



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für metalltechnische Berufe

Roller

Buck Pröm Rödter Wintgens

Fachkunde Modellbau

Technologie des Modell- und Formenbaus

7., überarbeitete und erweiterte Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorfer Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 1244X

Autoren:

Roller, Rolf	Dipl.-Ing.(FH), Oberstudienrat	Heidenheim
Buck, Volkmar	Dipl.-Ing.(FH), Oberstudienrat	Heidenheim
Pröm, Manfred	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Stuttgart
Rödter, Hans	Dipl.-Ing., Gießereiberatungsingenieur	Heidenheim
Wintgens, Rudolf	Dipl.-Ing., Gießereikunde	Schopfheim

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:
Volkmar Buck

Bildentwürfe: Autoren

Fotos: siehe Bild und Textquellenverzeichnis Kapitel 10.2

Bildbearbeitung: Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

7. Auflage 2017

Druck 5 4 3 2 1

ISBN 978-3-8085-1370-5

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2017 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Volvo Car Germany GmbH, Köln, und RAMPF Tooling Solutions GmbH & Co. KG, Grafenberg

Druck: M. P. Media-Print Informationstechnologie GmbH, 33100 Paderborn

Vorwort zur 7. Auflage

Das seit über 30 Jahren eingeführte Standardwerk für den Modellbau wurde durch den Verlag Europa-Lehrmittel übernommen und erschien im Sommer 2003 erstmals vollständig überarbeitet im vierfarbigen Layout als 4. Auflage.

Das vorliegende Buch berücksichtigt die Ausbildungsverordnung und den Rahmenlehrplan des Ausbildungsberufes *Technischer Modellbauer/Technische Modellbauerin*. Die Neuordnung des Berufes wurde einerseits in den Zuordnungen der Lernfelder sowie in neuen Teilkapiteln wie Karosseriemodellbau, rechnerunterstützte Verfahren, Lehrenbau und Werkstoffkunde berücksichtigt. Auf eine Gliederung der Inhalte nach Lernfeldern wurde verzichtet. Aus methodischen Gründen wurde die Technische Kommunikation den jeweiligen Grundlagen und Fachkapiteln zugeordnet.

Die Additiven Fertigungsverfahren wurden in **dieser Auflage** überarbeitet. Ebenso wurden die C-Techniken mit CAD, CAM und CAQ auf den aktuellen Stand gebracht. Eine beiliegende CD enthält Prüfungsfragen mit Lösungsvorschlägen und Videos mit Verfahrensschritten für die Additive Fertigung sowie Abbildungen und technische Illustrationen.

Wie bereits bei den vorangegangenen Auflagen dient das Fachbuch nicht nur als Standardwerk für die Ausbildung des Technischen Modellbauers und der Technischen Modellbauerin, sondern wird auch in Meisterschulen, Techniker- und Hochschulen sowie in der Praxis benutzt. Der Inhalt des Buches, der aus diesem Grunde bereits über den Rahmenlehrplan der Schulen hinausgeht, hat jedoch aus finanziellen Gründen seine Begrenzung. Trotzdem sind wir für Anregungen bezüglich der nächsten Auflage an lektorat@europa-lehrmittel.de dankbar.

Durch die neuerliche Unterstützung einiger Unternehmen des Modell- und Formenbaus konnte erreicht werden, dass auch weiterhin ein Fachbuch für diese Branche zur Verfügung steht.

Diese Sponsoren stellen im Kapitel 10 ihren Bereich des Modell- und Formenbaus vor.

1 Einführung

7...12

2 Grundlagen

13...86

3 Fertigung von Modelleinrichtungen

87...128

4 Rechnerunterstützte Verfahren

129...155

5 Additive Fertigungsverfahren

156...168

6 Karosseriemodellbau

169...206

7 Formenbau

207...240

8 Gießereimodellbau

241...404

9 Werkstoffkunde

405...447

10 Sponsoren

448...465

Zuordnung der Lernfelder nach Inhalten

Die Gliederung der Inhalte wurde auf den Rahmenlehrplan des Ausbildungsberufes Technischer Modellbauer/Technische Modellbauerin für den berufsbezogenen Unterricht der Berufsschule abgestimmt. Die ersten beiden Ausbildungsjahre werden für die Basisqualifikationen des Technischen Modellbaus verwendet. In den Lernfeldern 1 bis 10 sind daher die Ausbildungsinhalte für alle Fachrichtungen gleich. Die Ausbildung erfolgt ab dem dritten Ausbildungsjahr in den Fachrichtungen **Anschauung – TMB-A –**, **Gießerei – TMB-G –** sowie **Karosserie und Produktion – TMB-K+P –**, da in den verschiedenen Fachrichtungen ganz unterschiedliche Produkte hergestellt werden.

Auf eine handlungsorientierte Darstellung mit Informationsphase, Planung, Entscheidung, Ausführung, Anwendungsphase und Bewertung wurde in dem Standardwerk verzichtet, um dies offenzuhalten. Die Zuordnung der Lernfelder wurde auf die wesentlichen Inhalte beschränkt.

