

Diplomarbeit

Nr. MBP/25/2008

Einflussfaktoren und deren Auswirkung bei der Herstellung von Karosserieaußenteilen im Presswerk

eingereicht im Fachbereich Maschinenbau und Kraftfahrzeugtechnik der
Westsächsischen Hochschule Zwickau zur Erlangung des akademischen
Grades eines

Diplomingenieurs (FH)

vorgelegt von: **cand. ing. Vogel, Sandra** geb. am: **30.11.1980**

**Studiengang Maschinenbau
Studienrichtung Produktionstechnik im Maschinen-
und Fahrzeugbau**

Auftraggeber: **Magnetto Automotive Deutschland GmbH**
Abteilung Methodik Presswerk

Autorenreferat

Diese Diplomarbeit untersucht den Einfluss auf die Bauteilgeometrie, die Bauteilqualität und den Umformprozess, bei einer Änderung von Prozessparametern, für ein ausgewähltes Blechformteil. Nach einem kurzen Überblick über Grundlagen der Umformtechnik insbesondere das Tiefziehen, erfolgt eine ausführliche Analyse des ausgewählten Blechformteils und der Prozesskette. Durch die Identifizierung von einigen sich auf den Umformprozess auswirkenden Prozessparameter, folgen einzelne Versuchsreihen mit einer sich anschließenden ausführlichen Auswertung der Untersuchungsergebnisse. Dabei wird eine mögliche Vorgehensweise zur Bearbeitung der Thematik aufgezeigt und eine Grundlage für die Darstellung der Untersuchungsergebnisse geschaffen. Dies soll ein zielgerichtetes und schnelles Eingreifen in den Herstellungsprozess ermöglichen. Überdies wird für die messtechnische Erfassung des Rückfederungsverhaltens im Bauteil ein neues Messkonzept erarbeitet.

Erklärung zur selbstständigen Anfertigung der Arbeit

Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder sinngemäß aus anderen Quellen übernommene Textstellen, Bilder, Tabellen u. a. sind unter Angabe der Herkunft kenntlich gemacht.

Weiterhin versichere ich, dass diese Arbeit noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt wurde.

Zwickau, den 2. Februar 2009

.....

Sandra Vogel

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	III
TABELLENVERZEICHNIS	V
VERZEICHNIS DER FORMELZEICHEN UND KURZZEICHEN	VI
VERZEICHNIS DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN	VIII
VORWORT	IX
1	EINLEITUNG
	1
2	GRUNDLAGEN UND STAND DER TECHNIK
	2
2.1	Definition der Umformtechnik.....
	2
2.1.1	Einordnung der Umformverfahren
	3
2.1.2	Tiefziehen und Streckziehen
	4
2.2	Werkstoffliche Grundlagen in der Umformtechnik.....
	7
2.2.1	Anisotropie der mechanischen Eigenschaften von Blechen
	9
2.2.2	Der Anisotropiewert r
	10
2.2.3	Zugversuch, Spannungs-Dehnungs-Diagramm
	12
2.2.4	Die Fließkurve
	12
2.2.5	Der n -Wert.....
	13
2.3	Tribologie
	15
2.3.1	Reibung
	16
2.3.1.1	Oberflächentopographie von Blechwerkstoffen
	18
2.3.2	Schmierung
	21
2.4	Tribologische Untersuchungen in der Umformtechnik.....
	22
2.4.1	Veränderung der Topographie von Blechwerkstoffen durch Dressierwalzenverschleiß und die Auswirkung auf das Umformverhalten ...
	22
2.4.2	Modell zur Ermittlung der Reibfunktion im Tiefziehwerkzeug
	23
3	AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE
	24
4	MESSSYSTEM
	26
4.1	Messkonzept.....
	27
4.2	Auswertung der Messergebnisse
	30
5	GEGENSTAND DER UNTERSUCHUNG
	32
5.1	Analyse der Prozesskette
	32

5.2	Blechkennwerte und Prozessparameter in der Ziehpresse.....	37
5.3	Charakterisierung des Versuchsbauteils nach den BMW Group Standards	39
5.4	Darstellung der Bauteilgeometrie in der Serienproduktion.....	41
6	PLANUNG DER PRAKTISCHEN UNTERSUCHUNG.....	45
7	PRAKTISCHE UNTERSUCHUNGEN	48
7.1	Versuch 1: Pressenparameter im Ziehwerkzeug Kraft-Wegumschaltung	48
7.1.1	Auswertung der Versuchsergebnisse	49
7.2	Versuch 2: Überrichtete Platinen	53
7.2.1	Auswertung der Versuchsergebnisse	55
7.3	Versuch 3: Tribologie - schwankender Beölungsgrad.....	60
7.3.1	Auswertung der Versuchsergebnisse	61
7.4	Versuch 4: Tribologie - Oberflächentopographie.....	66
7.4.1	Auswertung der Versuchsergebnisse	67
7.5	Untersuchung 5: Werkstoffkennwert	72
8	ZUSAMMENFASSUNG.....	79
	LITERATURVERZEICHNIS	80
	ANLAGENVERZEICHNIS.....	82

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Einordnung der Fertigungsverfahren /DIN 8590/	3
Abbildung 2.2:	Einordnung der Fertigungsverfahren des Umformens /DIN 8582/.....	3
Abbildung 2.3:	Tiefziehen im Erstzug mit Blechhalter /1/	4
Abbildung 2.4:	Streckziehen /2/.....	5
Abbildung 2.5:	Einfachwirkendes Werkzeug /2/	6
Abbildung 2.6:	Atomarischer Aufbau der Metalle; rechts unten krz Gleitsystem /3/	7
Abbildung 2.7:	Darstellung der elastischen (oben) und plastischen (unten) Verformung eines Kristallgitters /3/.....	8
Abbildung 2.8:	Darstellung einer plastischen Verformung als Versetzungswanderung /3/.....	9
Abbildung 2.9:	Definition der Anisotropie /3/	10
Abbildung 2.10:	Ebene Anisotropie in Abhängigkeit der Zipfelbildung /3/	11
Abbildung 2.11:	Spannungs-Dehnungs-Diagramm mit den wichtigsten Kennwerten /1/	12
Abbildung 2.12:	(links) Vergleich technische mit wahrer Spannungs-Dehnungs- Kurve, (rechts) Vergleich der technischen Spannungs-Dehnungs- Kurve mit der Fließkurve /3/	13
Abbildung 2.13:	Fließkurve und Verfestigungsexponent n /3/	14
Abbildung 2.14:	Geschlossenes Tribologisches System und dessen inneren Einflüsse /3/.....	15
Abbildung 2.15:	Mechanismus der Mischschmierung /4/	18
Abbildung 2.16:	Geometrische Interpretation eines Oberflächenprofilelements /17/	20
Abbildung 3.1:	ZB HKL E 87	24
Abbildung 4.1:	Koordinatenmessgerät Zeiss Carmet im Messraum bei Magnetto	26
Abbildung 4.2:	Fahrzeugkoordinatensystem /11/	27
Abbildung 4.3:	Lehre der HKL AH E87 mit Spannern und Referenzkugeln	28
Abbildung 4.4:	Beispielhafte Auswertung eines Messpunktes und Erläuterung	30
Abbildung 5.1:	Prozesskettenbeschreibung für die HKL AH E87 /15/	35
Abbildung 5.2:	Arbeitsmuster für die HKL AH E87	39

Abbildung 5.3: Position der angetasteten Messpunkte am Bauteil HKL AH E87 (li.), schematische Darstellung des Aufsprungs am gedrehten CAD-Modell (re.)	41
Abbildung 5.4: Schematische Darstellung des Aufsprungs am gedrehten CAD-Modell für Bereich 3 Ansicht 2	42
Abbildung 5.5: Auswertung der geometrischen Vermessung für die Serie SE	43
Abbildung 5.6: qs-STAT für den Messpunkt R_150 der HKL AH E 87	44
Abbildung 7.1: Auswertung der geometrischen Vermessung für den Versuch V1	50
Abbildung 7.2: Graphische Darstellung des Verformungsverhaltens im Versuch V1	51
Abbildung 7.3: Richtkassette /14/	54
Abbildung 7.4: Auswertung der geometrischen Vermessung für den Versuch V2	56
Abbildung 7.5: Graphische Darstellung des Verformungsverhaltens im Versuch V2	57
Abbildung 7.6: Bewertung der Oberfläche im Versuch V2	58
Abbildung 7.7: Auswertung der geometrischen Vermessung für den Versuch V3	62
Abbildung 7.8: Graphische Darstellung des Verformungsverhaltens im Versuch V3	63
Abbildung 7.9: Bewertung der Oberfläche im Versuch V3	64
Abbildung 7.10: Auswertung der geometrischen Vermessung für den Versuch V4	68
Abbildung 7.11: Bewertung der Oberfläche im Versuch V4	70
Abbildung 7.12: Faltenbildung im Dachspoiler der HKL AH E87	72
Abbildung 7.13: Auswertung des Zugversuchs	74
Abbildung 7.14: Faltenbildung 2.Ordnung in den verschiedenen Materialien	75
Abbildung 7.15: Untersuchung der Blechhalterflächen, Touchierbild	77
Abbildung 7.16: Anhaukante im 100 mm angezogenen Blechteil, (links) Nahaufnahme	77
Abbildung 7.17: Vergleich der Versuchsplatinen in der Untersuchung 5	78

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Untersuchungsschwerpunkte.....	25
Tabelle 2: Technische Daten der bei Magnosto verwendeten Koordinatenmesssysteme	26
Tabelle 3: Blechkennwerte für die HKL AH E87	37
Tabelle 4: Prozessparameter und Materialkennwerte	38
Tabelle 5: DIN Normen zur spanlosen Fertigung von Blech-Einzelteilen	39
Tabelle 6: Übersicht über die Versuchsreihen	45
Tabelle 7: Ziehkissen Einstellung in der Serienproduktion	60
Tabelle 8: Anpassung der Ziehkissen Einstellung für Versuch V3.....	64
Tabelle 9: Oberflächenkenngrößen im Versuch V4	66
Tabelle 10: Ziehkissen Einstellung in der Serienproduktion	66
Tabelle 11: Anpassung der Ziehkissen Einstellung für Versuch V4.....	71

Verzeichnis der Formelzeichen und Kurzzeichen

<u>Kurzzeichen</u>	<u>Einheit</u>	<u>Erläuterung</u>
A	%	Bruchdehnung
A	m ²	Querschnittsfläche
A _g	%	Gleichmaßdehnung
A _t	%	Gesamtdehnung bei Bruch
C	-	werkstoffspezifische Konstante
D	mm	Differenzvektor
D _X , D _Y , D _Z	mm	Differenzvektorkoordinaten
D ₀	mm	Ausgangsdurchmesser
F _{max}	N	maximale Zugkraft
F _N	N	Normalkraft
F _{NH}	N	Niederhalterkraft
F _R	N	Reibkraft
F _t	N	Tangentialkraft
F _{St}	N	Stempelkraft
L ₀	mm	Ausgangslänge
L ₁	mm	Länge nach der Umformung
R _a	µm	Rautiefe
R _{eH}	MPa	obere Streckgrenze
R _m	MPa	Zugfestigkeit
RP _C	-	Spitzenwert
R _q	µm	Quadratischer Mittelrauwert
Z _p	µm	Höhe der Profilspitze (peak)
Z _v	µm	Tiefe des Profieltals (valley)
X _s	µm	Breite des Profilelements
e	-	Basis des nat. Logarithmus
i	-	1,2,...n
k _f	MPa	Fließspannung

n	-	Verfestigungsexponent
n	-	Umfang der Messreihen
p_{hd}	MPa	Druck, hydrodynamisch
p_{hs}	MPa	Druck, hydrostatisch
r	-	Anisotropiewert
r_m	-	mittlere Anisotropie
Δr	-	ebene Anisotropie
$r_{0^\circ}, r_{45^\circ}, r_{90^\circ}$	-	Anisotropie 0° , 45° bzw. 90° zur Walzrichtung
s	mm	Stichprobenstandardabweichung
s_0	mm	Ausgangsblechdicke
s_1	mm	Blechdicke nach der Umformung
\bar{x}	mm	arithmetischer Mittelwert
\bar{x}_{SE}	mm	arithmetischer Mittelwert der Serie
\bar{x}_{VX}	mm	arithmetischer Mittelwert der Versuche 1-4
$\Delta SE/VX$	mm	Differenz der Mittelwerte
ε	%	Dehnung
μ	-	Reibungskoeffizient
ν	mm ² /s	kinematische Viskosität
σ	MPa	Normalspannung
σ_w	MPa	wahre Spannung
τ_{max}	MPa	maximale Schubspannung
φ	-	Umformgrad, wahre Dehnung
φ_b	-	Umformgrad in Breitenrichtung
φ_s	-	Umformgrad in Dickenrichtung
$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$	-	Hauptumformgrade

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

AH	Außenhaut
BMW	Bayrische Motorenwerke
BTA	Bauteilaufnahme
CNC	Computerized Numerical Control
ET	Einzelteil
E87	Entwicklungscode für den 1er BMW
FEM	Finite Elemente Methode
HKL	Heckklappe
krz	kubisch raumzentrierter Kristallaufbau
OE	Oberflächen Einfallstelle
OP	Operation
OW	Oberflächen Welligkeit
UT	unterer Todpunkt
qs-Stat	Qualitätssicherungs-Statistik
ZB	Zusammenbauteil

Vorwort

Danksagung

Diese Diplomarbeit entstand in Zusammenarbeit mit der Firma Magnetto Automotive Deutschland GmbH in Treuen.

