazugehörigen Prozesse.“
- DIN: Ziel der Qualitätssicherung ist, dass „[...] alle Eigenschaften und Merkmale eines Produktes oder einer Tätigkeit so ausgeprägt sind, wie es für deren Eignung zur Erfüllung bestimmter Forderungen notwendig ist.“

Fortsetzung Begriff „Qualitätssicherung“

- [Mas88]: „Erst durch die Definition und Vereinbarung von klaren Vorgaben an die Prozesse wird die Qualität der Prozessergebnisse messbar.“
→ Bestimmung aller prozessrelevanten Kenngrößen (u.a. Spalt- und Versatzmaße)
- [ArnBau92] zu Voraussetzung für Auswertung von Qualitätsdaten: „[...] vollständige, detaillierte, zuverlässige und rechtzeitige Verfügbarkeit aller erforderlichen Informationen aus unternehmensinternen Bereichen.“
- Prozessüberwachung mittels statistische Prüftechnik durch Stichprobenfunktionen (z.B. arithmetisches Mittel, Standardabweichung)
- [Pfei92] zu Anforderungen der Kunden: „[...] es werden Fehlerfreiheit, ein hohes Maß an Funktionalität und ein entsprechendes Design verlangt.“
- Logistikkonzept „Just-in-Time“:
fehlerhafte Produkte → Nacharbeitungskosten
→ ggf. Stillstand der Produktionslinie

- stetig gestiegene Ansprüche an das Fahrzeugdesign → komplexere Form der Außenhautbauteile → komplexere „3D-Fugenverläufen“
- bestehende Messmethoden und Dokumentationen nicht ausreichend / nicht einsetzbar
- Messung derzeit mit konventionell taktil messenden Systemen manuell oder halbautomatisiert
- angemessene Prozesssicherheit und Wiederholgenauigkeit nicht gegeben
- Mangel an Transparenz & fehlende Standardisierung → Vergleichbarkeit von Messergebnissen nicht gegeben.
- Zugänglichkeit für taktile Geräte zu vielen Merkmalen eingeschränkt

- Untersuchung der angewandten Prozesse der Vorgabendokumentation, Messung und Auswertung
- Erfassung auftretender Probleme innerhalb der Prozesskette
- Erarbeitung von Lösungsansätzen → Standardisierung
- Untersuchung der allgemeinen Vorgehensweise der elektronischen Erfassung und Speicherung auf Optimierungen
- transparente Messungen und Auswertungen über die Fahrzeugprojekte und Werke hinaus
- angemessene Sicherheit des Messprozesses
- einheitliche Messsysteme und neue Messverfahren für reproduzierbare Messergebnisse
- Dokumentation von zusätzlichen Angaben zum Messmerkmal

„Abstellung“ & „Bördelkante“

- Fugenbereich: Fahrzeugblech entweder gebördelt oder abgestellt
- Abstellung: Zulauf des Blechs auf einen Karosseriespalt → Krümmungs- bzw. Richtungsänderung mit Verrundung im Bereich der Fuge → Weglauf vom Spalt
- Bördeln: Verbindungstechnologie, zur Verbindung des Außenhautblechs mit dem Innenblech → Versteifung der Karosserie

Radiusauslauflinie (RAL)

- ist der Bereich einer Fläche, in dem eine Verrundung beginnt
- Krümmungssprung innerhalb der Fläche an dieser Stelle
- z.B. an beiden Seiten der Verrundung einer Abstellung der Fahrzeugaußenhaut

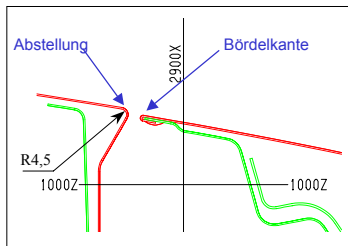


Abbildung 01: Abstellung und Bördelkante (Scha03)

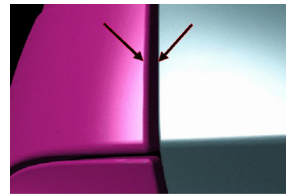


Abbildung 02: Radiusauslauflinie [KaSoKr96]

Versatzmaß

- Aufspannung einer Hilfsfläche als Verlängerung vom Referenzbauteil über die Fuge
- Versatz = Länge des Normalenvektors von der Hilfsfläche auf die andere Bauteiloberfläche

Spaltmaß

- Spalt = vertikal zum Fugenverlauf gemessene Breite der Lücke zwischen zwei Bauteilen
- Spezialfall: Definition des Spaltmaßes bei konischen Fugen → später!

