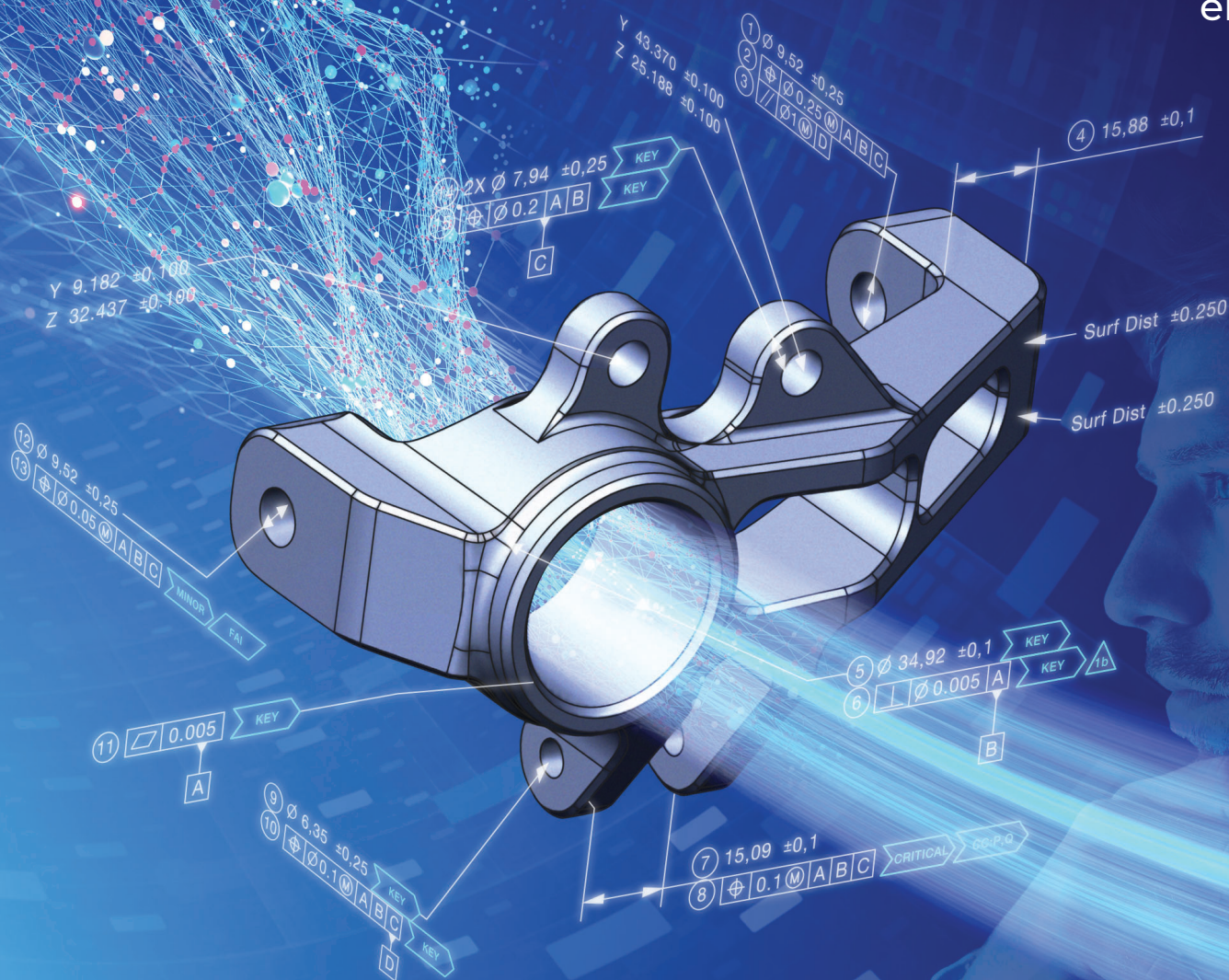


BEHERRSCHEN SIE DIE MODERNE PLANUNG VON 3D-MESSUNGEN

Digitalisierung der Maßanforderungen für
eine intelligentere Fertigung



Einleitung

Um ein Teil produzieren zu können, ist mehr erforderlich als nur die Definition seiner dreidimensionalen Form. Da die Realität nie genau mit der Planung übereinstimmt, muss das **Konstruktionsteam** zusammen mit den 3D-Modellen auch Maßangaben für die nachgelagerten Teams zur Verfügung stellen. Das **Fertigungsteam** benötigt exakte 3D-Geometrien und -Merkmale, um die Fertigungsprozesse zu bestimmen und ihre Spezifikationen festzulegen. Das **Qualitätskontrollteam** benötigt Referenzen, um die gefertigten Teile zu messen und festzustellen, ob sie die Konstruktions- und Fertigungsanforderungen erfüllen. Eine detaillierte Rückmeldung vom Qualitätskontrollteam zu fehlerhaften Teilen hilft dem Fertigungsteam, notwendige Anpassungen vorzunehmen. **Der effiziente Informationsfluss** zur und von der Qualitätskontrolle ist zweifelsohne ein Schlüsselfaktor, um die Produktqualität aufrecht erhalten zu können.