An dieser Stelle möchte ich mich bei den Mitarbeitern der Firma Magnetto für die Unterstützung während der Untersuchungen für diese Arbeit bedanken.

Für eine umfangreiche Unterstützung bei den messtechnischen Untersuchungen möchte ich mich beim Mitarbeiter des Messraums Herrn Daniel Schlitter, bedanken.

Für die Übernahme der Betreuung dieser Arbeit bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Mathias Kolbe

Herrn Dipl.-Ing Sachse vom Forschungs- und Transferzentrum der Westsächsischen Hochschule Zwickau danke ich für die Durchführung des Zugversuchs im Rahmen dieser Arbeit.

Ein ganz besonderer Dank gilt Herrn Marcel Gräfe, Methodiker im Presswerk, der mit seinem unerschöpflichem Fachwissen und einer umfangreichen Unterstützung die Entstehung dieser Arbeit erst ermöglicht hat.

Ebenso möchte ich mich bei Frau Anja Schmidt für die Durchsicht dieser Arbeit bedanken.

Abschließend bedanke ich mich bei meiner Familie, ohne deren Hilfe ein Studium nicht möglich gewesen wäre.

1 Einleitung

Die Forderung nach einer Reduzierung des Energie- und Ressourcenverbrauchs, ein hoher Kostendruck, steigende Kundenanforderungen und letztendlich strengere Gesetze innerhalb der politischen Rahmenbedingungen, erfordern eine stetige Entwicklung zur Verbesserung der Produktqualität und eine Anpassung der Herstellungsprozesse in der Automobilindustrie. Um diesen Forderungen zu genügen, ist eine ständige Forschung u.a. auch auf dem Gebiet der Umformtechnik unabdingbar.

Einer der größten Konsumenten von Blechformteilen ist die Automobilindustrie. Die Karosserie eines Kraftfahrzeugs besteht zum größten Teil aus Blechformteilen, welche besonders hohen Anforderungen an die Formgenauigkeit und die Produktqualität unterliegen. Das Tiefziehen ist das am häufigsten angewendete Verfahren im Bereich der konventionellen Blechumformung. Ein häufiges Problem ist dabei eine unerwünschte Formänderung durch Rückfederung. Am Ende des Umformprozesses federt das Werkstück in Richtung seines Ausgangszustandes zurück und weicht von der im Werkzeug definierten Sollgeometrie ab. Ein ebenso großes Thema bei der Herstellung von Karosserie-Außenhautteilen ist die sehr hohe Anforderung an die Oberflächenqualität. Schon kleinste Unebenheiten auf der Außenfläche des Blechteils können sich nach der Lackierung auf der Oberfläche des Fahrzeugs abbilden. Deshalb werden hier seitens der Automobilhersteller besonders hohe Anforderungen gestellt. Denn oftmals ist der erste optische Eindruck, der unter der Vielzahl an Konkurrenzprodukten zur Kaufentscheidung beiträgt.

Auf Grund der zahlreichen Prozessparameter, wie Tribologie, Werkstückwerkstoffkennwerte und Pressenparameter, welche sich auf den direkten Umformprozess auswirken, ist ein störungsfreier Prozessablauf im Presswerk schwierig. Dies kann nur durch konstant gehaltene Prozessparameter innerhalb enger Toleranzen erreicht werden. In der Praxis ist das aber oftmals durch ein zum Teil nicht beeinflussbares Einwirken von äußeren Einflüssen nicht immer möglich.

In dieser Diplomarbeit wird für ein ausgewähltes Blechformteil, der Einfluss auf die Bauteilgeometrie, die Bauteilqualität und den Umformprozess, bei einer Änderung von Prozessparametern, untersucht. Dabei wird eine mögliche Vorgehensweise zur Bearbeitung der Thematik aufgezeigt. Mit der Untersuchung der Bauteilgeometrie, insbesondere des Rückfederungsverhaltens stellte sich ein bisher noch nicht erkanntes Problem dar. Ziel ist es außerdem eine Grundlage für die Darstellung der Untersuchungsergebnisse zu schaffen, um ein zielgerichtetes und schnelles Eingreifen in den Herstellungsprozess zu ermöglichen. Die in dieser Diplomarbeit recht umfangreichen Datensammlungen und Auswertungen sollen zudem eine weiterführende Untersuchung ermöglichen.

2 Grundlagen und Stand der Technik

In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten Grundlagen der Umformtechnik sowie relevante Verfahren und Prozesse betreffend dargelegt. Überdies wird ein kurzer Einblick über wissenschaftliche Untersuchungen auf dem Gebiet der Blechverarbeitung gegeben

2.1 Definition der Umformtechnik

Nach der DIN 8580 wird Umformen als Fertigen durch bildsames bzw. plastisches Ändern der Form eines festen Körpers unter Beibehaltung seiner Masse und seines Stoffzusammenhaltes definiert.

In Abhängigkeit von der Beherrschung der Geometrie wird unterschieden zwischen:

- Umformen: Ändern einer Form mit Beherrschung der Geometrie, z.B.: Tiefziehen, Gesenkschmieden, Fließpressen.
- Verformen: Ändern einer Form ohne Beherrschung der Geometrie, z.B.: Schmieden von Hand. /1/

Weiterhin wird in Abhängigkeit vom eingesetzten Halbzeug (Blech, Stab oder Block) unterschieden in:

- Blechumformung: Die Blechdicke (bis ca.10 mm) bleibt bis auf Änderung zweiter Ordnung erhalten.
- Massivumformung: Der Körper wird in alle drei Koordinatenrichtungen verändert /1/

Unterscheidung der Umformverfahren hinsichtlich der Temperatur:

- Kaltumformung (DIN 8582): Umformen bei einer Rohteiltemperatur von 20°C. Bei einer hohen erreichbaren Maßgenauigkeit sind hohe Umformkräfte erforderlich.
- Halbwarmumformung: Umformung nach Anwärmung des Rohteils, bei Stahl 650°C bis 900°C. Bei geringeren Umformkräften als in der Kaltumformung wird eine gute Maßgenauigkeit erreicht.
- Warmumformung (DIN 8582): Umformung nach Anwärmung des Rohteils, bei Stahl 1000°C bis 1250°C. Die Kraft zur Umformung ist 8 bis 10-mal geringer als beim Kaltumformen und es sind große Formänderungen erreichbar. Die Maßgenauigkeit reduziert sich aufgrund von Schrumpfungen und Verzug.

Allen Umformverfahren gemein ist, das die Bauteile in der Regel in mehreren Arbeitsgängen hergestellt werden. Die aufeinander folgenden Arbeitsgänge werden als Stadienfolge bezeichnet. Für die Fertigung eines Bauteils sind somit mehrere Werkzeugstufen notwendig. /1/

2.1.1 Einordnung der Umformverfahren

Die Fertigungsverfahren werden nach DIN 8550 in 6 Hauptgruppen unterteilt. Die formgebenden Verfahren der Umformtechnik gehören zur Hauptgruppe 2 der Fertigungsverfahren.

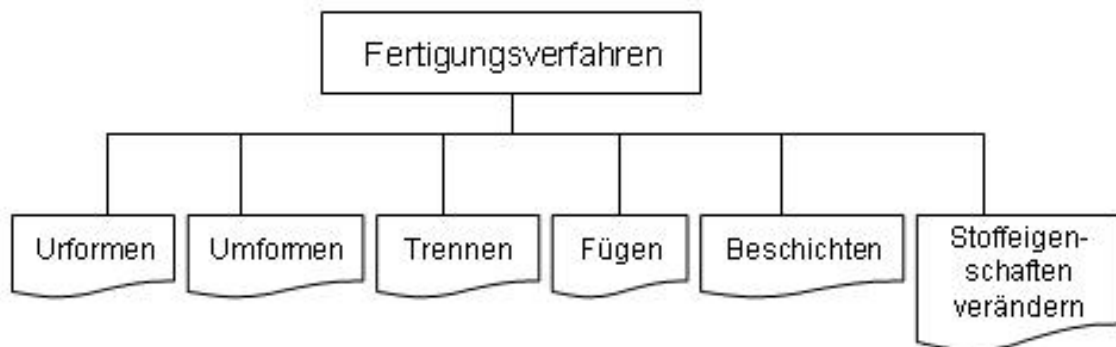


Abbildung 2.1: Einordnung der Fertigungsverfahren /DIN 8590/

Die Umformverfahren der Hauptgruppe 2 selbst, werden in der DIN 8582 nach ihrem Spannungszustand, der die plastische Verformung der Werkstücke bewirkt, eingeteilt.

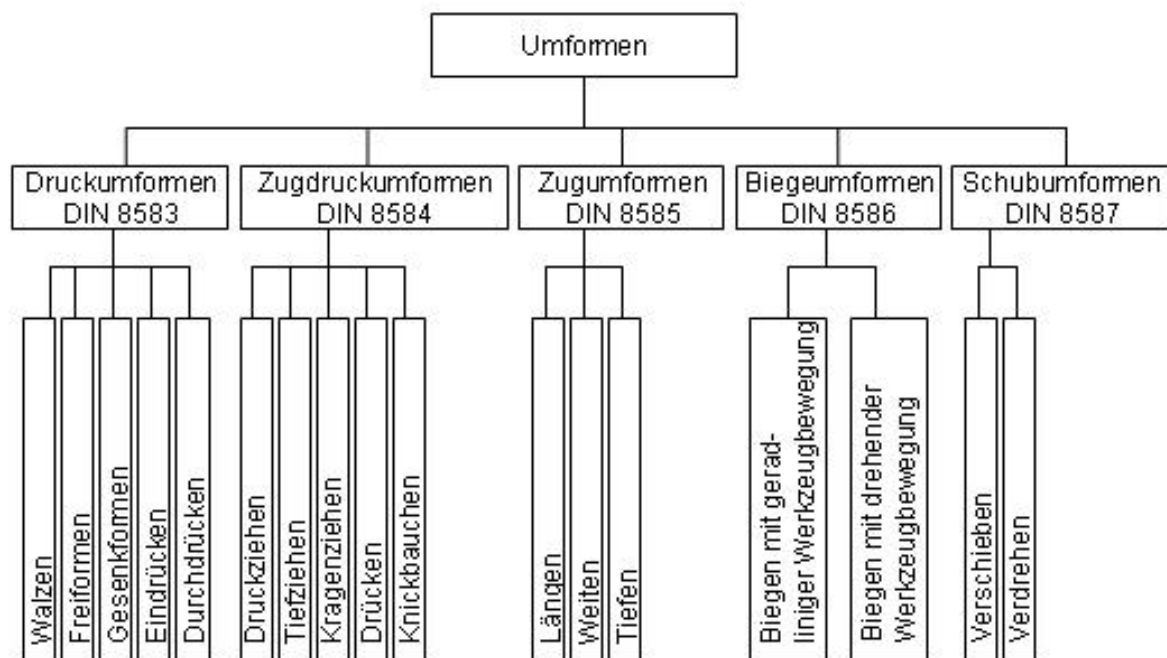


Abbildung 2.2: Einordnung der Fertigungsverfahren des Umformens /DIN 8582/

Allen Umformverfahren gemein ist die bleibende Formänderung des Werkstoffs durch dessen Plastifizierung. /1/ Die Fertigungsverfahren des Umformens, Zugdruckumformen und Zugumformen, werden weiterhin in das in dieser Arbeit zu betrachtende Tiefziehen bzw. Tiefen unterteilt.