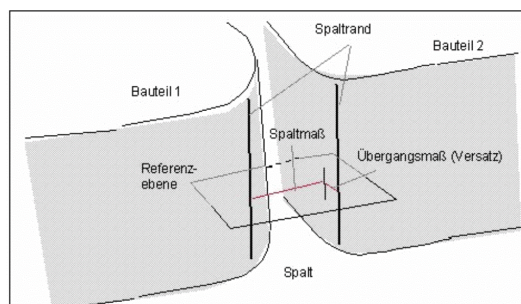


Abbildung 05: Spalt- und Versatzmaß (3D) [Tas01]

Grundtypen

- Bördelkante – Abstellung
 - *Abstellung stumpf*
 - *Abstellung spitz*
- Bördelkante – Bördelkante

Klassifikation

- Nach dem Typ des Bauteilrandes an der Fuge
- Nach dem Betrag des Versatzes zum angrenzenden Bauteil
- Nach den Eigenschaften der Fläche im Bereich der Fuge

Klassifikation nach der Bauteiloberfläche

- Reflexionsgrad der Oberfläche (→ optische Messtechnik, Kreidesprays zur Mattierung)
- farbige Übergänge hell/dunkel; Materialübergänge glänzend/matt
- Kratzempfindlichkeit der Oberfläche (→ Kundenfahrzeuge)

Kundenrelevanz 1

Optischer Eindruck einer Fuge → 2 Kurven

- Radiusauslauflinien
- Reflexionslinien („Highlights“)

→ sichtbares Spaltmaß durch die auffälligsten Kurven zu beiden Seiten der Fuge

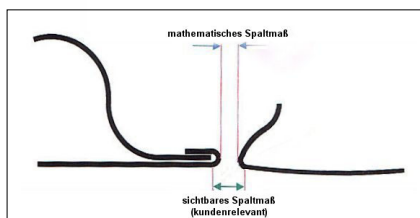


Abbildung 09: Veranschaulichung des kundenrelevanten Spaltmaßes [Tas01]

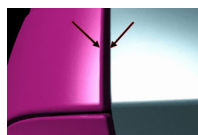


Abbildung 02: Radiusauslauflinie [KaSoKr96]

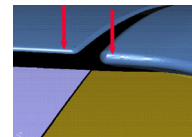


Abbildung 06: Reflexionslinien („Highlights“) [KaSoKr96]

Geometrisches Fugenmaß vs. Optisches Fugenmaß

Legende i.O. = in Ordnung n.i.O. = nicht in Ordnung	Optischer Fugenverlauf i.O.	Optischer Fugenverlauf n.i.O.
Geometrischer Fugenverlauf i.O.	Fall 1	Fall 2
Geometrischer Fugenverlauf n.i.O.	Fall 3	Fall 4

Produktentstehungsprozess 1

Meilensteine

- Vorleistungsphase
- Abstimmung der Fugenziele
- Serienentwicklung
- Serienproduktion

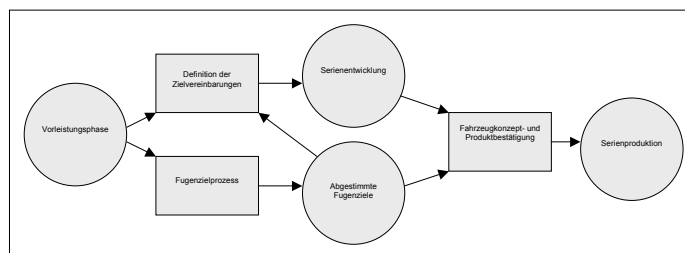


Abbildung 12: Produktentstehungsprozess – prozessorientierte Darstellung

Petri-Netze*

- Stellen (Kreise): Zustandsparameter
- Transitionen (Rechtecke): Ereignisse/Zustandsübergänge
- Gerichtete Graphen