Jedes Unternehmen hat sein eigenes Verfahren für die Weitergabe von Maßanforderungen. Hierzu werden diese Angaben in CAD-Modellen, Produktherstellungsinformationen (PMI) und CSV-, 2D-Zeichnungen, Stücklisten usw. kodiert. Nach der Übergabe muss das Qualitätskontrollteam wertvolle Zeit dafür aufwenden, die benötigten Informationen zu finden, die Absicht des Konstruktionsteams zu übersetzen und an seine Prozesse und Softwareplattformen anzupassen, während sie versuchen, **Transkriptions- und Interpretationsfehler zu vermeiden**. Bei einer Konstruktionsänderung müssen erhebliche Anstrengungen unternommen **werden, um Verfahren und Dokumentation der Qualitätskontrolle**, einschließlich CNC-KMG-Programmen und Messabläufen, korrekt zu aktualisieren. Ohne ein effizientes und zuverlässiges System zum Informationsaustausch werden sich Fehler und Kosten garantiert vervielfachen.

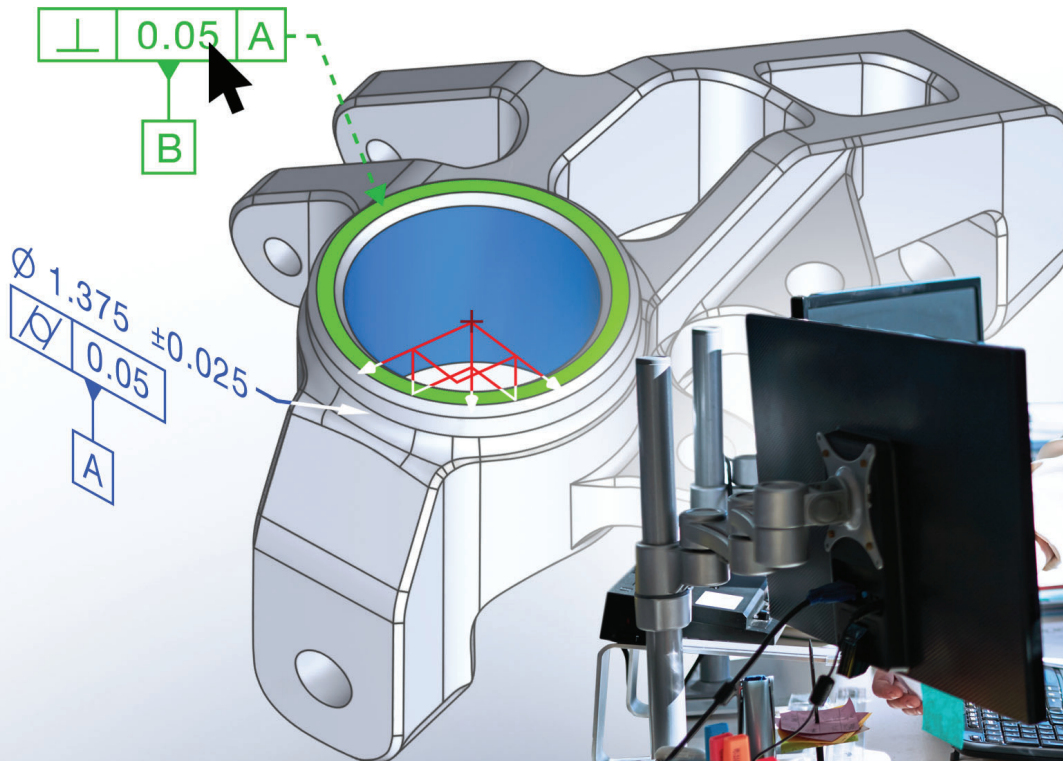
Dieses Whitepaper befasst sich mit den beiden wichtigsten Ansätzen, die Unternehmen heute für den Austausch von Konstruktions- und Fertigungsanforderungen mit Qualitätskontrollteams nutzen. Außerdem werden Vorteile, Probleme und Grenzen dieser Ansätze aufgezeigt. Es wird erläutert, wie die Digitalisierung dieses Prozesses bestehende Mängel behebt, um die Effizienz deutlich zu verbessern und diese wichtige Funktion von einer Last in einen Vorteil umzuwandeln.



Grundlagen der Planung von 3D-Messungen

Verschaffen wir uns zunächst einen Gesamtüberblick über die Situation. Fertigungsunternehmen verwenden **zur Übermittlung der Maßanforderungen** von den Konstruktions- und Fertigungsteams an das 3D-Messteam ein Kommunikationstool namens Prüfplan, d. h. den 3D-Messplan. Dieser Plan enthält Informationen darüber, **was gemessen werden muss und wie es gemessen werden soll**. Er enthält normalerweise:

- Konstruktionsanforderungen, wie z. B. Form- und Lagetoleranzen (F<), Standardmaße und benutzerdefinierte Maße;
- Fertigungsanforderungen, einschließlich Positionen der Merkmale sowie Flächen- und Kantenabweichungen;
- Verweise auf 3D-Geometrien oder spezifische Definitionen von Messobjekten;
- Zusätzliche Attribute zur Unterstützung interner Prozesse, wie z. B. Maßnummerierung, Klassifizierung der Wichtigkeit und Informationen zur Rückverfolgbarkeit.