2.1.2 Tiefziehen und Streckziehen

Tiefziehen ist eine Zugdruckumformung eines Blechzuschnittes (Platine) in einem oder mehreren Schritten zu einem Hohlkörper ohne beabsichtigte Änderung der Blechdicke. Das Tiefziehen gehört zu der Zugdruckumformung der Fertigungsverfahren. Die dabei entstehende Geometrie kann rotationssymmetrisch oder asymmetrisch sein. Im Folgenden wird das Tiefziehen rotationssymmetrischer Bauteile näher beschrieben. Das am häufigsten angewendete Verfahren ist das Tiefziehen mit starrem Werkzeug. Ein Tiefziehwerkzeug besteht aus einem Stempel, einer Matrize, sowie einem Niederhalter bzw. einem Blechhalter.

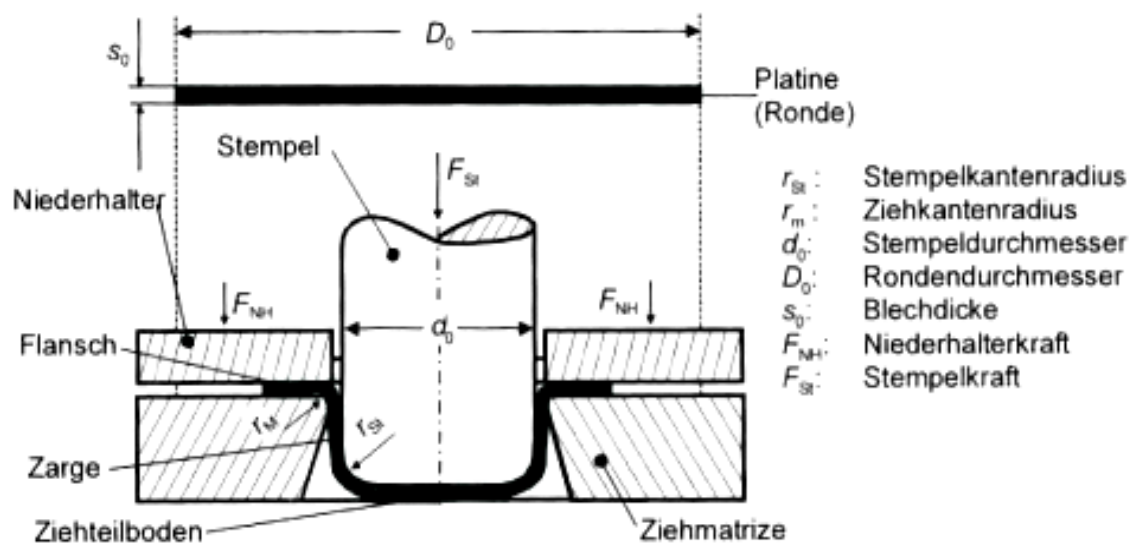


Abbildung 2.3: Tiefziehen im Erstzug mit Blechhalter /1/

Bei komplizierten Ziehteilen, die nicht in einem Zug hergestellt werden können, erfolgt der Umformprozess im Weiterzug, welcher auf mehreren Ziehstufen verteilt sein kann. Die Platine wird zwischen Ziehring und Niederhalter eingespannt. Die durch den Ziehstempel eingebrachte Ziehkraft F_{St} wirkt auf den Ziehteilboden und erzeugt Zugspannungen in der Zarge. Durch eine Überschreitung der zulässigen Ziehkraft kann es zu so genannten Bodenreißen kommen. Der Fließvorgang des Werkstoffes findet im Übergang zwischen Zarge und Niederhalter statt und bewirkt außerdem eine tangentielle Druckspannung. Die durch die Presse aufgebrachten Niederhalterkräfte F_{NH} verhindern eine Faltenbildung im Flanschbereich. Bei einer zu geringen Niederhalterkraft kommt es zur Faltenbildung. Durch eine Anpassung des Niederhalterdrucks an den Prozess kann der Materialfluss gezielt gesteuert werden. Die übertragbaren Ziehkräfte sind durch Werkstofffestigkeit und Zargenquerschnitt begrenzt.

Tiefen ist eine reine Zugumformung eines Blechzuschnittes (Platine) an einem ebenen oder gewölbten Werkstück. Im Unterschied zum Tiefziehen wird eine Oberflächenvergrößerung durch die Verringerung der Blechdicke erreicht. Die größte Bedeutung hat das Tiefen mit starrem Werkzeug, das sogenannte **Streckziehen**. Streckziehen ist das Umformen eines Werkstücks mit einem starren Stempel. Die Platine ist am Rand meist in Spannzangen fest eingespannt. Beim Ausformen des Ziehteilbodens fließt der Werkstoff aus der Blechdicke.

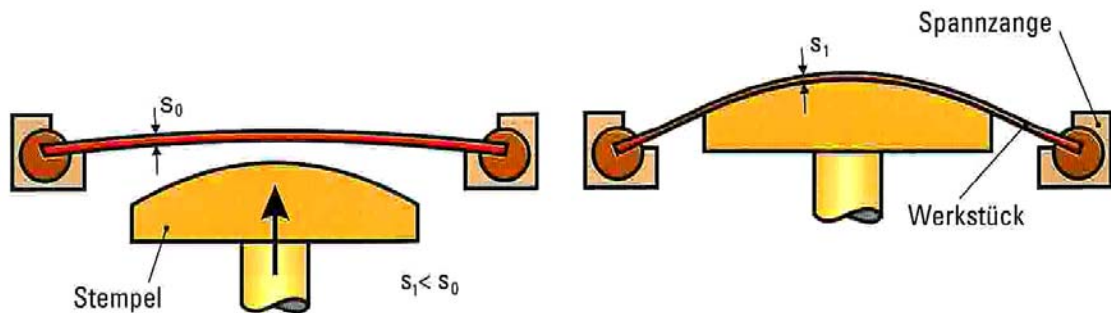


Abbildung 2.4: Streckziehen /2/

Kombination aus Tief- und Streckziehen

Zur Herstellung von komplizierten Karosseriebauteilen eines Pkw's, d.h. Ziehen unregelmäßiger Teile, kommt eine Kombination der beiden Verfahren, Tiefziehen und Streckziehen, zum Einsatz. Der Anteil des jeweiligen Verfahrens ist je nach Bauteil unterschiedlich stark. Bei Bauteilen mit größerer Ziehtiefe, wie z.B. dem Kotflügel, dominiert der Tiefziehanteil. Bei flachen Bauteilen hingegen, wie z.B. der Motorhaube, ist der Anteil des Streckziehens größer.

Bei einer Kombination aus Tief- und Streckziehverfahren wird eine Platine mit dem Ausgangsdurchmesser D_0 in das Werkzeug eingelegt und vom Blechhalter gespannt. In der ersten Phase des Umformvorgangs wird mit dem Stempel der Ziehteilboden ausgeformt. Diese erste Phase ist ein Streckziehvorgang. Dabei fließt der Werkstoff aus der Blechdicke, sodass sich diese vermindert. Während dem Hineintauchen des Stempels wird die Platine mehrachsig auf Zug beansprucht. Die zweite Phase, der Tiefziehvorgang, beginnt sobald die Kaltverfestigung im Streckziehen erreicht ist, sodass der Blechwerkstoff faltenfrei über die Matrizenrundung aus der Blechbreite nachlaufen kann, ohne dass dabei die Blechdicke vermindert wird. Eine durch die Presse, entsprechend des Umformprozesses, aufgebrachter Blechhalterdruck verhindert beim Tiefziehen die Faltenbildung im Flanschbereich. Während des Ziehvorgangs wird das Blech auf tangentielle Druckspannung und radiale Zugspannung beansprucht. Werkzeugseitig wird das Hineingleiten des Blechwerkstoffs über Bremswülste und Sickenstäbe reguliert, die in den Blechhalter bzw. den Niederhalter eingearbeitet sind. In erster Linie lässt sich das Hineinlaufen des Blechwerkstoffes aber über die Einstellung des Blechhalterdrucks

regulieren. Um Problembereiche im Blechformteil partiell zu beeinflussen, können in zweiter Linie die Ziehhilfen (Abstandshalter) eingestellt werden. Des Weiteren wird heutzutage durch eine moderne Pressentechnik möglich, den Kraftverlauf für einzelne Bereiche des Blechhalters über den Umformweg einzustellen. Solche Druckstufen werden über die Pressensteuerung geregelt. /1/ Abbildung 2.5 zeigt das Wirkprinzip einer einfachwirkenden Presse.

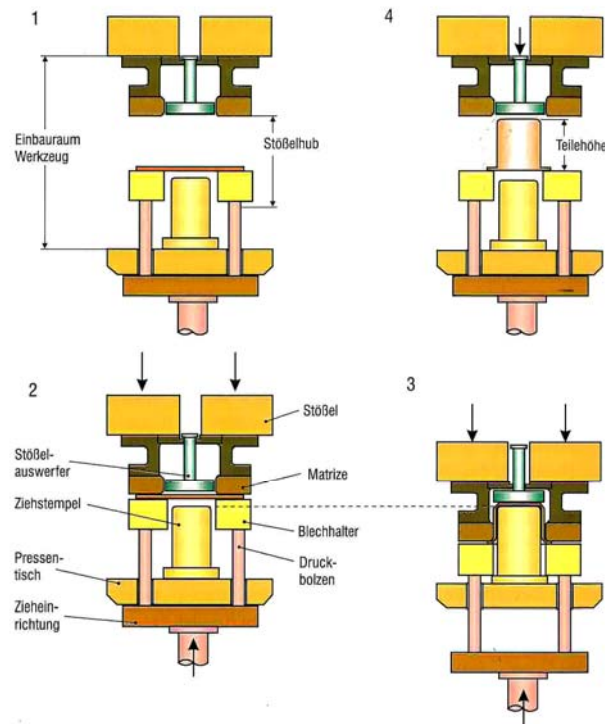


Abbildung 2.5: Einfachwirkendes Werkzeug /2/

Hier erfolgt eine Kräfteinleitung durch den Stößel über die Matrize und den Blechhalter auf die Zieheinrichtung im Tisch. Ziehmatrize und Auswerfer sind am Pressenstößel befestigt. Das Ziehwerkzeug, besteht aus Ziehstempel und Blechhalter, welche sich auf einer Grundplatte auf dem Pressentisch befinden. Mittels Druckbolzen, welche durch den Pressentisch und die Grundplatte ragen, wird die Blechhalterkraft von der Zieheinrichtung auf den Blechhalter übertragen. Bei einer Umformoperation schiebt der Stößel den Blechhalter über die Ziehmatrize nach unten. Durch die Abwärtsbewegung wird das Teil über den festen Ziehstempel ausgeformt. Im Gegensatz dazu sind bei einer doppeltwirkenden Presse zwei Stößel im oberen Teil der Presse angeordnet: Der Ziehstößel mit Ziehstempel und der Blechhalterstößel mit dem Blechhalter überträgt die Blechhalterkraft über den Blechhalter auf das Blech und die Ziehmatrize, welche sich hier im Werkzeugunterteil befinden. Doppelt wirkende Pressen kommen meist bei der Herstellung von Bauteilen mit großen Ziehtiefen bis 250 mm zum Einsatz. Ein großer Nachteil ist allerdings, dass die Teile für folgende Umform- und Schneidoperationen von einer Wendevorrichtung um 180° gedreht werden müssen. Besonders bei Karosserie-Außenhautteilen besteht dabei die Gefahr einer Beschädigung der Außenhautfläche. /2/

2.2 Werkstoffliche Grundlagen in der Umformtechnik

Da auch der Einfluss der Materialeigenschaften auf die Blechumformung eine sehr große Rolle spielt, wird der grundsätzliche Aufbau von Metallen, der Zugversuch und die das Materialverhalten beschreibenden Kennwerte sowie ihre Darstellungsmöglichkeiten näher erklärt.