Vorleistungsphase

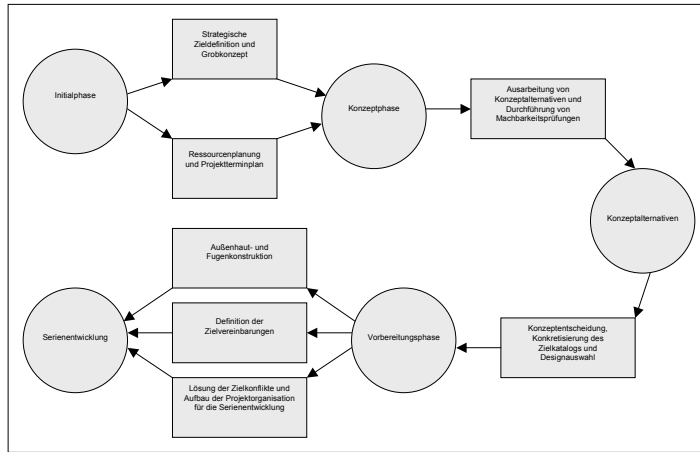


Abbildung 13: Prozessablauf der Vorleistungsphase

Serienentwicklung

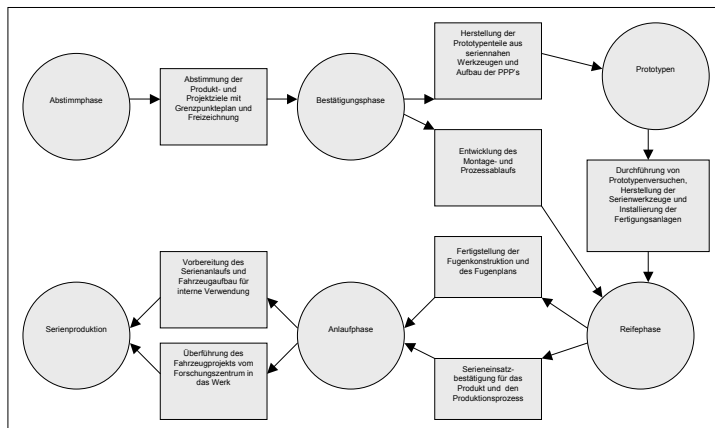


Abbildung 14: Prozessablauf der Serienentwicklung

- Absicherung der Toleranzen: Einzelteil → Zusammenbauten → Gesamtfahrzeug (Toleranzprognose zur präventiven Qualitätssicherung)
- Absicherung der Realisierung von funktional relevanten Maßen (Funktionsmaße) unter der Wirkung von Toleranzeinflüssen
- Funktionsmaß: Ästhetik, technische Eigenschaften und Verbaubarkeit
- Berechnung: Einzeltoleranzen → Toleranzkette
 - *Ergebnis = maximal zu erwartende Abweichung vom Nennmaß (Toleranzwert)*
 - *Arithmetische Variante: Summe der Einzeltoleranzen (theoretischer Extremfall)*
 - *Statistische Variante: Quadr. Mittel → Quadrierung der Einzeltoleranzen & Wurzel (>3 Bauteile)*

Begriff „Dokumentation“

[HaLeGa97]: Sind allgemein „[...] alle Tätigkeiten des Sammelns, des Erschließens, des Ordnen und des Aufbewahrens von Informationen und Wissen, um es zu einem gegebenen Zeitpunkt für ein gegebenes Ziel nutzen bzw. zur Verfügung stellen zu können.“