Kapitel des Fachbuches		Ausbildungsjahr Zuordnung der Lernfelder				
		1.	2.	3. + 4. TMB-A	3. + 4. TMB-G	3. + 4. TMB-K+P
1	Einführung			11/16		
2	Grundlagen	1	6/9/10			
3	Fertigung von Modelleinrichtungen	2	7			
4	Rechnerunterstützte Verfahren			13/14/15	13/15	12/14/16
5	Rapid Prototyping		8			
6	Karosseriemodellbau					11/13/15
7	Formenbau	3			14	
8	Gießereimodellbau	3/4	7		11/12/16	
9	Werkstoffkunde	5		12		

1 Einführung

1.1	Geschichte	7
1.2	Gießereimodellbau	8
1.3	Formenbau	8
1.4	Karosseriemodellbau	9
1.5	Anschauungsmodellbau	10

2 Grundlagen

2.1	Einführung	13
2.2	Spanende Bearbeitung	14
2.2.1	Keil als Werkzeugschneide	14
2.2.2	Winkel an der Werkzeugschneide	14
2.3	Holzbearbeitungswerkzeuge	15
2.3.1	Hobel	15
2.3.2	Beitel	18
2.3.3	Handsägen	19
2.3.4	Werkzeuge zum Bohren	21
2.3.5	Feilen und Raspeln	22
2.4	Metallbearbeitungswerkzeuge	24
2.4.1	Meißel	24
2.4.2	Sägen	24
2.4.3	Spiralbohrer	25
2.4.4	Senker	26
2.4.5	Reibahle	26
2.4.6	Gewindeschneidwerkzeuge	27
2.5	Maschinen	28
2.5.1	Holzbearbeitungsmaschinen	29
2.5.1.1	Kreissägemaschinen	30
2.5.1.2	Bandsägemaschinen	35
2.5.1.3	Hobelmaschinen	39
2.5.2	Modellbaumaschinen	45
2.5.2.1	Fräsmaschinen	45
2.5.2.2	Drehmaschinen	49
2.5.2.3	Schleifmaschinen	55
2.5.2.4	Bohrmaschinen	60
2.6	Mess- und Anreißtechnik	61
2.6.1	Prüfen	61
2.6.2	Messmethoden	61
2.6.3	Prüfmittel	62
2.6.4	Anreißtechnik	66
2.7	Fügeverfahren	69
2.7.1	Einteilung	69
2.7.2	Gewinde	69
2.7.3	Stiftverbindungen	70
2.7.4	Löten und Schweißen	71
2.8	Elektrotechnik	73
2.8.1	Allgemeines	73
2.8.2	Stromkreis	74
2.8.3	Stromarten	76
2.8.4	Spannungserzeugung	76
2.8.5	Elektrische Unfälle	77
2.9	Steuerungstechnik	79
2.9.1	Steuern und Regeln	79
2.9.2	Pneumatik	80
2.9.3	Hydraulik	85

3 Fertigung von Modelleinrichtungen

3.1	Holzmodelle	87
3.1.1	Holzverbindungen	87
3.1.2	Anwendungen	96
3.2	Kunstharzmodelle	107
3.2.1	Allgemeines	107
3.2.2	Vorarbeiten	108
3.2.3	Verfahren mit Gegenformen	111

3.2.4	Verfahren ohne Gegenformen	122
3.2.5	Unfallverhütung	123
3.2.6	Mischungsverhältnisse	123
3.2.7	Kurzzeichen	123
3.3	Schaumstoffmodelle	125
3.3.1	Trennverfahren	125
3.3.2	Zerspanungsverfahren	126
3.3.3	Kleben	128

4 Rechnerunterstützte Verfahren

4.1	Allgemeines	129
4.2	CAD	132
4.3	CNC-Fräsmaschinen	134
4.3.1	Vorteile	134
4.3.2	Aufbau	134
4.3.3	Koordinatensysteme	135
4.3.4	Numerische Steuerungen	135
4.3.5	Programmieren	136
4.3.6	Bildzeichen	136
4.3.7	Bemaßungssysteme	137
4.3.8	Bezugs- und Nullpunkte	137
4.3.9	Arbeitsmöglichkeiten	138
4.3.10	Vermessen von Werkzeugen	139
4.3.11	Programmbeispiele	140
4.3.12	5-/3-Achsfräsen	141
4.3.13	CNC-Werkzeugfräsmaschine	142
4.3.14	HSC-Fräsmaschinen	143
4.3.15	Schichtfräsmaschine	144
4.4	Erodiermaschinen	146
4.4.1	Anwendung	146
4.4.2	Wirkungsweise	146
4.4.3	Maschinenaufbau	146
4.4.4	Erodiervverfahren	147
4.4.5	Elektrodenherstellung	147
4.4.6	Programmierung	148
4.5	Rechnerunterstützte Messverfahren	149
4.5.1	Messmaschinen	149
4.5.2	Messsysteme	150
4.5.3	Messen von Regelgeometrien	151
4.5.4	Messen von Freiformflächen	152
4.5.5	Flächenhafte 3-D-Messtechnik	153
4.6	Wiederholungsfragen	155