Das Ballooning “(die Praxis, bestimmte Merkmale in technischen Zeichnungen oder Prüfberichten zu kennzeichnen)” wird häufig verwendet, um jeder wichtigen Information eine eindeutige numerische Kennung zuzuweisen, um die Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten und die Kommunikation zu erleichtern.

Unternehmen unterscheiden sich in der Art und Weise, wie der 3D-Messplan zusammengestellt wird, sowie dem Grad an Benutzerfreundlichkeit für die nachgelagerten Teams.

Darüber hinaus können der Zeit- und Arbeitsaufwand, der für die Integration, Kommunikation und Anwendung einer neuen Konstruktionsänderung durch die Fertigungs- und Qualitätskontrollteams erforderlich ist, zwischen Unternehmen erheblich variieren.

List of Characteristics

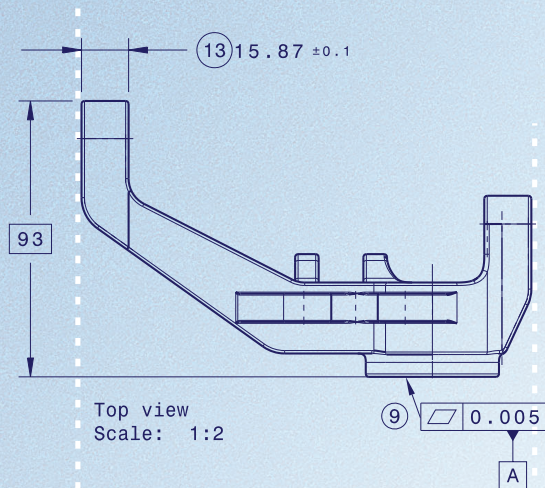
Work ViewFilter characteristics

Char No.	Char Name	Control	Model Views	Criticality Level	Criticality Category	Verification Plan Requirement	Flag Note	Engineering and Inspection Flag Notes
1	Linear Dimension (20)	15.09 ±0.10	TOP VIEW, ISO			D:SCAN:100%		
2	Feature Control Frame (89)	0.100 A B C	TOP VIEW, ISO	CRITICAL	P,Q	D:SCAN:100%		
3	Linear Dimension (21)	15.88 ±0.10	TOP VIEW, ISO			D:SCAN:100%		
4	Feature Control Frame (102)	0.005	Left, ISO	KEY			1a	Avoid clamping on datum geometry
	Datum Feature Symbol A (103)	A	Left, ISO					
5	Radial Dimension (99)	34.92 ±0.10	Left, ISO	KEY		D:SCAN:100%		
6	Feature Control Frame (100)	0.005 A	Left, ISO	KEY		D:SCAN:100%	1a	Avoid clamping on datum geometry
	Datum Feature Symbol B (101)	B	Left, ISO					
7	Radial Dimension (94)	2X 7.94 ±0.25	Left, ISO	KEY		D:SCAN:100%	1a	Avoid clamping on datum geometry
8	Feature Control Frame (95)	0.200 A B	Left, ISO	KEY		D:SCAN:100%		
	Datum Feature Symbol C (96)	C	Left, ISO					

OKApply

Planung der 3D-Messungen mit 2D-Zeichnungen

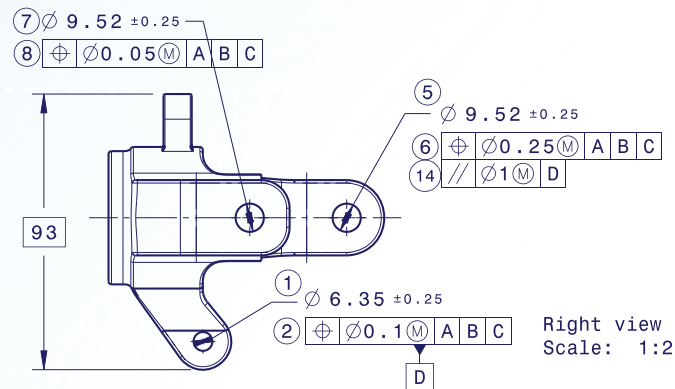
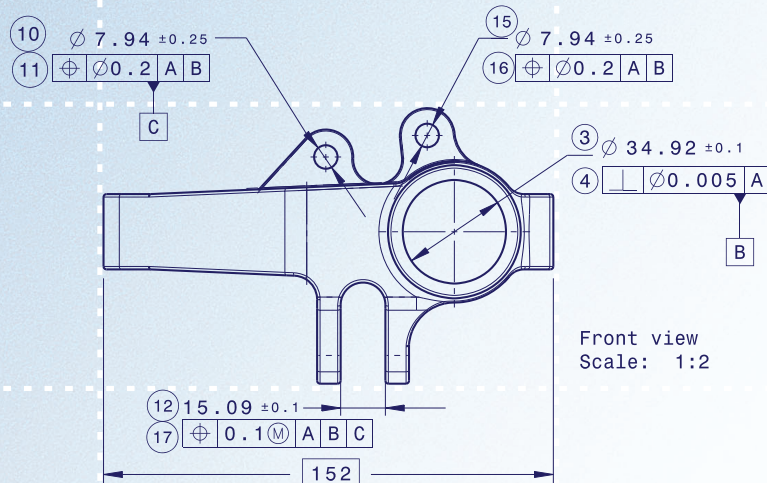
Vollständige Beschreibung der Konstruktions- und Fertigungsanforderungen zu einer Zeit, als digitale Prozesse noch nicht verfügbar waren