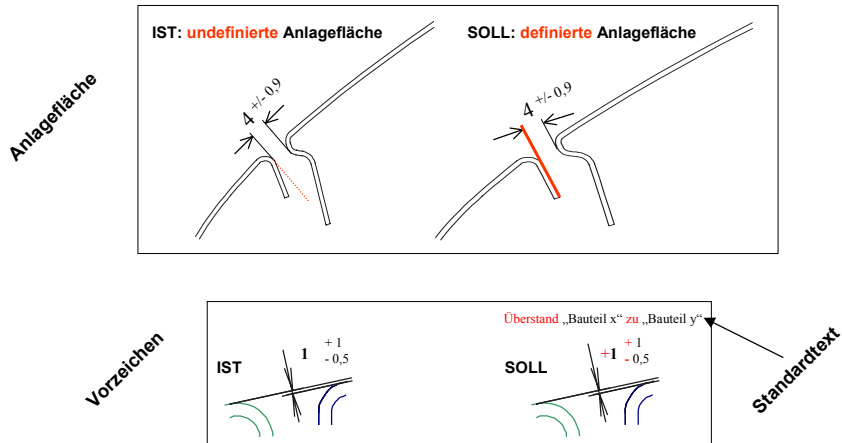
[War96]: „Ohne Dokumentation keine Daten, ohne Daten keine Information und damit keine Erkenntnisse über den Stand der Qualität und die Qualitätsentwicklung.“

Vorgabendokumentation: insbes. Fugenplan

Anforderungen

- Eindeutigkeit und Reproduzierbarkeit
- Kennzeichnung der Messbasen
- Maßhilfslinien mittels Tangenten (→ Nachvollziehbarkeit)
- einheitliche Vorzeichendefinition für Unterstand/Überstand.
- eindeutiger Standardtext für die Bauteilbeziehung zueinander
- Bereitstellung der Vorgabendokumentationen im Intranet & Handhabbarkeit als Ausdruck
- Vollständigkeit und Nachvollziehbarkeit der Änderungsdokumentation

Eindeutige Dokumentierung des Spaltmaßes



Eindeutige Dokumentierung eines konischen Spaltmaßes (Alternative: Messtiefe vorgeben)

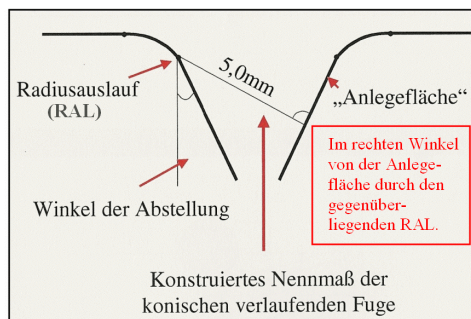
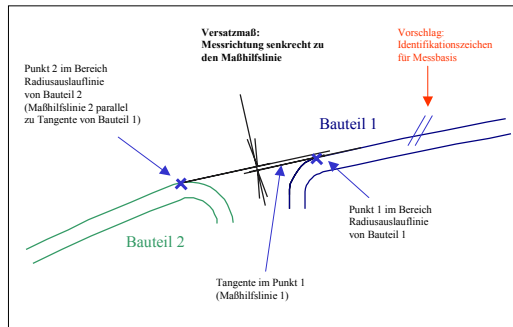


Abbildung 23: Dokumentierung einer konischen Fuge

Eindeutige Dokumentierung des Versatzmaßes

Mathematisch reproduzierbare Konstruktion der Maßhilfslinien für die Versatzmessung



Anforderungsprofil Messprozess

- steigenden Komplexität der Produktmerkmale → Schwierigkeiten beim Messprozess
- Ziel: reproduzierbare und wiederholgenaue Messergebnisse über die Werke hinaus

Anforderungsprofil

- Prozesssichere Messung (→ Wiederholgenauigkeit)
- exakter Messpunkt / exakte Messmethodik
- einheitliche Messmittel und definierte Messmethoden
- Unempfindlichkeit gegen Umgebungseinflüsse, unterschiedliche Oberflächen/Materialien und verschiedene Farben
- Anwenderfreundlichkeit und minimaler Zeitaufwand pro Messmerkmal
- Flexibilität und Kompatibilität mittels standardisierter Softwareschnittstellen