5 Additive Fertigungsverfahren

5.1	Grundlagen	156
5.2	Erzeugung der Schichtebenen	157
5.3	Fertigungsverfahren	158
5.3.1	Prototypenarten	158
5.3.2	Übersicht der Fertigungsverfahren	158
5.3.3	Stereolithographie	159
5.3.4	Laser-Sintern	160
5.3.5	3-D-Printing	161
5.3.6	3-D-Druckverfahren	162
5.3.7	3-D-Druckverfahren	163
5.3.8	FDM-Verfahren	165
5.3.9	LOM-Verfahren	166
5.3.10	3-D-Keltool-Verfahren	167
5.3.11	Vakuumgießen	168
5.4	Wiederholungsfragen	168

6 Karosseriemodellbau

6.1	Modellarten	169
6.1.1	Karosseriemodell	169
6.1.2	Designmodell	170

6.1.3	Datenkontrollmodell	171	8.2.1.2	Handmodelle	269
6.1.4	Referenzmodell	171	8.2.1.3	Maschinenformen	279
6.1.5	Cubing	172	8.2.1.4	Modellplatten	298
6.1.6	Funktionscubing	172	8.2.2 mit verlorenem Modell		309
6.1.7	Attrappen	173	8.2.2.1	mit Schaumstoffmodellen	309
6.1.8	Mock-up	173	8.2.2.2	Feingießverfahren	317
6.1.9	Ergonomiemodell	173	8.3 Formen mit Kernen		322
6.1.10	Show-Car	174	8.3.1	Kernarten	322
6.1.11	Erstmuster	174	8.3.2	Kernlagerung	330
6.1.12	Formhilfswerkzeuge	174	8.3.3	Kernmarkenarten	333
6.1.13	Anlagemodell	175	8.3.4	Kernsicherungen	338
6.2 Prüfhilfsmittel		175	8.3.5	Kernherstellung	348
6.2.1	Messaufnahme	175	8.3.6	Kernformwerkzeuge	361
6.2.2	Prüflehren	176	8.3.7	Kernlehren	378
6.2.3	Vorrichtungen	178	8.4 Formstoffe		379
6.3 Prozesskette		179	8.5 Einguss- und Speisertechnik		385
6.3.1	Begriffe	179	8.5.1	Eingusssystem	385
6.3.2	Datenkontrollmodell	179	8.5.2	Speisersysteme	390
6.3.3	Prozessschritte	180	8.6 Normen		394
6.4 Herstellung von Karosseriemodellen		184	8.6.1	Übersicht	394
6.4.1	Aufbaumöglichkeiten	184	8.6.2	Systematik	394
6.4.2	Finish	187	8.6.3	VDG-Merkblätter	395
6.5 Einteilung nach Kontur		188	8.6.4	Übersicht DIN EN 12890	395
6.6 Koordinatensysteme		189	8.6.5	Neue Inhalte	396
6.7 Herstellung der Karosserieteile		190	8.6.6	Güteklassenabhängigkeit	397
6.7.1	vom Karosseriemodell zum Karosserieteil	190	8.6.7	Güteklassen von Kernkästen	397
6.7.2	Fertigung der Karosserie-Blechteile	192	8.6.8	Gütemerkmale	398
6.8 Fachbegriffe nach DIN		197	8.6.9	für Vollformverfahren	402
6.9 Wiederholungsfragen		199	8.6.10	für Feingießen	403
6.10 Technische Kommunikation		200			

7 Formenbau

7.1 Übersicht	207
7.2 Kokillen	208
7.2.1 Verfahren	208
7.2.2 Formwerkzeug Kokille	208
7.2.3 Niederdruck-Kokillengießen	212
7.3 Druckgusswerkzeuge	213
7.3.1 Verfahren	213
7.3.2 Vorteile	213
7.3.3 Druckgießmaschinen	214
7.3.4 Druckgießwerkzeuge	215
Wiederholungsfragen	217
7.4 Spritzgießwerkzeuge	218
7.4.1 Verfahren	218
7.4.2 Spritzgießmaschine	219
7.4.3 Spritzgießwerkzeuge	220
7.5 Formen aus Normalien	232
7.6 Schäumwerkzeuge	235
7.7 Warmumformen	237
7.7.1 Vakuumumformung	237
7.7.2 Hohlkörperblasen	239

8 Gießereimodellbau

8.1 Grundlagen	241
8.1.1 Werdegang	241
8.1.2 Formherstellung	243
8.1.3 Gießereimodelle	244
8.1.4 Farbkennzeichnung	246
8.1.5 Modellzugaben	247
8.1.6 Teilungen	251
8.1.7 Gießereitechnisches Zeichnen	253
8.2 Formtechnik	264
8.2.1 mit Dauermodell	265
8.2.1.1 Handformen	265