Metalle nehmen den größten Anteil unter den Werkstückwerkstoffen ein. Sie bestehen aus Atomen, die metallisch in einer Elementarzelle gebunden sind und sich regelmäßig wiederholen. Das gemeinsame Kennzeichen aller Eisen- und Nichteisenmetalle ist ihr kristalliner Aufbau, d. h. eine regelmäßige feste Anordnung der Atome bzw. der Elementarzellen als kleinste geometrische zusammenhängende Einheit. /3/

Abbildung 2.6 zeigt eine geläufige Modellvorstellung einer Kristallstruktur am Bsp. der Elementarzelle des α -Eisens wie es in der Metallphysik gebräuchlich ist.

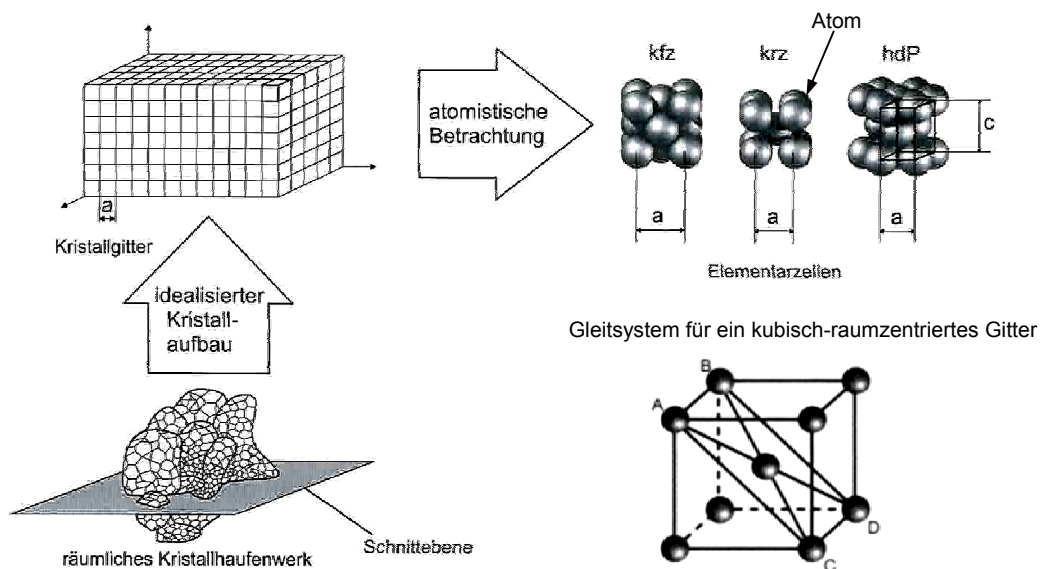


Abbildung 2.6: Atomarer Aufbau der Metalle; rechts unten krz Gleitsystem /3/

Elastische und plastische Formänderung: Durch das Einwirken von äußeren Kräften auf einen Körper wird eine Formänderung hervorgerufen. Die auftretende Formänderung kann in elastische und plastische Dehnung unterschieden werden. Wenn der deformierte Körper nach Aufhebung der äußeren Belastung wieder vollständig in seine Ausgangsform zurückkehrt, wird von einer elastischen Dehnung gesprochen. In der Umformtechnik ist die elastische Formänderung gegenüber der plastischen Formänderung sehr klein und kann daher häufig vernachlässigt werden. Allerdings ist beim Umformen mit einer elastischen Formänderung das Rückfedern ein unerwünschtes Phänomen, welches beim Tiefziehen von großflächigen Bauteilen immer wieder auftritt und nicht außer Acht gelassen werden sollte. Wenn der Körper nach Entlastung nicht wieder in seine Ausgangsform zurückkehrt handelt es sich dagegen um eine plastische Verformung. Dabei kommt es zu einer

Verschiebung der Atome in eine neue Lage des stabilen Gleichgewichts. Im Wesentlichen gibt es zwei Mechanismen, die zu einer plastischen Formänderung führen, Gleiten und Zwillingsbildung. In der Umformtechnik spielt der Mechanismus der Gleitung eine größere Rolle. Bei diesem Vorgang werden ganze Gitterebenen entlang einer Gleitebene gegeneinander verschoben. In einem Gleitsystem gibt es Gleitebenen und eine Gleitrichtung. Gleitebenen sind Gitterebenen der dichtesten Atombelegung. In der Gleitrichtung ist die zur Umformung erforderliche Schubspannung am geringsten. Eine Gleitung wird also dort zuerst einsetzen, wo die resultierende Schubspannung am größten ist und gleichzeitig günstig orientierte und dicht besetzteste Gitterebenen vorhanden sind. Mit steigender Anzahl von Gleitsystemen in einem Kristallgitter wächst die plastische Verformbarkeit. Bild 2.6 Seite 7 rechts unten zeigt ein Gleitsystem für das α -Eisen. Wird eine bestimmte Verformkraft überschritten gleiten die Kristallebenen aneinander ab. Nach Entlastung springt das Gitter nicht mehr in den ursprünglichen Zustand zurück, so dass die plastische Verformung bleibt. /3/ Dieser Vorgang ist schematisch in Bild 2.7 dargestellt.

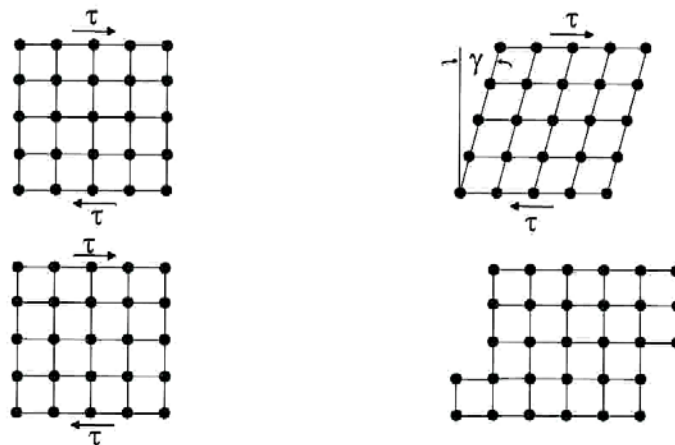


Abbildung 2.7: Darstellung der elastischen (oben) und plastischen (unten) Verformung eines Kristallgitters /3/

Durch das geometrische Aneinanderreihen von den einzelnen Elementarzellen würde ein fehlerfreies Kristallgitter entstehen, welches aber in der Praxis nicht existiert. Ein reales Raumgitter kann hingegen drei verschiedene Arten von Gitterbaufehlern aufweisen:

- Nulldimensionale Gitterbaufehler: Leerstellen, Zwischengitteratome, Substitutionsatome, Einlagerungsatome und Frenkelpaar
- Eindimensionale Gitterbaufehler: sind linienförmige Strukturfehler (Versetzungen) die die plastische Formgebung ermöglichen. Die wichtigsten Versetzungen sind Stufenversetzungen und Schraubenversetzungen
- Zweidimensionale Gitterbaufehler: Zwillingsgrenze, Kleinwinkelkorngrenze und Großwinkelkorngrenze

Versetzungen sind für die Umformtechnik von besonderer Bedeutung, denn erst die Wanderung von Versetzungen ermöglicht eine plastische Formgebung. Abbildung 2.8 zeigt die schematische Darstellung einer Stufenversetzung. /3/

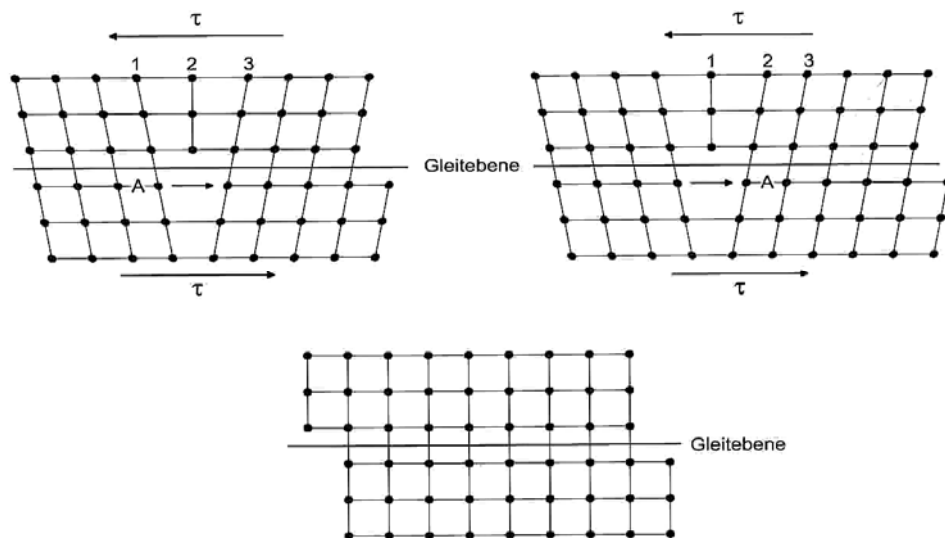


Abbildung 2.8: Darstellung einer plastischen Verformung als Versetzungswanderung /3/

2.2.1 Anisotropie der mechanischen Eigenschaften von Blechen

Erst durch das Verständnis der Wirkung von Gitterbaufehlern und durch das Aufstellen von Modellvorstellungen ist eine Erklärung von verschiedenen Zusammenhängen möglich.

Die Abstände von Atomen sind in einer Elementarzelle in verschiedene Richtungen unterschiedlich, sodass sich daraus bereits ableiten lässt, dass bestimmte Eigenschaften von Metallen richtungsabhängig sind. Durch bestimmte Herstellungsverfahren, wie z.B. Wärmebehandlungsverfahren oder durch verschiedene Walzverfahren zur Herstellung von Blechbändern werden die Körner bevorzugt nach bestimmten Ebenen und Richtungen ausgerichtet. Eine solche Vorzugsorientierung bezeichnet man auch als Textur. In der Blechumformung kommt dieses Verhalten in einem richtungsabhängigen Werkstoffverhalten zum Tragen. Diese Richtungsabhängigkeit wird als Anisotropie bezeichnet. Bei der Blechherstellung verformen sich nach dem Erreichen der Fließbedingung die Körner, deren geringster Fließwiderstand sich in Richtung der maximalen Schubspannung τ_{\max} befindet. Durch die Verformung dieser Körner orientieren sich andere Körner in ähnlich günstige Richtung. Am Ende des Umformvorgangs haben alle Kristallite eine annähernd gleiche Orientierung. Diese Kristallite besitzen eine Orientierung die von der Richtung der Schubspannung τ_{\max} abhängt. Die Folge dieser Abgleitungsprozesse in den Körnern führt somit zu einer Orientierungsänderung und damit zur Ausbildung einer typischen Walztextur. Diese bedingt die Richtungsabhängigkeit der Zugfestigkeit und der plastischen Eigenschaften.

2.2.2 Der Anisotropiewert r

Bei der Verwendung von Blechen als Halbzeuge ist für eine Vielzahl von Prozessen in der Umformtechnik, wie auch dem Tief- und Streckziehen zu beachten, dass der Werkstoff nicht in alle Richtungen über die gleichen Eigenschaften verfügt, sondern sich anisotrop verhält. Der Werkstoff wird beim Tiefziehen sowohl quer als auch längs zur Walzrichtung verformt. Da in beiden Richtungen unterschiedliche Zugfestigkeiten vorliegen, ist das Umformverhalten schwer kontrollierbar. Der r-Wert dient als Kennwert, um den Einfluss der Anisotropie auf das Umformverhalten von Blechen zu erfassen. Dieser Kennwert wird im einachsigen Zugversuch bis zu einer Formänderung von 20% ermittelt. Da sich im Zugversuch die Längenänderung (L_0 , L_1) wesentlich genauer messen lässt als die Dickenänderung (s_0 , s_1) wird über das Gesetz der Volumenkonstanz die senkrechte Anisotropie wie folgt berechnet.