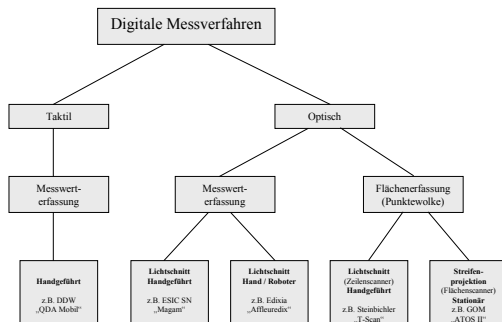
- [Zan71]: „Analyse verschiedener Handlungsalternativen mit dem Zweck, die einzelnen Wahlmöglichkeiten entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines mehrdimensionalen Zielsystems zu ordnen.“
- Planungsmethode zur systematischen Entscheidungsvorbereitung zur Auswahl von Projektalternativen
- Berücksichtigung möglichst aller Ziele mit unterschiedlicher Gewichtung

Vorgehensweise bei der Nutzwertanalyse

1. Bestimmung der Zielkriterien
 - Aufstellen eines Zielsystems
 - Präzisierung der Bewertungskriterien
2. Gewichtung der Zielkriterien
 - Gewichtung der Bewertungskriterien
 - Bestimmung von „Muss-Kriterien“
3. Ermittlung der Zielerträge
 - Vergabe von Bewertungspunkten
 - Ausprägung der Zielerfüllung durch Vergabe eines Punktwertes
4. Berechnung der Teilnutzenwerte
 - Additive oder multiplikative Verknüpfung
5. Nutzwertsynthese und Entscheidung
 - Bestimmung des Gesamtnutzens

Klassifikation & Zielkriteriengewichtung

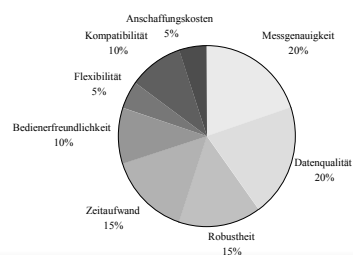
Klassifikation der digitalen Messverfahren



Messsysteme

- DDW „QDA Mobil“
- Edixia „Affleuredix“
- ESIC „Magam“
- Steinbichler „COMET T-Scan“
- GOM „ATOS II“

Gewichtung der Kriterien



Kriterien	Bewertungspunkte				
	1 (ungenügend)	2 (mangelhaft)	3 (befriedigend)	4 (gut)	5 (sehr gut)
Messgenauigkeit in Mikrometer Mess-Kriterium z.BW	71 - 100	51 - 70	41 - 50	30 - 40	< 30
Messgerätfähigkeit	sehr geringe Wiederholgenauigkeit, Auflösung oder Detailausträgung; ungenügende Datenqualität	geringe Wiederholgenauigkeit, Auflösung oder Detailausträgung; mangelhafte Datenqualität	mäßige Wiederholgenauigkeit, Auflösung oder Detailausträgung; befriedigende Datenqualität	hohe Wiederholgenauigkeit, Auflösung oder Detailausträgung; gute Datenqualität	sehr hohe Wiederholgenauigkeit, Auflösung oder Detailausträgung; sehr gute Datenqualität
Robustheit	sehr hohe Empfindlichkeit auf Oberflächeneffekte oder Umgebungseinflüsse	hohe Empfindlichkeit auf Oberflächeneffekte oder Umgebungseinflüsse	mäßige Empfindlichkeit auf Oberflächeneffekte oder Umgebungseinflüsse	wenig Empfindlichkeit auf Oberflächeneffekte oder Umgebungseinflüsse	keine Empfindlichkeit auf Oberflächeneffekte oder Umgebungseinflüsse
Zeitaufwand pro Messmerkmal für Spalt und Versatz in Minuten	> 10	5,1 - 10	1,1 - 5	0,1 - 1	< 0,1
Bedienungsfreundlichkeit	sehr aufwendige Bedienung bzw. sehr geringe Ergonomie, Fehlervermeidung oder Zuverlässigkeit	aufwendige Bedienung bzw. geringe Ergonomie, Fehlervermeidung oder Zuverlässigkeit	mäßiger Bedienungsaufwand bzw. mäßige Ergonomie, Fehlervermeidung oder Zuverlässigkeit	einfache Bedienung bzw. hohe Ergonomie, Fehlervermeidung oder Zuverlässigkeit	sehr einfache Bedienung bzw. sehr hohe Ergonomie, Fehlervermeidung oder Zuverlässigkeit
Flexibilität	stationäres System (aufwendige Standortänderung)			mobiles System (einfache Standortänderung)	
Kompatibilität	kein Datensport zu Standardsoftware, keine Schnittstelle zu externer Auswertesoftware			Datensport zu Standardsoftware, Standardschnittstelle zu externer Auswertesoftware	
Anschaffungskosten in Tsd. Euro	> 200	101 - 200	51 - 100	30 - 50	< 30