Viele Fertigungsunternehmen verwenden 2D-Zeichnungen, um ihren 3D-Messinspektionsteams **dreidimensionale Anforderungen** zu übermitteln. 2D-Zeichnungen werden auch häufig zur Erstellung von rechtlichen Unterlagen verwendet. Sie bestehen aus einer Reihe von 2D-Ansichten, die aus dem 3D-Modell eines Teils erstellt wurden, und enthalten in jeder Ansicht die Maßanforderungen des Bauteils.

Mit diesen 2D-Zeichnungen werden **Konstruktionsanforderungen** wie F< und Maße mithilfe grafischer Elemente wie Text, Symbole, Abstände und Winkel dargestellt. Diese grafischen Elemente werden an bestimmten Stellen auf dem Modell des Bauteils angebracht, um anzuzeigen, wo Messungen durchgeführt werden sollen. Zusätzliche Attribute werden oft als Notizen ergänzt.

2D-Zeichnungen enthalten auch **Fertigungsanforderungen**. Beispielsweise liefern X-, Y- und Z-Symbole Koordinaten für einzelne Merkmalsanforderungen. Mithilfe von Tabellen mit 3D-Koordinatenlisten kann man außerdem erkennen, wo Punktabweichungen für Korrekturen erforderlich sind.

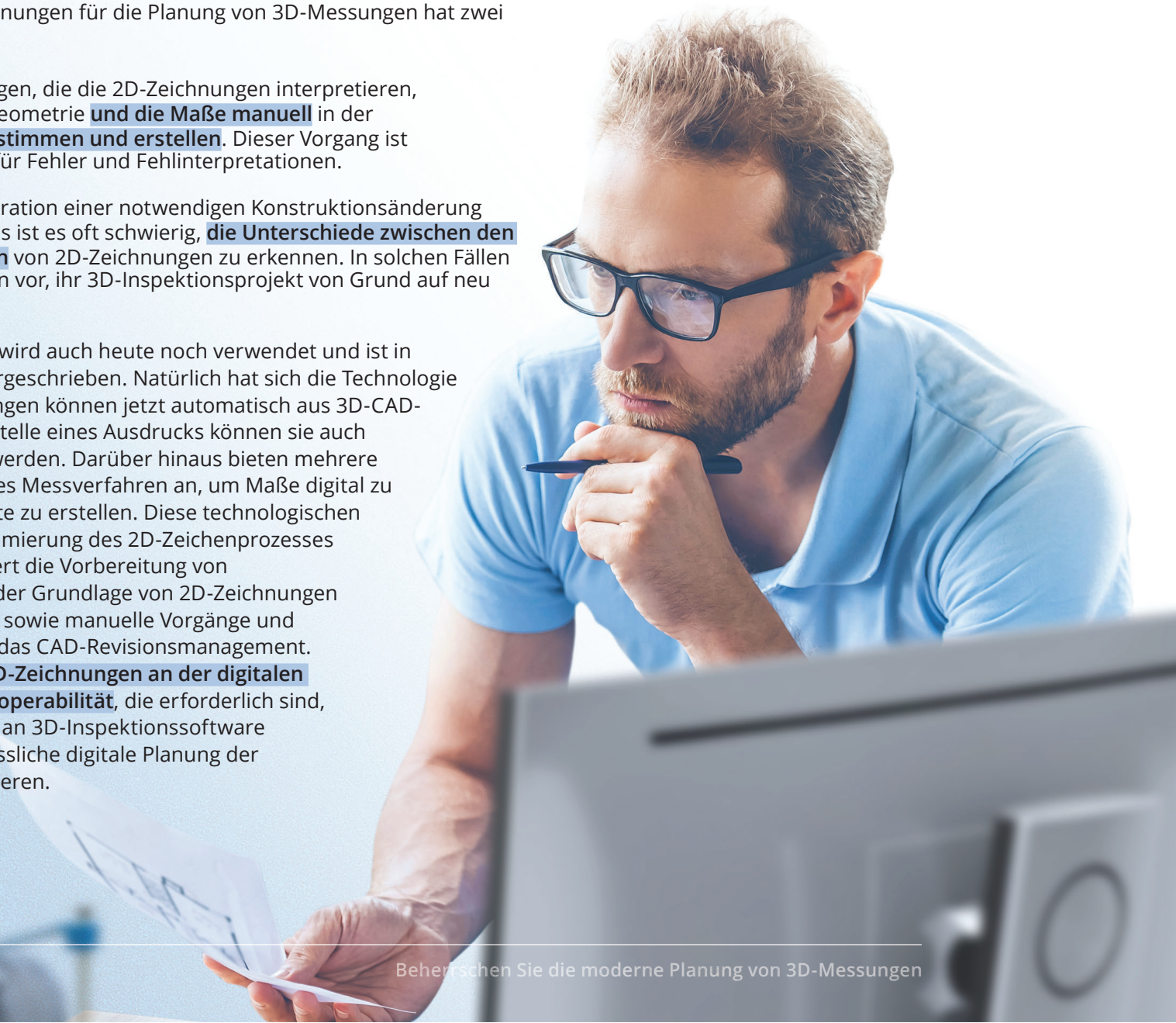


Sobald die 3D-Messteams 2D-Zeichnungen erhalten, öffnen sie ihre 3D-Inspektionssoftware, **lesen und interpretieren jede 2D-Zeichnung** und erstellen dann die Objekte und Maße, die gemessen werden sollen. Die ersten 2D-Zeichnungen wurden auf großen Papierbögen oft im Maßstab 1:1 gedruckt. Messspezialisten verwendeten Prüfstempel, um Stichproben zu erstellen und nummerierten jedes gemessene Maß manuell.

Die Verwendung von 2D-Zeichnungen für die Planung von 3D-Messungen hat zwei große Nachteile:

- Spezialisten für 3D-Messungen, die die 2D-Zeichnungen interpretieren, müssen die zu messende Geometrie **und die Maße manuell** in der 3D-Inspektionssoftware **bestimmen und erstellen**. Dieser Vorgang ist zeitaufwändig und anfällig für Fehler und Fehlinterpretationen.
- Darüber hinaus ist die Integration einer notwendigen Konstruktionsänderung mühsam. Für 3D-Messteams ist es oft schwierig, **die Unterschiede zwischen den neuen und alten Revisionen** von 2D-Zeichnungen zu erkennen. In solchen Fällen ziehen sie es im Allgemeinen vor, ihr 3D-Inspektionsprojekt von Grund auf neu zu erstellen.

Das 2D-Zeichnungsverfahren wird auch heute noch verwendet und ist in vielen Branchen gesetzlich vorgeschrieben. Natürlich hat sich die Technologie weiterentwickelt. 2D-Zeichnungen können jetzt automatisch aus 3D-CAD-Modellen erstellt werden. Anstelle eines Ausdrucks können sie auch als PDF-Dateien gespeichert werden. Darüber hinaus bieten mehrere Softwarelösungen ein virtuelles Messverfahren an, um Maße digital zu nummerieren und Prüfberichte zu erstellen. Diese technologischen Entwicklungen haben zur Optimierung des 2D-Zeichenprozesses beigetragen. Dennoch erfordert die Vorbereitung von 3D-Inspektionsprojekten auf der Grundlage von 2D-Zeichnungen nach wie vor Interpretationen sowie manuelle Vorgänge und bietet keine Erleichterung für das CAD-Revisionsmanagement. Darüber hinaus **mangelt es 2D-Zeichnungen an der digitalen Rückverfolgbarkeit und Interoperabilität**, die erforderlich sind, um technische Informationen an 3D-Inspektionssoftware zu übermitteln und eine verlässliche digitale Planung der 3D-Messungen zu implementieren.