Definition des r-Werts als das Verhältnis der Umformgrade in Breiten- und Dickenrichtung einer Zugprobe

$$r = \frac{\varphi_2}{\varphi_3} = \frac{\varphi_b}{\varphi_s} \quad (1)$$

Gesetz der Volumenkonstanz

$$r = \frac{\ln \frac{b_0}{b_1}}{\ln \frac{L \cdot b}{L_0 \cdot b_0}} \quad (2)$$

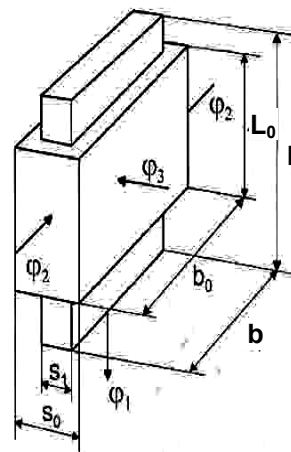


Abbildung 2.9: Definition der Anisotropie /3/

Der Dehnungswert und die Orientierung bezüglich der Walzrichtung sind im Index des r-Wertes anzugeben, z.B. $r_{90^\circ/20}$.

Ist das Werkstoffverhalten isotrop erfolgt eine Formänderung in Breiten- und Dickenrichtung zu gleichen Teilen und $r=1$. Bei $r>1$ ist die Breitenformänderung größer als die Dickenformänderung. Das Blech setzt unter Zugbeanspruchung der Dickenänderung einen größeren Widerstand entgegen. Für $r<1$ nimmt die Blechdicke stärker als die Blechbreite ab. Da der Prozess des Tiefziehens generell ohne Abnahme der Blechdicke erfolgen soll, sind hier r-Werte >1 vorteilhaft, sodass bei Werkstoffen mit einem hohem r-Wert höhere Ziehkräfte übertragen und größere Ziehverhältnisse eingestellt werden können.

Da der r- Wert in der Regel nicht konstant ist, sondern in Abhängigkeit von der Lage der Probe relativ zur Walzrichtung, unterschiedliche Werte annehmen kann, hat sich eine Mittlung der r-Werte, gemessen aus den verschiedenen Richtungen (üblicherweise 0°, 45° und 90°) als sinnvoll erwiesen. Die mittlere senkrechte Anisotropie berechnet sich dann wie folgt:

$$r_m = \frac{r_{0^\circ} + 2r_{45^\circ} + r_{90^\circ}}{4} \tag{3}$$

Beim Tiefziehen z.B. ist der r-Wert über die Blechebene nicht konstant. So liegen die Werte von r_{0° und r_{90° meist höher als der wert r_{45° . Diese Abweichung resultiert aus einer Zipfelbildung am Ziehteil in Richtung der größeren r-Werte. Für dieses Verhalten wurde die ebene Anisotropie wie folgt definiert:

$$\Delta r = \frac{r_{0^\circ} + r_{90^\circ}}{2} - r_{45^\circ} \tag{4}$$

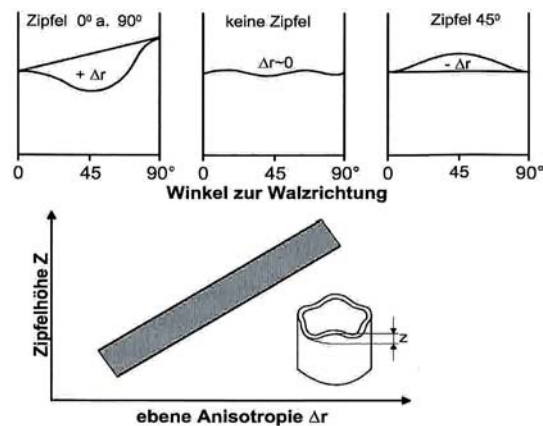


Abbildung 2.10: Ebene Anisotropie in Abhängigkeit der Zipfelbildung /3/

Bei einem guten Tiefziehvermögen sollte möglichst ein großer r_m -Wert mit kleinen Abweichungen von den drei Einzelwerten gegeben sein./3/

2.2.3 Zugversuch, Spannungs-Dehnungs-Diagramm

Einige für die Umformtechnik wichtige mechanische Eigenschaften lassen sich aus dem Zugversuch ermitteln. Dabei wird der Werkstoff unter homogenen einachsigen Zugspannungen gleichmäßig und stoßfrei bis zum Bruch gedehnt. Die im Zugversuch aufgenommenen Kraftwerte werden in Spannungswerte umgerechnet und über die Längenänderung (Dehnung) aufgetragen. Abbildung 2.11 zeigt ein Spannungs-Dehnungs-Diagramm und den dazugehörigen wichtigsten Kennwerten.

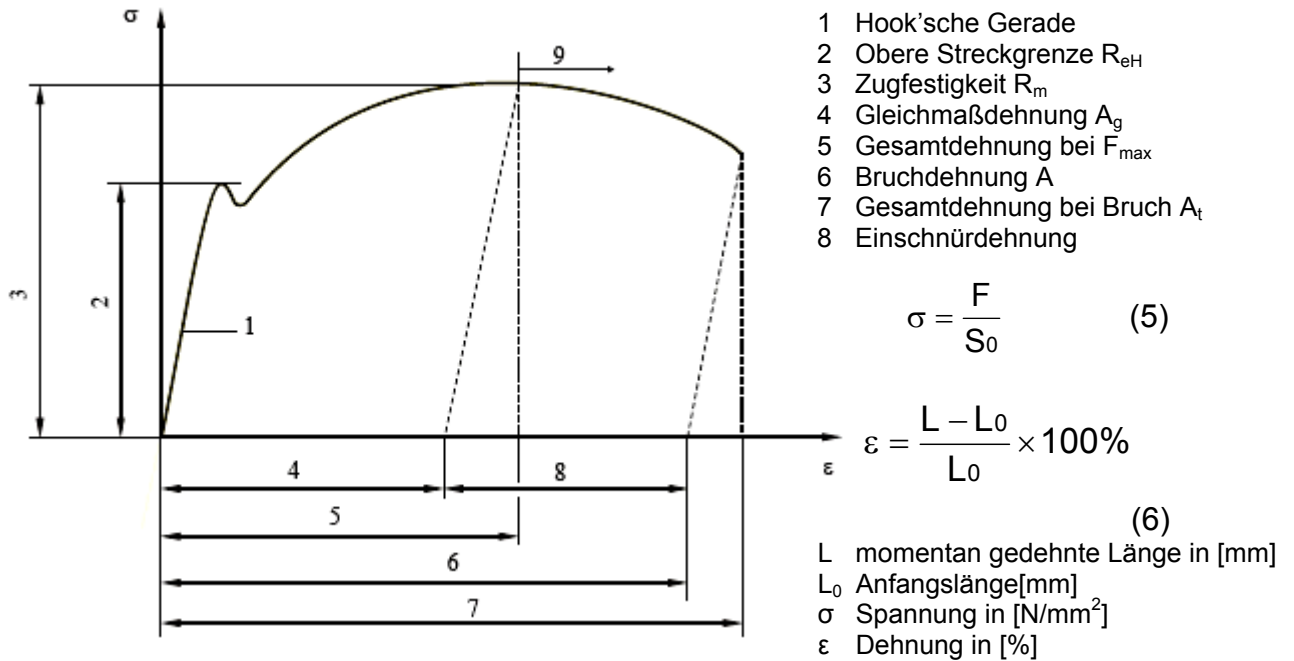


Abbildung 2.11: Spannungs-Dehnungs-Diagramm mit den wichtigsten Kennwerten /1/

Für die Umformtechnik ist das σ - ε Diagramm allerdings nur bedingt anwendbar, da die abgelesenen Spannungswerte nicht der wahren Spannung im Material entsprechen. Das liegt daran, dass die berechneten Spannungen auf den Ausgangsquerschnitt s_0 bezogen sind. Eine plastische Verformung findet aber in alle Richtungen statt. Deshalb muss auch die Querschnittsänderung der Probe berücksichtigt werden.

2.2.4 Die Fließkurve

Die Fließkurve beschreibt die wahren Spannungen und Dehnungen im Probenwerkstück. Diese unterschiedliche Betrachtungsweise ist deshalb für die Umformtechnik sinnvoll, insofern die technische Spannung das Verhalten der Konstruktion charakterisiert, die wahre Spannung aber das Werkstoffverhalten. Da eine plastische Verformung in alle Richtungen stattfindet wird die Kraft jeweils auf den aktuellen Probenquerschnitt s_1 bezogen, um so zu dem wahren Spannungswert σ_w zu gelangen. Im Zugversuch wird dazu die Querschnittsänderung der Probe aufgezeichnet. Der sinkende Probenquerschnitt führt zu einem Anstieg der tatsächlichen Spannung, der Formänderungsfestigkeit k_f .

Die Formänderung φ in der Fließkurve fällt etwas kleiner aus als die Dehnung in der Spannungs-Dehnungs-Kurve. Diese Zusammenhänge sind in Abbildung 2.12 dargestellt.

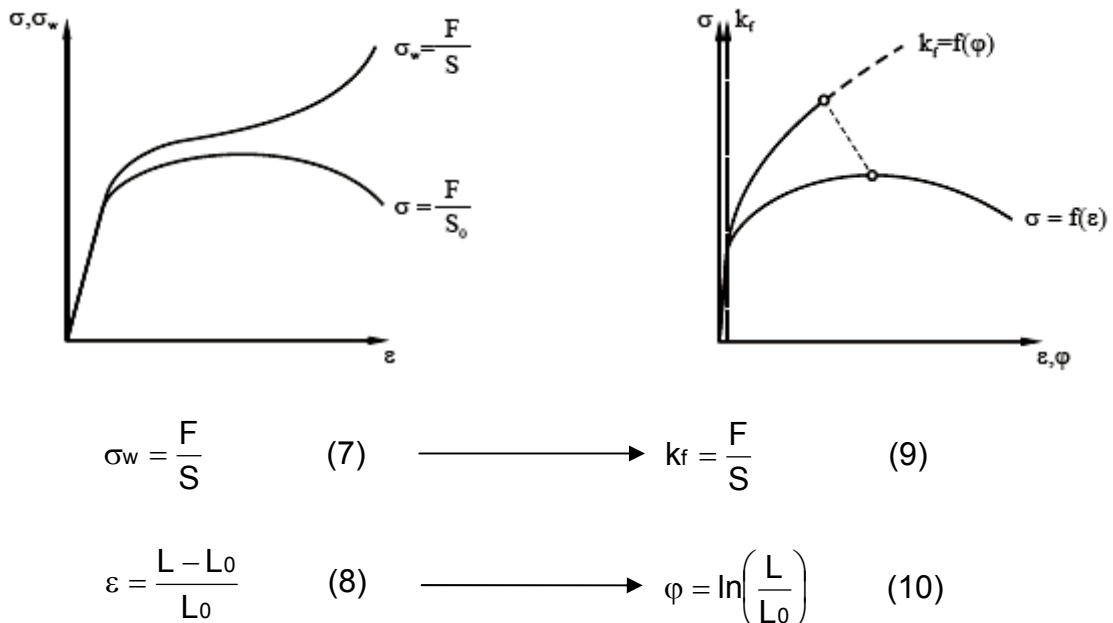


Abbildung 2.12: (links) Vergleich technische mit wahrer Spannungs-Dehnungs-Kurve, (rechts) Vergleich der technischen Spannungs-Dehnungs-Kurve mit der Fließkurve /3/

In der Umformtechnik wird hauptsächlich mit den so genannten Fließkurven gearbeitet, denn der Umformtechniker interessiert sich vorwiegend für das plastische Verhalten eines Werkstoffes. Wohingegen für die Konstruktion eines Werkstücks das technische Spannungs-Dehnungs-Diagramm von vorrangiger Bedeutung ist. Hier kann die Zugfestigkeit direkt abgelesen werden, um daraus das Streckgrenzenverhältnis zu ermitteln. Damit kann die Aufnahme einer Überbeanspruchung des Werkstücks beurteilt werden. /3/

2.2.5 Der n-Wert

Der Verfestigungsexponent n beschreibt die beim Umformen auftretende Werkstoffverfestigung und ist ein Maß für die Streckziehbarkeit von Blechwerkstoffen. Durch das Umformen wird die Zahl der Versetzungen erhöht die sich an den Korngrenzen stauen und sich in ihren Bewegungen behindern. Dadurch kommt es zu einem Abknicken der Gleitebenen, was zu einem erhöhten Kraftaufwand führt um ein bereits verformtes Material weiter zu verformen. Tiefziehstähle haben einen n -Wert zwischen 0,18 und 0,3. Je größer der n -Wert ist, desto stärker ist die Kaltverfestigung und umso gleichmäßiger ist die Dehnungsverteilung. Mit einem größeren n -Wert sinkt auch die Wahrscheinlichkeit einer Einschnürung. Der n -Wert ist vor allem an Stellen allseitigen Zugs (Streckziehen), z.B. am Boden von gezogenen Näpfen von Bedeutung. Je größer der n -Wert beim

Streckziehen ist, desto geringer ist die Gefahr örtlich hoher Dehnung und damit die Neigung zur Einschnürung.