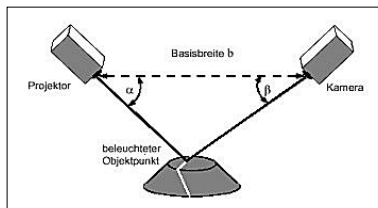


Abbildung 31: Triangulation [Wolf98]

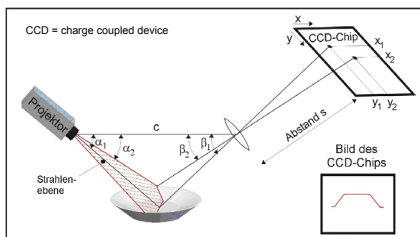


Abbildung 32: Lichtschnittverfahren [Dei02]

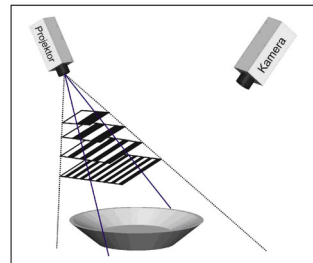


Abbildung 33: Streifenprojektionsverfahren [Dei02]

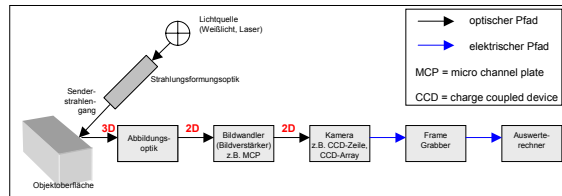


Abbildung 34: Blockbild eines optischen Messsystems [Ngu03]

- Auswertung von Punktwolken mit dem Softwaremodul „Flush & Gap“ in „Polyworks/IMInspect“ (Fa. InnovMetric Software Inc.)
- Import von CAD-Vorgabedaten

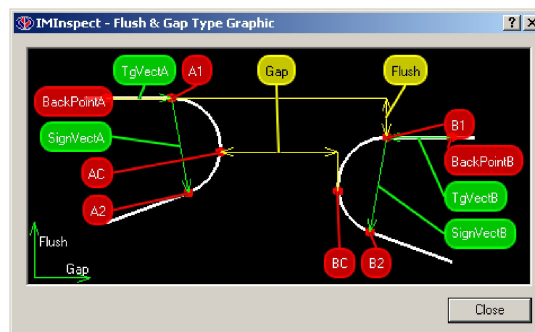


Abbildung 35: Vordefinierte Bezugspunkte und Vektoren in Polyworks [Duwe04]

Messsystem	Bewertungspunkte in den einzelnen Kategorien [Bewertung mit Gewichtung]								
	Messgenauigkeit [Gewichtung: 20 %]	Datenqualität [Gewichtung: 20 %]	Robustheit [Gewichtung: 15 %]	Zeitaufwand [Gewichtung: 15 %]	Bedienungsfreundlichkeit [Gewichtung: 10 %]	Flexibilität [Gewichtung: 5 %]	Kompatibilität [Gewichtung: 10 %]	Anschaffungskosten [Gewichtung: 5 %]	Gesamtpunktzahl (Summe der Punkte mit Gewichtung)
QDA Mobil	4 [0,80]	2 [0,40]	5 [0,75]	4 [0,60]	3 [0,30]	5 [0,25]	1 [0,10]	5 [0,25]	3,45
Magam	4 [0,80]	2 [0,40]	2 [0,30]	5 [0,75]	4 [0,40]	4 [0,20]	3 [0,30]	4 [0,20]	3,35
Affleuredix	5 [1,00]	2 [0,40]	3 [0,45]	3 [0,45]	3 [0,30]	4 [0,20]	4 [0,40]	4 [0,20]	3,40
T-Scan	1 [0,20]	5 [1,00]	4 [0,60]	3 [0,45]	5 [0,50]	3 [0,15]	5 [0,50]	2 [0,10]	3,50
ATOS II	4 [0,80]	4 [0,80]	2 [0,30]	2 [0,30]	5 [0,50]	3 [0,15]	5 [0,50]	3 [0,15]	3,50