9 Werkstoffkunde

9.1 Werkstoff Holz	405
9.1.1 Verwendung im Modellbau	405
9.1.2 Entstehung von Holz	405
9.1.3 Stammquerschnitt	406
9.1.4 Holzschnitte	406
9.1.5 Holzeigenschaften	407
9.1.6 Holz Trocknung	409
9.1.7 Holzqualität	410
9.1.8 Plattenförmige Holzwerkstoffe	412
9.2 Kunststoffe	414
9.2.1 Anwendungsgebiete	414
9.2.2 Vor- und Nachteile	414
9.2.3 Chemie der Kunststoffe	415
9.2.4 Kunststoffherstellung	416
9.2.5 Physikalisches Verhalten	417
9.2.6 Kunstharzsysteme	418
9.2.7 Klebstoffe	419
9.2.8 Modelllacke	422
9.2.9 Spachtel und Kitte	423
9.2.10 Trennmittel	423
9.3 Metalle	424
9.3.1 Grundlagen	424
9.3.2 Normung	425
9.3.3 Stahl	426
9.3.4 Gusseisen	427
9.3.5 Temperguss	431
9.3.6 Schneidstoffe	432
9.3.7 Nichteisenmetalle	435
9.3.8 Gussfehler	440
9.3.9 Werkstoffprüfung	443
9.3.10 Korrosion	446

10 Sponsoren

10.1 Werbeseiten	448
10.2 Bild- und Textquellennachweis	478
10.3 Sachwortverzeichnis	481

4.5.5 Flächenhafte 3-D-Messtechnik

■ Optische 3-D-Koordinatenmesstechnik

Optische 3-D-Koordinatenmesstechnik ermöglicht eine vollflächige Messtechnologie, mit der eine schnelle Bewertung von kompletten und komplexen Bauteiloberflächen (Bild 1) durchführbar wird.

Auf der Basis des Triangulationsprinzips (optische Abstandsmessung) projiziert das System ein Streifenmuster auf die Oberfläche des Objekts und erfasst es mit zwei Kameras. Der Computer berechnet automatisch die 3-D-Koordinaten für jeden Kamerapixel der gescannten Oberfläche mit höchster Genauigkeit, wobei mehrere Millionen Punkte gemessen werden können. Eine Einzelmessung dauert wenige Sekunden und wird automatisch in ein gemeinsames Koordinatensystem überführt. Durch die Kombination aus der Streifenprojektion und dem Stereokamera-System wird während des laufenden Messvorganges jede Einzelmessung permanent auf Kalibrierung, Sensorbewegung und Umgebungsänderung kontrolliert, die die Messungen beeinflussen könnten. Die Oberfläche kann durch Drehen des Bauteils oder das Verschieben des Sensors aus verschiedenen Perspektiven vollständig erfasst und vermessen werden.

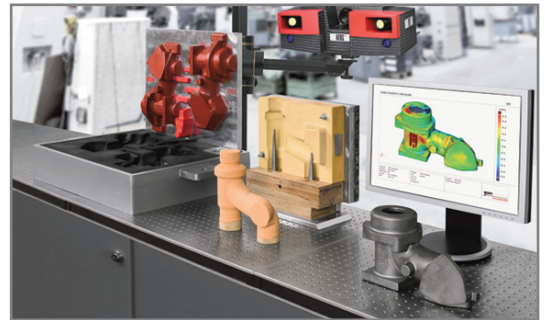


Bild 1: 3-D-Koordinatenmesssystem für die vollflächige Bauteilvermessung (ATOS Triple Scan)

Der gewonnene STL-Datensatz (**S**urface **T**essellation **L**anguage) steht anschließend sofort für weitere Prozesse wie die Qualitätskontrolle, Rapid Manufacturing (Rapid Prototyping, CNC-Fräsen) oder Reverse Engineering bereit.

Eine Modellplatte mit einfacher Geometrie kann in ca. fünfzehn Minuten vollständig digitalisiert und durch eine Inspektionssoftware mit CAD-Daten verglichen werden. Die Bauteilprüfung wird damit wesentlich beschleunigt. Die leichtverständliche farbige Abweichungsgrafik bietet zudem eine bessere Visualisierung und Lokalisierung problematischer Bereiche.

■ Software für 3-D-Daten

Die Software beinhaltet eine Reihe von Funktionen, die speziell auf die Gießereiindustrie abgestimmt sind (Bild 2). Das ermöglicht eine durchgängige Qualitätssicherung ohne den Einsatz zusätzlicher Auswertepakete. Neben der vollflächigen Form- und Dimensionsanalyse und dem Vergleich mit CAD-Modellen beinhaltet die Software die Berechnung von Materialstärken zur Kontrolle von Wanddicken und ausreichender Zugabe für die weitere Bearbeitung.