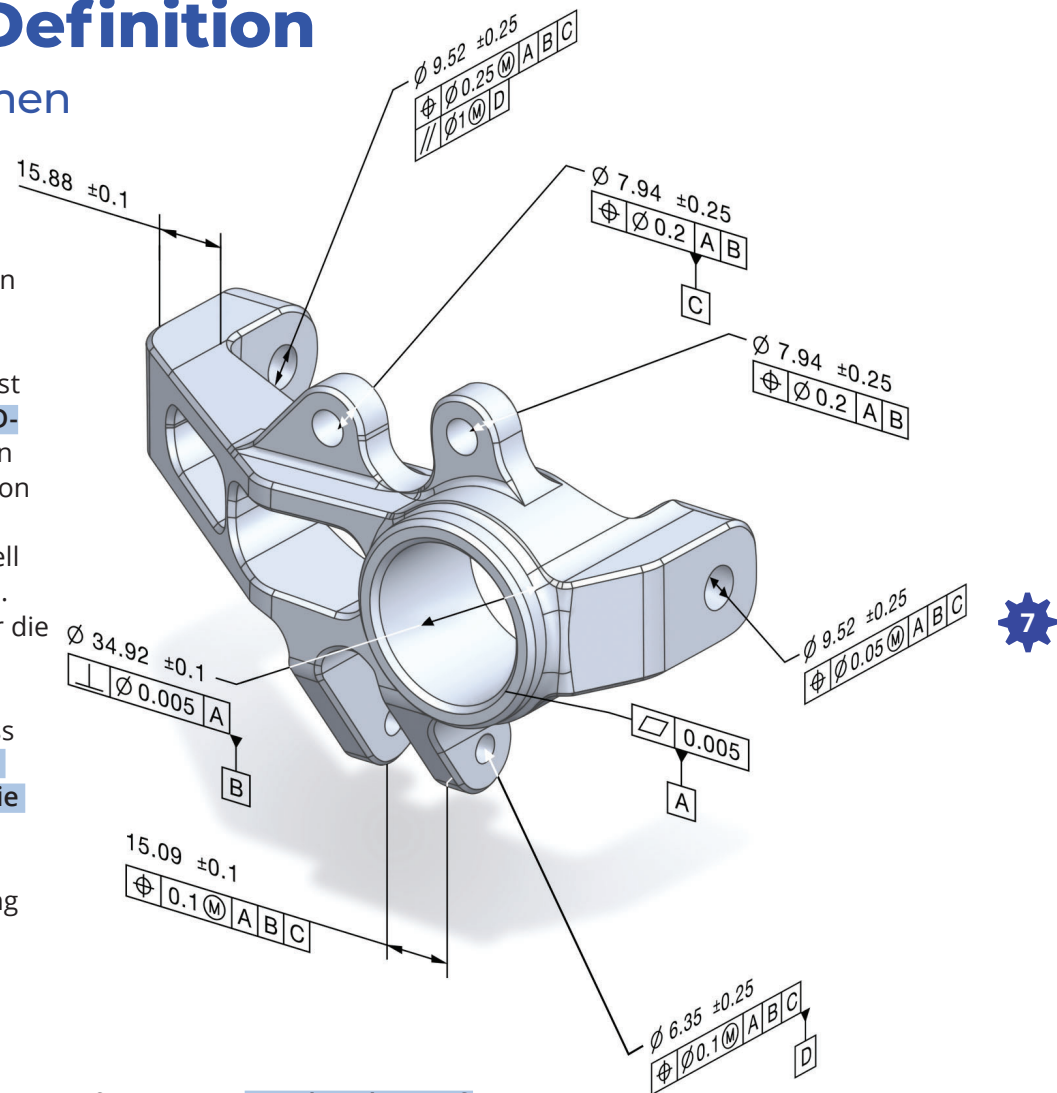


Eine fortschrittliche Lösung für einen vollständig digitalen Workflow

Modellbasierte Definition (MBD) ist ein neuer Ansatz zur Erstellung von 3D-CAD-Modellen. Es soll sichergestellt werden, dass diese Modelle effektiv alle technischen Daten enthalten, die zur Definition von Form, Passgenauigkeit und Funktion eines Produkts, während seines gesamten Lebenszyklus, erforderlich sind. Das Herzstück von MBD ist ein **digital erstelltes 3D-CAD-Modell, das nativ in der CAD-Software** enthalten ist und 3D-Geometrien, Informationen zur Produktherstellung (Product Manufacturing Information – PMI), Metadaten und andere Konstruktions- oder Fertigungsdaten enthält. Mit MBD wird das 3D-CAD-Modell **zur einzigen Quelle der Informationen** für alle Beteiligten. Innerhalb des Unternehmens werden 2D-Zeichnungen für die Übermittlung von technischen Daten überflüssig.

Der große Vorteil der MBD-Technologie besteht darin, dass **Produktspezifikationen bei Änderungen am CAD-Modell automatisch aktualisiert** werden können, sobald sie an **die CAD-Geometrie gebunden sind**. Dies bedeutet, dass alle Inhalte eines 3D-Messplans immer mit den CAD-Daten in der CAD-Software synchronisiert sind und die Verwendung der 3D-Messpläne durch die 3D-Inspektionssoftware automatisiert werden kann. Das spart Zeit und schließt menschliche Fehler aus. Obwohl dieser Ansatz sehr vielversprechend ist, gibt es einige Stolpersteine.

Informationen zur Produktherstellung (Product Manufacturing Information – PMI) beruhen auf einer nativen CAD-Softwaretechnologie, die im Rahmen des MBD-Ansatzes zur Übertragung der Konstruktionsanforderungen für die Herstellung von Produktkomponenten und -baugruppen an das Fertigungsteam verwendet wird. Mit PMI kann das Engineering Konstruktionsanforderungen wie 3D-Maße, F<, Oberflächenbeschaffenheit, Stücklisten und andere Hinweise erstellen und diese Anforderungen der entsprechenden 3D-CAD-Geometrie zuordnen.



Dank der direkten Verbindung zwischen Maßanforderungen und 3D-Modellgeometrie, die bestimmte Funktionen von 2D-Zeichnungen digital abbildet, ermöglicht die PMI-Technologie den **Import von CAD-basierten Bauteilemodellen und die automatische Erstellung von Objekten und Maßen** die zu messen sind. Dadurch wird die Anzahl der erforderlichen manuellen Vorgänge reduziert und die Notwendigkeit der Interpretation von 2D-Zeichnungen entfällt.



Da die **PMI-Technologie** jedoch **nicht alle Anforderungen** für 3D-Messanwendungen erfüllen kann, lassen sich bei der Verwendung zur Messplanung drei wesentliche Einschränkungen feststellen:

→ Viele Arten von Anforderungen, die routinemäßig für die Maßanalyse in der Fertigung benötigt werden, können nicht mit dem nativen PMI-Dimensions-Toolset definiert werden und müssen in einer 3D-Inspektionssoftware erstellt werden. Beispiele:

- Oberflächen- und Kantenabweichungen an bestimmten Positionen;
- Sondermaße, beispielsweise bei Turbinenschaufeln;
- Maße an Konstruktionsgeometrien, d. h. mit geometrischen Messabhängigkeiten;
- Maße, die an bestimmte Koordinatensysteme gebunden sind.