Für die meisten unlegierten und niedriglegierten Stähle kann der Verlauf der Kaltfließkurve für Formänderungen $\varphi < 1,0$ durch die modifizierte Ludwik-Gleichung angenähert werden.

$$k_f = C \cdot \varphi^n \tag{11}$$

In der Ludwik-Gleichung wird nur der elastische Anteil berücksichtigt und sie gilt nur unter der Bedingung dass der Werkstoff nicht vorverfestigt ist. Der Verfestigungsexponent n und die Größe C sind werkstoffspezifische Konstanten. Der n -Wert kann numerisch der logarithmischen Gleichmaßdehnung gleichgesetzt werden. Wird die Fließkurve in doppelt logarithmischer Darstellung aufgetragen, entspricht der Anstieg der Geraden dem Verfestigungsexponenten n .

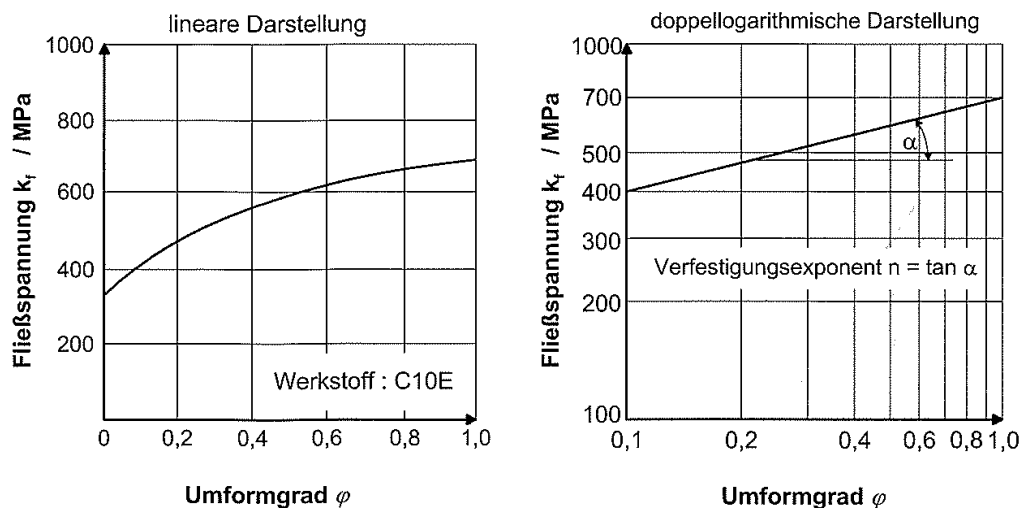


Abbildung 2.13: Fließkurve und Verfestigungsexponent n /3/

$$n = \varphi_{\text{gleich}} \tag{12}$$

Der Verfestigungskoeffizient wird wie folgt errechnet, wobei R_m die im Zugversuch ermittelte Zugfestigkeit des Werkstoffs ist und e die Basis des natürlichen Logarithmus:

$$C = R_m \cdot \left(\frac{e}{n}\right)^n \tag{13}$$

Mit zwei bekannten Wertepaaren, k_f und φ kann nach Umformen der Ludwik-Gleichung der Verfestigungsexponent wie folgt ermittelt werden:

$$\ln k_f = \ln C + n \cdot \ln \varphi \tag{14}$$

Ein großer n -Wert geht demnach mit einer großen Verfestigung und einer gleichzeitigen großen Gleichmaßdehnung einher. /3/

2.3 Tribologie

Die Tribologie beschreibt die Wissenschaft und Technik von zwei in Wechselwirkung stehenden Oberflächen die in Relativbewegung zueinander stehen. Der Begriff „Tribologie“ ist aus dem griechischen Wort für „Reibung“ (tribein) und „Lehre“ (logos) abgeleitet. Demnach spielt die Reibungslehre eine große Rolle in der Tribologie, beschränkt sich aber nicht ausschließlich darauf. Daneben wird mit der Schmierung der Einfluss von einem „dritten Körper“, eines Zwischenstoffs betrachtet. Das dritte Gebiet mit der sich die Tribologie befasst, ist der Verschleiß. Dieser beschreibt einen fortschreitenden Materialverlust aus der Oberfläche eines festen Körpers, der meist durch mechanische Ursachen induziert ist. In der Arbeit wird dieser Aspekt nicht näher betrachtet.

Bei einer Untersuchung von tribologischen Vorgängen sollten nicht nur die einzelnen sich im Kontakt befindlichen Körper betrachtet werden, vielmehr ist das gesamte Tribosystem von grundlegender Bedeutung.

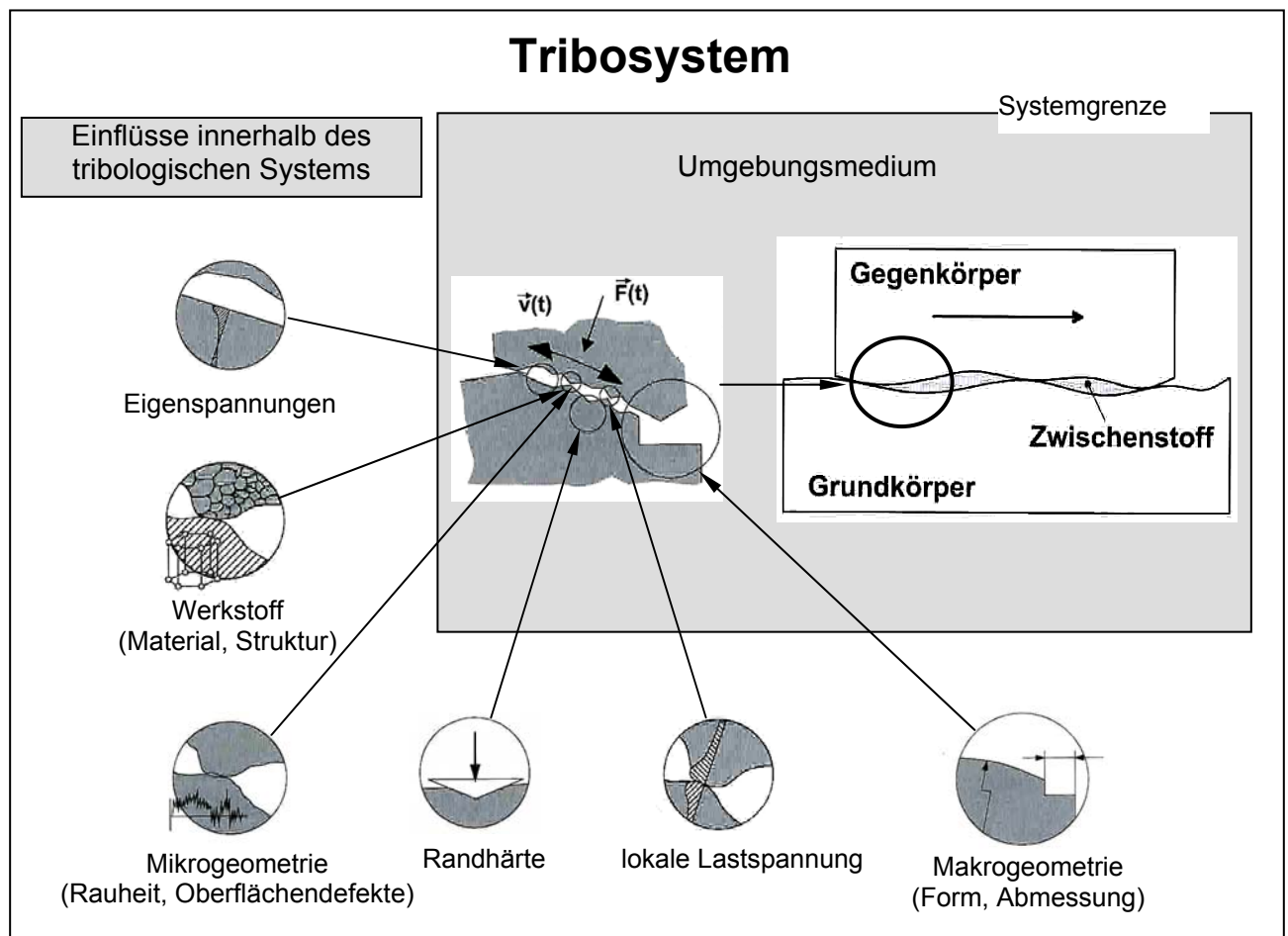


Abbildung 2.14: Geschlossenes Tribologisches System und dessen inneren Einflüsse /3/

Innerhalb der Systemgrenzen wirken zahlreiche Einflüsse die sich auf das Reibverhalten auswirken. Eine große Rolle spielt dabei die Mikrogeometrie, die Topographie des Werkstücks. /3/

2.3.1 Reibung

Reibung ist der Widerstand der sich zwischen zwei aufeinander abgleitenden Oberflächen einstellt. Werden beispielsweise 2 Körper unter einer Normalspannung F_N gegeneinander gepresst und durch die Reibkraft F_R in eine Relativbewegung versetzt, entsteht an den aufeinander wirkenden Oberflächen Reibung. Das Coulomb'sche Reibgesetz stellt den Zusammenhang zwischen Normalkraft F_N und Reibkraft F_R über die Reibzahl μ her. Die Reibzahl μ , auch Reibkoeffizient genannt, ist ein Maß dafür, wie groß die Reibkräfte sind, die zwischen den zwei Körpern wirken.

$$\mu = \frac{F_R}{F_N} \quad (15)$$

Die Haupteinflussgrößen auf das tribologische Verhalten in der Blechumformung sind:

- die vorgangsbedingte Flächenpressung, welche in der Blechumformung relativ niedrig ist;
- die Oberflächenbeschaffenheit von Werkzeug und Werkstück, dabei wird eine Grenzschmierbedingung vorausgesetzt;
- sowie die Scherfestigkeit der Grenzschmierschicht, welche u.a. auch vom verwendeten Schmiermittel abhängt.

Der Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit hat dabei im tribologischen System eine sehr große Bedeutung. Durch die Vielzahl von sich auf den Umformprozess auswirkenden Einflussgrößen, wie z.B. das Umformverfahren, die gezogene Blechform und die Werkstoffkennwerte, sind die Kenntnisse auf diesem Gebiet zum Teil sehr widersprüchlich und unzureichend. Nach /5/ lässt sich aber vereinfacht feststellen, dass beim Ziehen von Blechformteilen eine Mindestrauheit von c.a. $R_a \geq 0,5 \mu\text{m}$ erforderlich ist, um ein fehlerfreies Blechformteil herzustellen. Demnach verbessert sich das Ziehergebnis scheinbar mit einer zunehmenden Rauigkeit des Blechs. Es kann jedoch nicht generell ein gutes Umformergebnis bei einer möglichst hohen Rauheit des Blechs abgeleitet werden. Nach /6/ kann eine zu hohe Rauheit beim Tiefziehen von kreiszylindrischen Näpfen das Ziehergebnis wiederum auch negativ beeinflussen. Grundsätzlich gilt aber dass durch eine erhöhte Reibung ein größerer Kraft- und Energiebedarf im Prozess benötigt wird. Dies beeinflusst wiederum den Werkstofffluss und somit auch die Formänderungs- und Festigkeitsverteilung in der Umformzone. /4/

In der Reibung wird zwischen zwei Arten unterschieden. Bei der inneren Reibung gehören die beiden Stoffbereiche zu ein und demselben Körper. Die Reibung findet im Inneren eines metallischen Körpers, der plastisch umgeformt wird statt und äußert sich z.B. als Umformwärme. Die äußere Reibung tritt bei sich berührenden Stoffbereichen von verschiedenen Körpern auf.