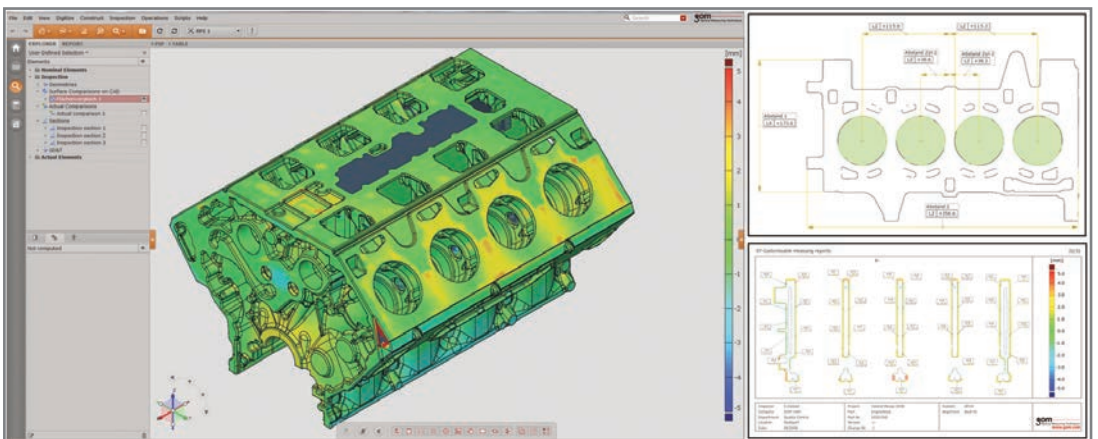


Bild 2: Inspect Professional Software zur Auswertung von 3-D-Daten

Neben der Prüfung der Position und Größe von Regelgeometrien sowie dem Einsatz virtueller Schieblehren stehen Inspektionsschnitte mit Toleranzband ebenso zur Verfügung wie klassische 2-D-Bemaßungswerkzeuge. Das Referenzpunktsystem ermöglicht zudem die Überprüfung von Trennflächen auf Versatz, Passung und Formschluss von Formhälften. Für die Dokumentation und weitere Datenverarbeitung beinhaltet die Software umfangreiche Berichts- und Dokumentationsfunktionen zur Erstellung von Standardprotokollen oder kundenspezifischen 3-D-Messberichten (Bild 1).

Ergebnisse und Abweichungen können in verschiedene Formate wie z.B. Excel, PDF, XML, CSV exportiert werden. Durch den parametrischen Kern der Software gibt es zeitlich keinen Unterschied mehr zwischen einer Einzel- oder Mehrfachauswertung bei wiederkehrenden Messaufgaben.



Bild 1: Einsatz der optischen Messtechnik

■ Kontrolle im gesamten Prozess

Der Einsatz der optischen Messtechnik ist nicht nur zur Prüfung von Gussteilen relevant. Vielmehr steigert die Integration optischer Messsysteme in fast allen Herstellungsstufen die Prozesssicherheit. Sie bietet zudem deutliche Zeit- und Kostenvorteile bei gleichzeitiger Realisierung kurzer Liefertermine und Senkung des Ausschussanteiles. Die optische Messtechnik unterstützt und beschleunigt jedoch fast alle Bereiche vom Modell- und Werkzeugbau, über die Formerei/Kernmacherei bis hin zum Erstmusterbericht und der Optimierung der CNC-Bearbeitung (Bild 2).

So zeigt beispielsweise der Soll-/Ist-Vergleich des Fräsergebnisses an einem Kernformwerkzeug zum CAD-Modell, dass in den Innenradien durch den Fräserradius noch zu viel Restmaterial vorhanden ist. Für den Bearbeiter ist deutlich zu erkennen, welche Kernmarkenbereiche noch kantig nachgearbeitet werden müssen (Bild 2).

Die Messberichte sind einfach zu verstehen und erforderliche Korrekturmaßnahmen erklären sich durch die Farbgebung von selbst. Mehrere seitenstarke Tabellenprüfberichte schrumpfen so auf wenige Bilder und Funktionsmaße zusammen. Das ist ein unschätzbare Vorteil sowohl während der Entwicklung als auch für die Erstmusterung.

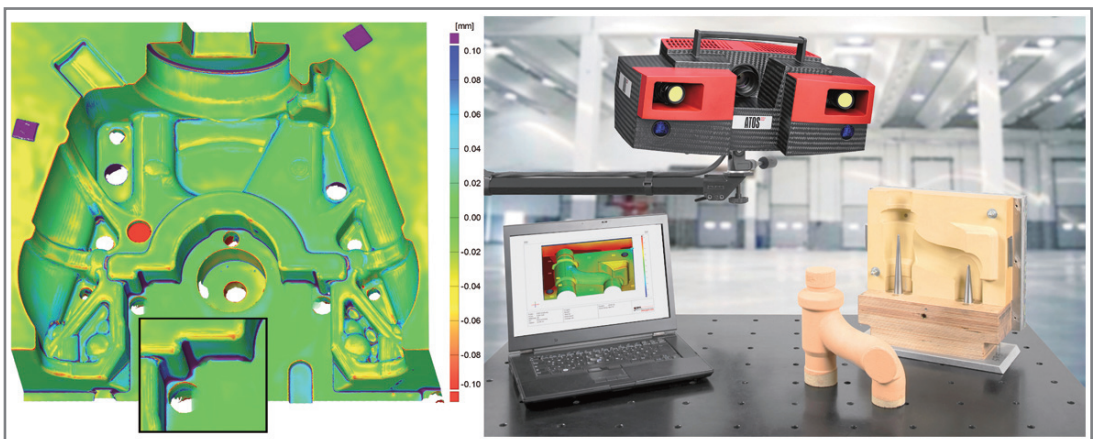


Bild 2: Kontrolle von Fräsergebnissen durch den Soll-/Ist-Vergleich an einem Kernformwerkzeug

6.1.13 Anlagemodell

Früher wurden als Hilfsmittel diejenigen Negativ- und Positivabgüsse bezeichnet, die über das Urmodell hinaus notwendig waren, um die Werkzeuge für die Karosserieherstellung zu fertigen.