→ Während PMI für die Digitalisierung der Erstellung erster 3D-Messpläne sinnvoll eingesetzt wird, bleibt das Änderungsmanagement ineffizient. PMI wird in der CAD-Software automatisch aktualisiert, sobald sich die CAD-Modellgeometrie verändert. Allerdings kann die 3D-Inspektionssoftware nicht automatisch herausfinden, was sich beim Importieren einer neuen CAD-Modellrevision geändert hat. Das führt dazu, dass viele Kunden ihr 3D-Inspektionsprojekt von Grund auf neu erstellen.

→ PMI, einschließlich prozessinterner Anforderungen, Regeln und anderer zusätzlicher Daten, können von der 3D-Inspektionssoftware nicht problemlos interpretiert werden und erfordern manuelles Eingreifen, um wie vorgesehen übersetzt zu werden.

Aufgrund dieser Einschränkungen kann die 3D-Inspektionssoftware aus aktuellen **MBD-CAD-Modellen nur partielle 3D-Messpläne abrufen**, was eine weitere manuelle Bearbeitung durch das Qualitätskontrollteam erfordert. Diese Aufgabe ist sehr mühsam und beeinträchtigt zudem auch Messplanungsprozesse auf der Grundlage von 2D-Zeichnungen.

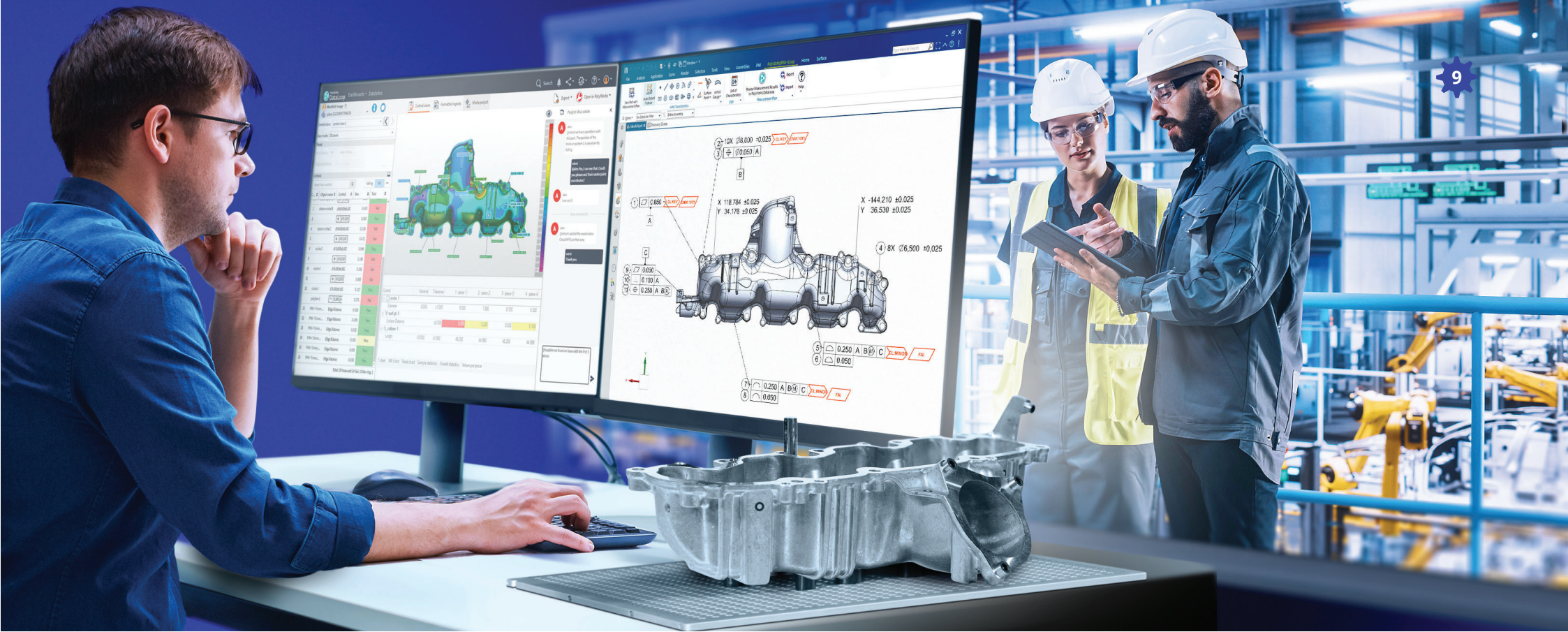
Durch die Automatisierung von Designanforderungen verbessert die **PMI-Technologie der CAD-Software die Geschwindigkeit beim Erstellen der ersten Revision** eines 3D-Inspektionsprojekts. Für eine digitale Planung der 3D-Messungen, die 2D-Zeichnungslösungen ersetzen kann, fehlen allerdings noch immer wichtige technologische Grundlagen.