Im Folgenden wird die äußere Reibung näher betrachtet, welche in die vier folgenden Reibungsarten unterteilt wird:

Festkörperreibung ($\mu > 0,3$)

Reibung beim unmittelbaren Kontakt von festen Körpern mit einer örtlich hohen Kontaktnormalspannung

Grenzreibung ($0,1 < \mu < 0,3$)

Abstand zwischen den Reibpartnern liegt im Bereich der Moleküldicke des Schmierstoffes

Mischreibung ($0,01 < \mu < 0,1$)

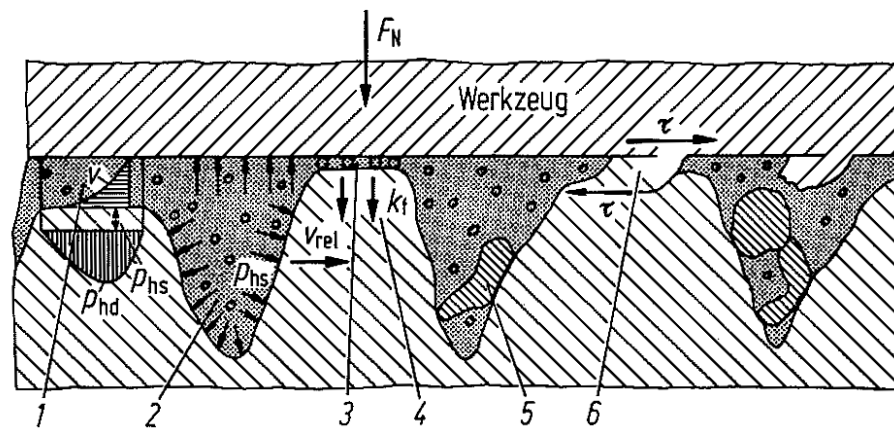
Stellenweise Grenzreibung, an den übrigen Stellen herrscht hydrodynamische Reibung

Flüssigkeitsreibung ($\mu < 0,01$)

Reibpartner werden durch einen flüssigen Schmierstofffilm vollständig getrennt, dieser kann hydrostatisch oder hydrodynamisch erzeugt werden

Einige Umformprozesse finden im Bereich der Grenzreibung statt, wie z.B. das Kaltfließpressen. Die Blechumformung hingegen fällt in den Bereich der Mischreibung. Im Folgenden wird am Beispiel der Mischreibung der Mechanismus im Umformprozess und die Oberflächenbeschaffenheit näher erläutert.

Beim Kontakt der glatten und härteren Werkzeugoberfläche mit der raueren und weicheren Blechoberfläche wird ein Kontakt mit einigen wenigen Rauheitserhebungen der Blechoberfläche hergestellt. Durch diese einzelnen punktuellen Berührungen werden auch bei kleinen Normalkräften in den Rauheitserhebungen hohe Spannungen hervorgerufen, wodurch es zu einer Verformung („Einebnung“) der Rauheitsspitzen und zu einer Einsinkung der Werkzeugoberfläche in die Blechoberfläche kommt. Durch den in den Profiltälern eingeschlossenen Schmierstoff baut sich ein hydrostatischer Druck auf, über den ein Teil der Normalkraft in die Blechoberfläche eingeleitet wird. Die Schmierstoffschicht in den „eingeebneten“ Rauheitsspitzen wird gleichzeitig verdrängt, wobei sich abhängig vom Schmierstoff und der Kontaktnormalspannung ein Grenzschnierfilm bildet. Durch die fortschreitende Verschiebung der beiden Oberflächen gegeneinander kommt es neben den Normalspannungen zusätzlich zu Schubspannungen, welche eine weitere zunehmende Einebnung der Rauheitsspitzen zur Folge hat. Kommt es nun mit fortschreitender Relativbewegung im Bereich der Grenzschnierung zu einem Abriss der Schmierstoffschicht, treten beide Oberflächen in direkten Kontakt und es kommt zur Festkörperreibung, wodurch Kaltverschweißungen in Form von Metallbrücken entstehen. Diese Metallbrücken werden mit fortschreitender Bewegung abgeschert oder abgerissen, dabei kann bei einem Abriss, auf der Werkzeugoberfläche ein Werkzeugübertrag entstehen. /4/



1. hydrodynamischer Druckaufbau (Flüssigkeitsreibung)
2. hydrostatischer Druckaufbau
3. Grenzschmierfilm
4. Einebnungsvorgänge
5. Abrasionspartikel
6. Adhäsion (Brückenbildung durch Kaltverschweißung)

Abbildung 2.15: Mechanismus der Mischschmierung /4/

2.3.1.1 Oberflächentopographie von Blechwerkstoffen

Wie schon auf der vorangegangenen Seite 17 erklärt ist, spielen sich die Reibungsverhältnisse in der Umformtechnik in der Regel im Bereich der Misch- und Grenzreibung ab. Dabei ist nicht nur die Höhe der Rauheitserhebungen auf der Blechoberfläche, d.h. die Rauheit an sich von Bedeutung, sondern die Form des gesamten Rauheitsprofils. In den Vertiefungen des Rauheitsprofils bilden sich Bereiche aus, in denen Schmierstoff eingeschlossen ist. Diese Bereiche werden geschlossene Schmierstofftaschen genannt. Die Schmierstofftaschen werden in die zwei folgenden unterschieden:

makroskopische Taschen, bei der Durchwölbung von Blech im Flanschbereich beim Tiefziehen

mikroskopische Taschen, Rauheit der Oberfläche bzw. Mikrotopographie

Durch eine hohe Kontaktnormalspannung die beim Umformprozess im Schmierpalt vorherrscht wird der in den Taschen eingeschlossene Schmierstoff komprimiert und hohen Drücken ausgesetzt. Dadurch bildet sich ein hydrostatisches Polster aus. Dieser Effekt kommt besonders dann zum tragen wenn sich die Schmierstofftaschen auf der Werkstoffoberfläche befinden. Bei einer Relativbewegung tritt außerdem ein hydrodynamischer Effekt an den Flanken der Taschen ein. Diese hydrostatischen- bzw. hydrodynamischen Effekte wirken sich zum Teil positiv auf Reibung und Verschleiß aus.

Die folgenden Punkte bilden dabei die wichtigsten Einflussgrößen auf die mikroskopischen Taschen:

- Schmierstofftaschen Größe und Geometrie
- stochastische Verteilung der Schmierstofftaschen auf der Oberfläche
- Kontaktnormalspannung und Relativgeschwindigkeit

Im Folgenden wird die gezielte Einbringung und Nutzung von Oberflächenmikrotopographien erläutert.

In der Blechumformung wird die Topographie der Werkstücke mit einer definierten Oberfläche versehen, welche das gesamte Tribosystem beeinflusst. Der Einfluss der Topographie ist vor allem für Bauteile mit einem großen Verhältnis Oberfläche zu Volumen von großer Bedeutung.

Die Mikrotopographie wird während des Herstellungsprozesses nach dem Kaltwalzen und Glühen mit so genannten Dressierwalzen als Negativ auf das Blechgrundmaterial aufgebracht. Um eine bestimmte Textur aufbringen zu können, werden die Walzen mit speziellen Verfahren behandelt. Diese Behandlung wird Texturierung genannt, ist aber in diesem Zusammenhang nicht mit der Textur eines Werkstoffes zu verwechseln. Nachfolgend werden einige ausgewählte Verfahren der Mikrostrukturierung näher beschrieben, wobei die Bezeichnung der Topographie dem Bearbeitungsverfahren der Walze entspricht:

SBT- Shot Blasting Texturing, die Aufrauung der Walzenoberfläche erfolgt durch den Beschuss mit Strahlmittel

EDT- Electro Discharge Texturing, die Aufrauung der Walzenoberfläche entsteht in einem funkenerosiven Prozess, die erzeugte Rauheit ist geringer und die Spitzenzahl höher als bei SBT

EBT-Electron Beam Texturing, punktweißes Aufschmelzen der Walzen mittels Elektronenstrahl, gleichmäßige Ausbildung von ringförmigen Kratern, durch eine Überlagerung der Krater kommt es zu einer pseudostochastischen Verteilung.

Pretex-Precision Texturing, Aufbringung einer elektrolytisch erzeugten Hartchromschicht, stochastische Verteilung von kalottenförmigen Taschen im Blechwerkstoff. /3/

Um die Topografie des Werkstoffes beschreiben zu können, gibt es mehrere Kenngrößen. Diese Kenngrößen beziehen sich immer auf einen Profilschnitt der jeweils betrachteten Oberfläche. Mit dem Tastschnittverfahren wird das Profil einer Oberfläche zweidimensional erfasst. Von den mit einem Tastschnittmesser ermittelbaren Oberflächenkenngrößen, werden nur die folgenden nach näher erläutert:

Arithmetischer Mittenrauhwert R_a

$$R_a = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |z(x)| dx \tag{16}$$

Arithmetische Mittel der Absolutbeträge der Ordinatenwerte des Rauheitsprofils.

Maximale Rauheitsprofilhöhe R_z

R_z ist das Arithmetische Mittel aus den maximalen Profilhöhen von 5 Einzelmessstrecken l_r .

Quadratischer Mittelrauhwert R_q

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} z^2(x) dx} \tag{17}$$

Als mittlere quadratische Abweichung der Rauheits-Ordinatenwerte von der Mittellinie ist R_q die Standardabweichung der Profilordinaten. statistisch repräsentativer als R_a .

Spitzenzahl RP_c

$$RP_c = \frac{\text{Anzahl Rauheitsprofilspitzen (peak count)}}{10 \text{ mm Bezugslänge}} \tag{18}$$

Anzahl der Profilunregelmäßigkeiten je Längeneinheit des Rauheitsprofils. Die Spitzenzahl wird unabhängig von der gewählten Messstrecke auf eine Länge von 10 mm bezogen. /17/

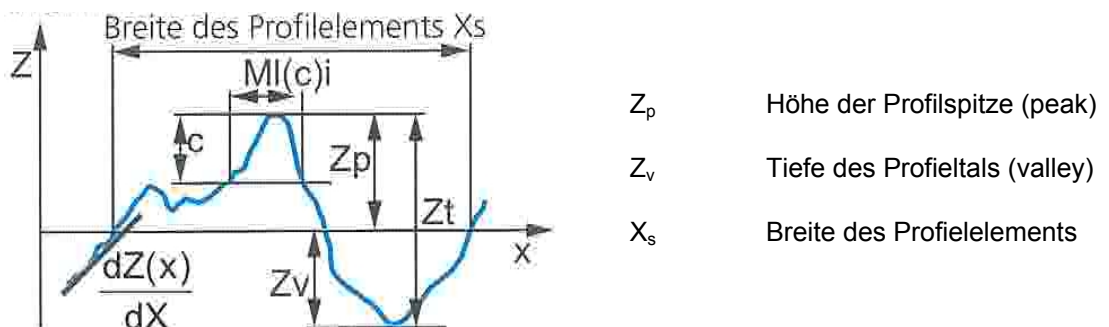


Abbildung 2.16: Geometrische Interpretation eines Oberflächenprofilelements /17/

2.3.2 Schmierung

Die Hauptaufgabe von Schmierstoffen in der Blechumformung ist die Minimierung der Reibung unter Beachtung einer bestmöglichen Ausnutzung der Umformbarkeit des Werkstoffs und die Minimierung des Verschleißes.