Da Kopiermodelle in der Prozesskette überflüssig geworden sind, hat nur noch das **Anlagemodell**, auch **Ziehanlage** genannt, bei den Hilfsmitteln eine Bedeutung (Bild 1). Es stellt als Anschauungsmodell die Arbeitsgänge zur Herstellung eines Karosserieteils dar. Das sind Tiefziehen, Abkanten, Beschneiden, Lochen und Nachformen (Nachschlagen). Ein Anlagenmodell unterscheidet sich geringfügig vom Karosseriemodell, da jeder Arbeitsgang gewisse arbeitstechnische Abweichungen zum Karosseriemodell, wie z.B. beim Ziehen, Zugaben für den Blechhalter, erfordert. Im Anlagenmodell sind gegenüber dem Karosseriemodell bereits diese Abweichungen enthalten.

Nicht zu verwechseln mit einem Anlagenmodell ist das Gießereimodell des Werkzeugs.

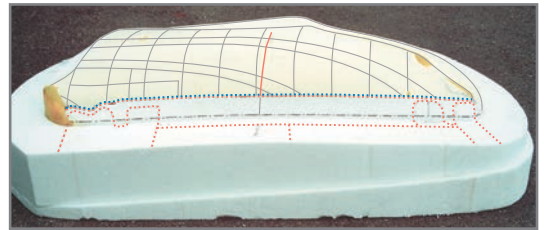


Bild 1: Anlagemodell (Ziehanlage eines Kotflügels)



Bild 2: Konventionelle Prüflahre für Seitenteil

6.2 Prüfhilfsmittel

Bauteile im Karosseriebau prüft man mithilfe von Messaufnahmen und Prüflahren. Durch diese Hilfsmittel wird festgestellt, ob eine bestimmte Länge, Winkel oder Form eines Karosseriebauteils durch die Maß- und Formverkörperung eingehalten wird.

6.2.1 Messaufnahme

Eine Messaufnahme (Bild 3) ist ein Hilfsmittel zur Aufnahme von Bauteilen. Der Grundaufbau erfolgt über eine Grundplatte, meistens eine Aluminiumplatte, und beinhaltet den Basisbezug zum Fahrzeugkoordinatensystem (X/Y/Z) in Form von Basisbuchsen oder Basisflächen. Um ein Werkstück-Koordinatensystem „rechnerische Ausrichtung“ zu erzeugen, muss in drei Achsen eine Festlegung erfolgen. Es wird üblicherweise durch die sogenannte „3-2-1-Ausrichtung“ erreicht.

Auf eine Eigensteifigkeit der Grundplatte muss nicht geachtet werden, da der Einsatz nur auf Messplatten stattfindet. Die Bauteilaufnahme bzw. -ausrichtung erfolgt über vordefinierte RPS-Aufnahmepunkte (Referenzpunktsystem), Bild 4.

Für die Aufnahme müssen mindestens drei Flächenanlagen vorhanden sein, um das Bauteil definiert vor Verdrehung halten zu können.

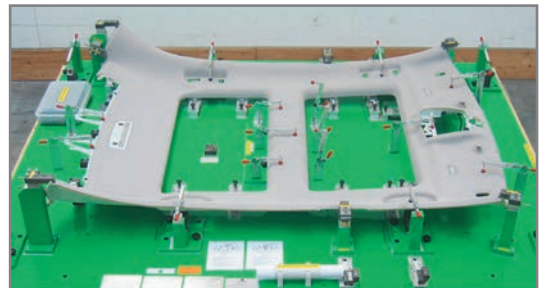


Bild 3: Messaufnahme für eine Dachverkleidung

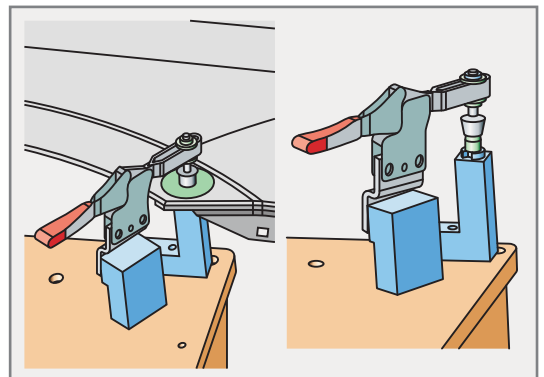


Bild 4: Bauteilaufnahme im RPS-System

6.2.2 Prüflehren

■ Prüflehrenvorrichtungen

dienen vorrangig der schnellen visuellen Prüfung der Lage und des Verlaufs bestimmter Konturen eines Bauteils (Bild 1). Hierzu werden die Bauteile, analog der Messaufnahme, an den festgelegten RPS-Punkten (Referenzpunktsystem) in der Prüfvorrichtung fixiert. Eine maßliche Konturabweichung am Bauteil wird durch Prüfmöglichkeiten wie Lehrenluft (LL), ergänzende Messflächen (EM), Sichtkanten (SK) geprüft.