Taktiler Verfahren

- Unabhängigkeit vom Oberflächenmaterial
- Bedienerabhängigkeit / Wiederholgenauigkeit
- Beschädigung der Lackierung bei unsachgemäßer Anwendung

Optisches Verfahren

- Wiederholgenauigkeit
- Sensor im Handgerät → Flexibilität & detaillierte Erfassung des Fugen-Innenbereichs
- Punktwolke → weitere Analysen ohne erneutes Messen möglich
- Empfindlichkeit gegenüber bestimmten Oberflächenmaterialien (Glas, Plexiglas, Chrom, z.T. Lackierung)

Empfehlung: Steinbichler „COMET T-Scan“ & „Polyworks/IMInspect“
und Einsatzbereitschaft für DDW „QDA Mobil“

Ziele

- Vereinheitlichung des Softwaresystems
- weitestgehende Automatisierung des Auswerteprozesses

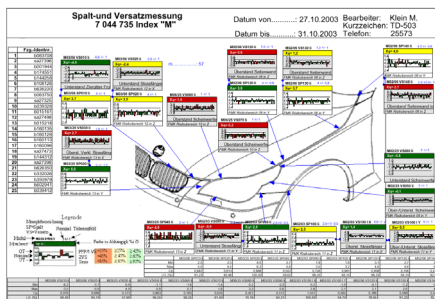
Anforderungen an das CAQ-Softwaresystem [CAQ: Computer Aided Quality]

- Werksübergreifend einheitliche Algorithmen und Auswerteformen
- Intranetanbindung
- Datenbank zur Verwaltung der Vorgabewerte für Automatisierung
- Bereitstellung einer variablen, individuell anpassbaren Schnittstelle zum Messsystem

Anforderungen an den Ergebnisbericht

- standardisierte Protokollierfunktion mit flexibler Gestaltung für spezielle Messaufgaben (→ vordefinierten Layout-Vorlagen)
- grafische Dokumentation der Messdaten in „Fehlfarbandarstellung“ mit Soll, Ist und Abweichung zur Sollgeometrie
- Prozesskontrolle mittels statistischer Verlaufsdarstellung

Untersuchung der CAQ-Softwaresysteme



← „QDA / FixturePlot“ (Fa. DDW)

Abbildung 46: Automatisierte, statistische Auswertung mit „QDA FixturePlot“ [Klein03]

„MDM / eMMA“ (Fa. ProCAEss) →

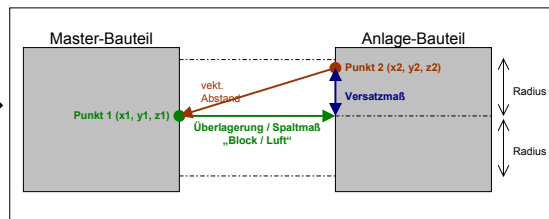


Abbildung 47: „Einbauuntersuchung“ mit eMMA

MDM: Mess-Daten Management
 eMMA: enhanced Measure Management Application

CAQ-Softwaresystem „QDA / FixturePlot“ (Fa. DDW)

- sehr hoher Funktionsumfang
- Benutzerinterface ähnlich PowerPoint
- komplexe, statistische Auswertungen aus umfangreichen Messdaten
- nur für Spalt- und Versatzmessung nutzbar

CAQ-Softwaresystem „MDM / eMMA“ (Fa. ProCAEss)

- Einsatz bei der Karosseriemesstechnik im Bereich „Zusammenbauten“
- Ausweitung der Nutzung bereits geplant
→ mit Beginn neuer Projekte sukzessive auf alle Werke / auf neue Aufgabenbereiche
- zentrale, werksübergreifende Datenbankanbindung
- Datenverwaltung von Spalt, Versatz und FMK in einem System
→ effizientere Prozessketten möglich
- noch kein Softwaremodul für die Spalt- und Versatzmessung implementiert