MBD ist vielversprechend wenn es darum geht, dem gesamten Unternehmen umfassende 3D-Modelle zur Verfügung zu stellen und die zunehmende Komplexität der Systeme mit semantischer Interoperabilität zu bewältigen. Können die aktuellen Einschränkungen überwunden werden?

Modellbasierte-Definitions-Lösung, zugeschnitten auf die Planung der 3D-Messung

Die moderne Lösung zur Definition aller Anforderungen an Fertigungs- und prozessbegleitenden 3D-Prüfung direkt in der CAD-Software mit durchgängiger digitaler Rückverfolgbarkeit

InnovMetric hat die **PolyWorks® MBD-Lösung** entwickelt, um die erforderlichen Technologien für die Digitalisierung des gesamten Planungsprozesses der 3D-Messungen bereitzustellen: von der Erstellung CAD-basierter 3D-Messpläne, die **alle Maßanforderungen integrieren**, bis hin zur **Automatisierung der Verwendung von MBD-CAD-Modellen** mit den zugehörigen 3D-Messplänen durch 3D-Inspektionssoftware.





Um die Schwächen der PMI-Technologie und die Einschränkungen der digitalen Rückverfolgbarkeit des MBD-Ansatzes zu beheben, bietet InnovMetric **PolyWorks Add-Ins für CAD-Plattformen** an, um vollständige **3D-Messpläne zu definieren, die mit der CAD-Geometrie assoziiert sind**, und **um CAD-Modelle mit digitaler Rückverfolgbarkeit anzureichern**, was den Benutzern folgende Möglichkeiten gibt:



- Erstellen Sie spezielle Maßanforderungen und binden Sie diese an verschiedene Koordinatensysteme
- Definieren Sie PMI auf konstruktionsbasierten Geometrien
- Überprüfen, ordnen und ergänzen Sie Merkmalslisten mit Prozess- und Prüfanforderungen
- Aktualisieren Sie 3D-Messpläne automatisch in der 3D-Inspektionssoftware

Bei der Einführung des MBD-basierten **Workflows zur Planung der digitalen 3D-Messung** von PolyWorks für Ihre Konstruktions-, Fertigungs- und Qualitätskontrollteams gibt es folgende Aspekte, die besonders bemerkenswert sind:

- Da **alle von der PolyWorks MBD-Lösung definierten Anforderungen mithilfe der nativen CAD-PMI-Technologie** erstellt werden, können 3D-Messpläne in jedem CAD/PLM-Viewer überprüft, in neutralen Dateiformaten freigegeben und von CAD/CAM-basierten nachgelagerten Anwendungen digital genutzt werden.
- Die digitale Rückverfolgbarkeit ist in die Maßanforderungen und das CAD-Modell integriert, **wodurch die Aktualisierbarkeit von 3D-Messplänen in der 3D-Inspektionssoftware gewährleistet** ist und die Verfolgung der 3D-Inspektionsprojekte, die aus einem bestimmten CAD-Modell und 3D-Messplan erstellt wurden, möglich wird.
- CAD- und PLM-Anwender können jetzt **mit einem einzigen Klick auf die 3D-Messdaten und den digitalen Zwilling** sowie auf die Messergebnisse jedes Bauteils zugreifen. Diese Rückkopplungsschleife schafft einen neuen und produktiven Ausgangspunkt für nachfolgende Konstruktionsbemühungen.

→ Profitieren Sie vom Beginn einer neuen Ära

Die Beherrschung der modernen Planung von 3D-Messungen und die Erstellung eines umfassenden digitalen 3D-Messplans sind entscheidende Faktoren, die dazu beitragen, die Produktivität und **digitale Interoperabilität zwischen Ihren Konstruktions-, Fertigungs- und Qualitätskontrollteams** zu verbessern.

Wir sind davon überzeugt, dass die Einführung eines Workflows zur digitalen Planung der 3D-Messung ein wesentlicher Bestandteil auf dem Weg zur digitalen Transformation jedes Fertigungsunternehmens sein sollte. Wechseln Sie von einem halbautomatischen, halb manuellen Ansatz zu einem vollständig integrierten digitalen 3D-Messplan, **der Zeitverschwendung und Ungenauigkeiten bei der Datenübertragung eliminiert**. Mit der MBD-basierten digitalen Planung der 3D-Messungen von PolyWorks hat eine neue Ära der digitalen Interoperabilität zwischen CAD-Software und 3D-Inspektionssoftware begonnen. Datensilos werden von Anfang an überflüssig, wodurch die Grundlage für verbesserte Produktivität und Präzision geschaffen wird.

Die Gewährleistung der Effizienz und der Ergebnisse aus der 3D-Messplanung ist jetzt nicht länger ein nachträglicher Schritt oder eine Last.

Die umfassende digitale Planung der 3D-Messungen ist jetzt für führende CAD-Plattformen verfügbar. Profitieren Sie in Ihrem gesamten Unternehmen von diesem zukunftsorientierten Denken und den **echten Produktivitätsvorteilen** und **kontaktieren Sie uns noch heute**.





Für weitere Informationen

Besuchen Sie unsere Website: www.innovmetric.com/de