Bohrungen können mit Prüfdornen auf Form- und Lagetoleranz geprüft werden. Der Durchmesser des Prüfdorns wird in der Regel aus Kleinmaß der Bohrung (Durchmesser abzüglich Toleranz), abzüglich der Lagetoleranz gefertigt und mit der ISO-Passung h7 versehen.

■ Messuhren

In die Prüfvorrichtung (Bild 2) werden Messuhren eingesetzt, die einen definierten, senkrechten Abstand zum Messpunkt haben. Der Messpunkt wird mithilfe von Messuhren ermittelt und die vorhandene Maßabweichung des Messpunktes kann direkt abgelesen werden. Die eingesetzten Messuhren müssen in das Prüfmittelüberwachungssystem aufgenommen werden.

■ Konturschablone

Die Konturschablone stellt das Negativ oder Positiv einer Flächenschnittlinie dar. Der Konturverlauf wird mit einer definierten **Lehrenluft** (ca. 5 mm) versehen. Die Konturschablone (Bild 3) wird durch geeignete Positionierelemente an der Prüflehre befestigt. Durch Abschätzen des optischen Lichtspalts oder Ausspionieren mit Mess-Normalien (Gut-/Schlecht-Bolzen) wird die Kontur geprüft.

Handlehren werden eingesetzt, wenn das darzustellende Bauteil ein Einlegen des Prüflings erschwert bzw. nicht ermöglicht.

Durch den Prüfeinsatz in Ausschnitten kann sowohl der Ausschnitt selber, als auch das Zusammenspiel mit dem angrenzenden Bauteil ermittelt werden (Bild 4). Mit einer Handlehre kann die Lage von Bohrungen und Stiftlöcher zueinander kontrolliert werden, wobei aber mindestens eine Bohrung in der Prüfvorrichtung auf ihre Lage zum Fahrzeugkoordinatennetz geprüft werden muss.

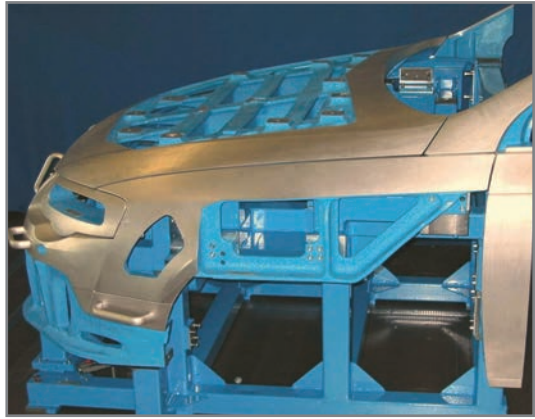


Bild 1: Lehre mit Streifenmodellen

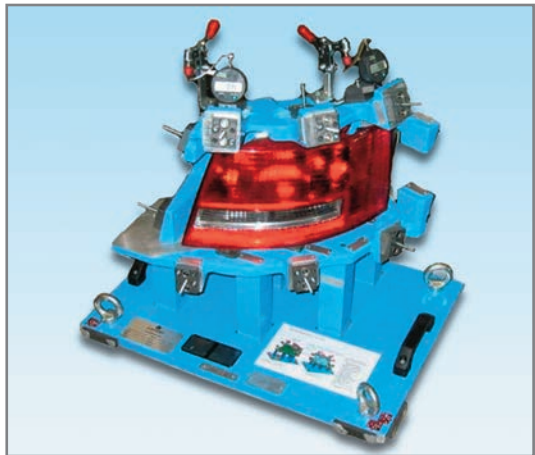


Bild 2: Prüfvorrichtung mit Messuhren

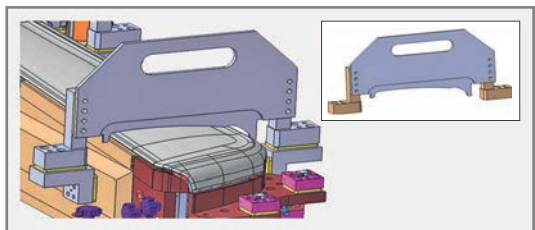


Bild 3: Lehre mit Cubingnachstellung und Konturschablone

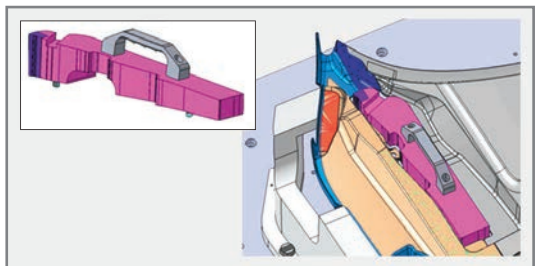


Bild 4: Handlehre

Streifenmodelle sind mindestens 30 mm breite Nennmaßmodelle der Nachbarbauteile im Fugenbereich und werden an der Prüfvorrichtung fixiert. Sie erlauben die visuelle Begutachtung des Fugenspaltes und des Strackübergangs.