Empfehlung: „MDM / eMMA“

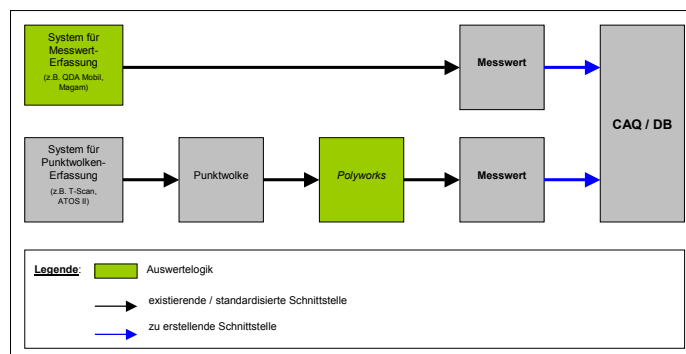


Abbildung 48: Strukturdiagramm der Schnittstellen bei der Messdatenauswertung

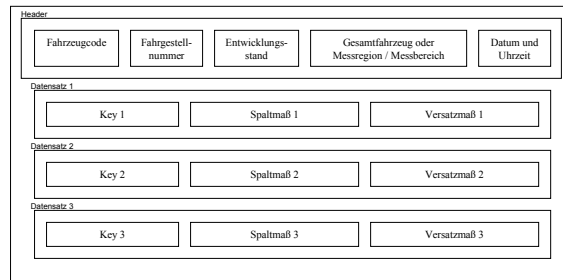


Abbildung 49: Datenstruktur der ASCII-Textdatei für die Schnittstelle zum MDM-Datenbanksystem

```
E046 F12345 VS Gesamtfahrzeug 19012003 0851
X0451 3,7 1,2
Y1300 0,5 0,3
Y1550 1,0 1,5
...
```

Abbildung 50: ASCII-Textdatei als Schnittstelle (fiktive Werte)

Zusammenfassung 1

Literaturarbeit

- Bedeutung „Qualität“ → unterschiedliche Ansichten innerhalb der Wissenschaft
- Begriff „Qualität“ für direkte Ableitung der „Qualitätssicherung“
- „Qualitätssicherung“ → u.a. Spalt- und Versatzmessung

Vorgabendokumentation

- entscheidende Rolle als Vorleistung für den nachfolgenden Mess- und Auswerteprozess innerhalb der Prozesskette
- Dokumentierung: vollständig, eindeutig & reproduzierbar (→ keine Fehlinterpretationen)

Messprozess / Messsystem

- unsicherer Messprozess beim taktilen Messverfahren
- größtes Potential: optische Punktwolkenerfassung („T-Scan“) & Software „Polyworks“
- Einschränkung: Empfindlichkeit auf Oberflächenmaterialien
 - Vorbehandlung der Bauteile
 - Zeitaufwand
 - nur bedingt möglich bei Kundenfahrzeuge
 - Einsatzbereitschaft für taktilen Messsystem

Auswertung und Verwaltung

- einheitliche Softwarelösung → einheitliche Algorithmen & Auswerteformen
- Gewährleistung einer werksübergreifenden Vergleichbarkeit

Hersteller „Optische Messsysteme“

- Problemlose Messung ohne Vorbehandlung auf glänzenden Oberflächen wie Glas, Plexiglas, Chrom und allen Lackierungen
- Digitalisierung unter spitzem Winkel → Erfassung des Innenbereichs einer Fuge

Automobilhersteller

- Spalt- und Versatzmessungen innerhalb des Fahrzeugkoordinatensystems
 - „genaue Position“ laut Vorgabe im Fugenplan
 - Rückschlüsse auf die Abweichung von Einzelkomponenten
 - Aufwand Vorbereitungsphase (Kalibrierung oder Verkleben von Marken)
- Auswertung von Punktwolken mit Polyworks
 - Erstellung von Makros für Spezialfälle der Merkmalsausprägungen bei neuen Fahrzeugprojekten
 - werksübergreifend einheitliche Makros