Aufbau von Prüflehren

Der Grundaufbau erfolgt über eine eigensteife **Grundplatte** und beinhaltet den Basisbezug zum Fahrzeugkoordinatensystem (X/Y/Z) analog der Messaufnahmen in Form von Basisbuchsen oder Basisflächen inklusive Basisbeschriftung.

Die **Prüfaufbauten** können sowohl aus Aluminiumhalbzeug oder -guss bzw. aus Kunststoffblockmaterial hergestellt werden. Mit **Lehrenluft** (LL) wird der Spalt zwischen Prüfteil und Prüffläche bezeichnet (Bild 1). Je nach Toleranz liegt bei formgenauen Anschlussteilen ein Spaltmaß von ca. 1 mm und bei Zusammenbau-Prüfvorrichtungen (ZB) bis ca. 5 mm vor.

Die **Sichtkante** (SK) ist die Darstellung des Abschlusses einer Bauteilkante am Prüfmittel mithilfe einer senkrecht zum Flansch konstruierten Fläche (Bild 2). Sie wird insbesondere für Beschnittprüfungen oder für große Bohrungen eingesetzt.

Eine **ergänzende Messfläche** (EM) ist der Fortverlauf einer Flächenkontur eines Bauteils als Ebene auf die Prüfvorrichtung. Es kann zwischen drei Arten der ergänzenden Messflächen unterschieden werden (Bild 3):

EM-T (tangential), EM-Netz (parallel zum Koordinatennetz) und EM-TN (tangential und parallel zum Koordinatennetz).

Vorteile

- qualitative, schnelle Aussage
- unabhängig vom Einsatzort
- keine Koordinatenmessmaschine (KMG)
- kein hochqualifiziertes Personal

Nachteile

- keine maßliche Aussage (außer bei Messuhreneinsatz)
- Qualität vom Bedienpersonal abhängig

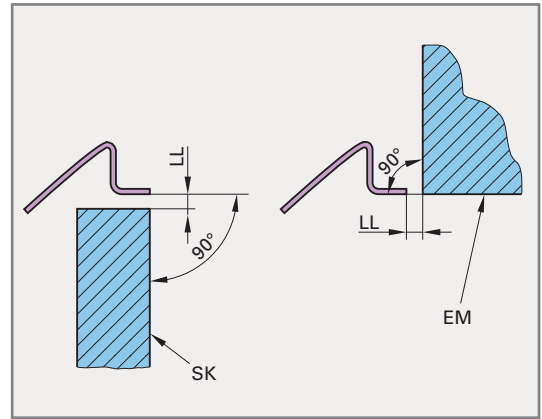


Bild 1: Darstellung der Lehrenluft

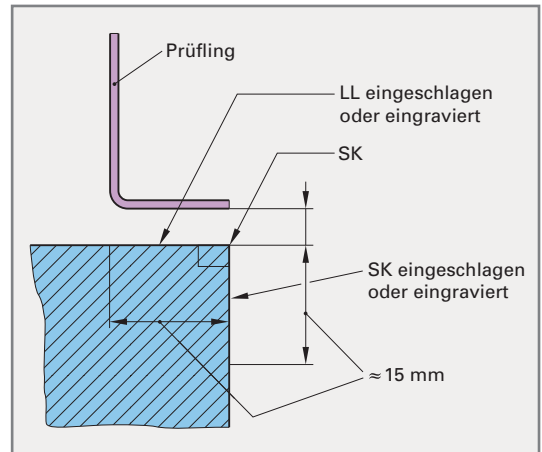


Bild 2: Beschnittprüfung

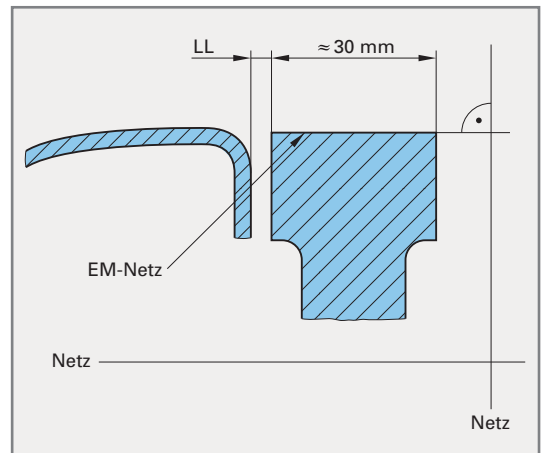


Bild 3: Beschnittprüfung