In der Blechumformung werden „isomate“ Bleche verwendet (durch spezielle Walzprozesse aufgeraute Oberflächen siehe Kapitel 2.4.1.1) um die Vertiefungen als Schmierstoff-Reservoirs zu nutzen. Die Wirkungsweise des Schmierstoffs in der Wirkfuge zwischen Werkzeug und Werkstück wurde bereits in Abschnitt 2.4.1 erklärt. Da in der Blechumformung meist ein Mischschmierzustand vorliegt, welcher sich zum Teil aus hydrostatischer- bzw. hydrodynamischer Schmierung, Grenzkörperschmierung und der nicht erwünschten Festkörperreibung zusammensetzt, ist die Hauptaufgabe bei einer hohen Flächenpressung und bei einer bestimmten Prozesstemperatur, ein Abreißen des Schmierfilms zu verhindern, damit es zu keiner Festkörperreibung kommen kann. Um diese Anforderungen zu gewährleisten sollten die eingesetzten Schmierstoffe eine oberflächenaktive Wirkung besitzen.

Eine standardisierte Einteilung der in der Umformtechnik verwendeten Schmierstoffe würde anhand der Vielzahl von Schmierstoffen keinen Sinn machen. Deshalb werden nur einige, in der Blechumformung üblicherweise eingesetzten Schmierstoffe, wie folgt grob eingeteilt:

- verdampfende Öle ($v_{20^{\circ}\text{C}} \approx 2 \text{ mm}^2/\text{s}$)
- Grundbeölung ($v_{40^{\circ}\text{C}} \leq 60 \text{ mm}^2/\text{s}$)
- Tiefziehöle ($v_{40^{\circ}\text{C}} \leq 500 \text{ mm}^2/\text{s}$)
- Tiefziehpasten und -fette
- Trockenschmierstoffe
- Umformfolien
- Zieh- und Gleitlacke

Flüssige Schmierstoffe bestehen aus einer Basisflüssigkeit, meist sind das Mineralöle und verschiedene Additiven. Additive werden nach ihrem Wirkmechanismus in AW- (anti wear, Verschleißschutz) und EP- (extreme pressure, Hochdruck) Additive unterteilt. AW- Additive wirken durch ihre polare Struktur auf physikalischem Weg. Durch Adsorption an der Werkstückoberfläche entsteht ein gut haftender Schmierstofffilm. Mit steigender Prozesstemperatur, wie sie lokal unter hohen Flächenpressungen auftritt, überwiegt die Desorption und die Schmierwirksamkeit lässt nach. Typische Beispiele für AW-Additive sind Esteröle und Fettsäuren. EP-Additive wirken ebenfalls physikalisch durch Adsorption. Bei höheren Temperaturen wird hier aber eine chemische Reaktion mit den Metallatomen in den Randschichten der beiden Reibpartner ausgelöst, wodurch korrosive Metallchlorid-,

Phosphat- oder -Sulfidschichten gebildet werden. Diese sich positiv auf das Verschleißverhalten an der Oberfläche auswirkt. Typische Beispiele für EP-Additive sind Chlorparafine, Organophosphate, geschwefelte Fettsäuren, sowie geschwefelte Kohlenwasserstoffe. /3/

2.4 Tribologische Untersuchungen in der Umformtechnik

Im Folgenden werden die Untersuchungen zum Thema Tribologie in der Umformtechnik kurz beschrieben und die Ergebnisse zusammengefasst aufgeführt.

2.4.1 Veränderung der Topographie von Blechwerkstoffen durch Dressierwalzenverschleiß und die Auswirkung auf das Umformverhalten

Das Tribologische System spielt eine wesentliche Rolle in der Umformtechnik. Insbesondere beeinflusst die Topographie eines Blechwerkstoffes die Reibung beim Tiefziehen, was sich wiederum auf die Bauteilqualität auswirkt. Bei der Herstellung von Außenhautbauteilen sowie bei komplizierten Zienteilen wird deshalb eine so genannte EDT-Textur auf das Blechband aufgebracht. Diese EDT-Topographien werden mit Dressierwalzen im letzten Walzenstrich bei der Blechbandherstellung erzeugt. Die Topographie der Dressierwalzen unterliegt dabei einem Verschleiß, welcher zu einer einhergehenden Veränderung der Blechtopographie führt. In der vorliegenden Arbeit ist das Ziel, die Veränderung der Topographie von Blechwerkstoffen durch einen Walzenverschleiß quantitativ zu erfassen und daraus resultierende Auswirkungen auf das Umformverhalten der Bleche im Presswerk der BMW Group zu untersuchen.

Die Ergebnisse aus dieser Arbeit lassen sich wie folgt kurz zusammenfassen. Durch den Verschleiß der Walzenoberfläche wurde eine Veränderung der Topographie eindeutig, mittels dreidimensionalen Oberflächenkenngrößen nachgewiesen. Eine Messung der Umformenergie während der Serienabpressung ergab nur geringe Variation von Coil zu Coil. Diese Variation ist aber nicht mit der Veränderung der Topographie zu erklären, obwohl sich die Topographie der Coils mit zunehmendem Walzenverschleiß signifikant verändert hat. Eine Erklärung dafür, lässt sich im stabilen Fertigungsprozess des untersuchten Karosseriebauteils finden, welcher selbst durch gravierende Einflüsse auf das tribologische System nicht beeinflusst wird. Außerdem wird durch eine vergleichsweise hohe Beölungsmenge von 2-3 g/m² mit einem niedrigviskosen Schmierstoff ein sicherer Prozessablauf erreicht. /7/

2.4.2 Modell zur Ermittlung der Reibfunktion im Tiefziehwerkzeug

Das Tiefziehen zum Herstellen von Blechprodukten erfährt eine wesentliche Beeinflussung durch die Reibung zwischen Werkstück und Werkzeug. Durch eine zu große Reibung können beispielsweise Bodenreißer und Oberflächenschäden am Bauteil auftreten. Normalerweise wird die Reibung mit Hilfe eines vereinfachten Prinzips z.B. den Streifenzugversuch untersucht. Das Problem dabei ist aber, dass der Spannungszustand beim Tiefziehen nicht vollständig abgebildet wird, so dass eine Bestimmung der Reibung nur näherungsweise erfolgen kann. Darüber hinaus bleibt die Druckabhängigkeit der Reibung unberücksichtigt, welche aber wegen der großen Druckänderung während des Tiefziehens für eine Analyse der Reibung unumgänglich ist.

In der vorliegenden Arbeit wurde daher ein Modell entwickelt, mit dem die Reibzahl bzw. Reibfunktion im Tiefziehwerkzeug auf Grundlage des Stempelkraft-Wegverlaufs ermittelt wird.

Das Versuchsprinzip ist dabei, die Reibzahl aus einem experimentell gemessenen Stempelkraft-Wegverlauf eines Tiefziehprozesses zu berechnen. Die Grundlage dafür sind die mechanischen Beziehungen im Tiefziehprozess. Tangentialspannungen im Flansch machen diese Beziehungen aber sehr komplex, so dass eine Vereinfachung dahingehend erfolgte, die Tangentialspannung zu vermeiden, wie es z.B. beim Streifenziehen mit doppelten Umlenkungen der Fall ist.

Das Streifenziehen mit doppelten Umlenkungen wurde in verschiedenen Dimensionen durchgeführt. Um den sehr aufwendigen Berechnungsprozess für die Reibfunktion beim Streifenziehen zu verkürzen, wurde am Zentrum für Technomathematik an der Universität Bremen ein Berechnungsprogramm entwickelt. Die Reibfunktion wurde in die FEM-Simulation eingebunden, um die tribologischen Größeneffekte in die Blechumformsimulationen zu berücksichtigen. Der Stempelkraft-Wegverlauf aus der Simulation liegt dabei etwas unter dem experimentellen Verlauf. Der Kontaktdruck am Ziehringradius ist im Experiment ungleichmäßig verteilt, im Berechnungsmodell wird hingegen eine gleichmäßige Verteilung angenommen. Diese wichtigen Unterschiede zwischen Simulation und Experiment stellen Arbeitspunkte für die Zukunft dar. /8/

3 Aufgabenstellung und Vorgehensweise

Die Aufgabe in dieser Arbeit ist die Untersuchung von verschiedenen Einflussfaktoren, welche sich bei der Blechumformung auf den Umformprozess, die Geometrie und die Oberflächenqualität eines Karosserieaußenhautbauteils auswirken.

Da in der Umformtechnik die Prozessparameter individuell auf jeden Herstellungsprozess und dessen Produktionsbedingungen zugeschnitten und nicht pauschal auf andere Herstellungsprozesse übertragbar sind, beziehen sich die Untersuchungen in dieser Arbeit nur auf ein Blechformteil, die Heckklappe Außenhaut E87 (HKL AH E87).

Im Folgenden wird die Heckklappe Außenhaut im Zusammenbauteil, HKL E87, dargestellt. In der Rohbauproduktion bei Magnetto werden derzeit 8 Zusammenbauteile (ZB) hergestellt: Die HKL E87 wird für den Kunden BMW produziert. E87 ist der Entwicklungscode für den 1er BMW. Maßgebend für die Geometrie eines ZB ist das Innenblech. Jedoch ist der Anteil den die Außenhaut zur Maßhaltigkeit eines ZB's liefert nicht zu vernachlässigen. Deshalb wird in dieser Arbeit nicht nur die Oberfläche bewertet, welche in der Produktion von Karosserie-Außenhautbauteilen eine sehr großen Stellenwert einnimmt, sondern es wird auch die Formgenauigkeit des Bauteils untersucht. Hierbei liegt das Hauptaugenmerk auf der Rückfederung. Abbildung 3.1 Zeigt das ZB der HKL E87 und deren einzelne Komponenten.

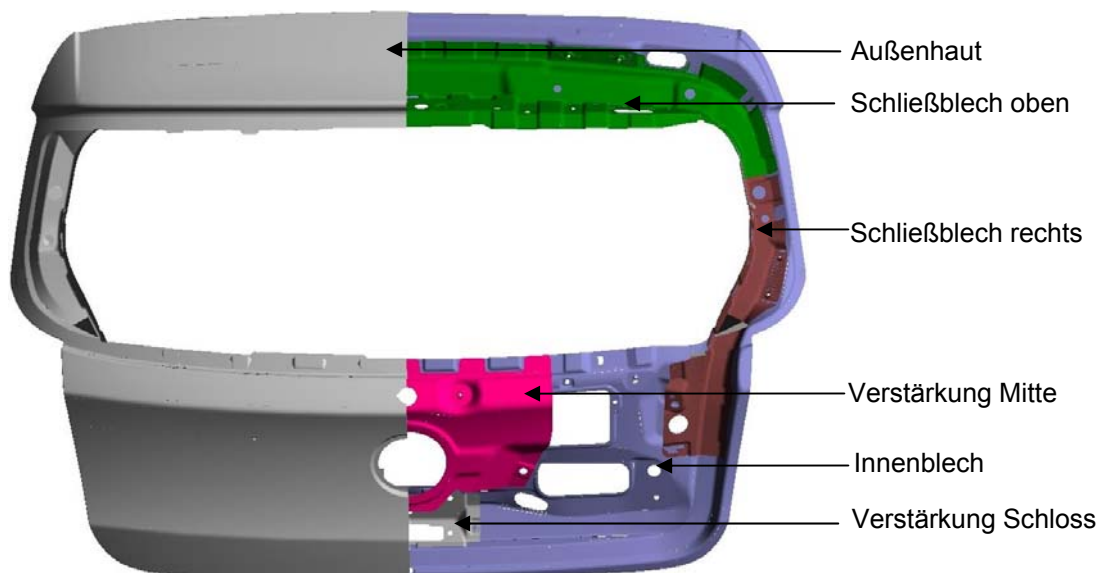


Abbildung 3.1: ZB HKL E 87

Bei der Herstellung von Blechformteilen in großen Stückzahlen ist im Presswerk ein störungsfreier Prozessablauf erforderlich. Dies wird unter anderem durch das Einhalten aller für die Prozesskette relevanten Prozessparameter gewährleistet. Schon eine geringfügige Änderung einzelner Prozessparameter bis hin zu deren Toleranzgrenzen, beeinflusst die Bauteilgeometrie, die Oberflächenqualität und den Umformprozess maßgeblich.

Um eine Vergleichsbasis für die Untersuchungen in dieser Arbeit zu schaffen wird die HKL AH E87 genau beschrieben. Dabei liegt das Hauptaugenmerk auf der Oberflächenqualität der Bauteilgeometrie und den geforderten Werkstückwerkstoffkennwerten. Des Weiteren wird der Herstellungsprozess und dessen Prozessparameter analysiert.

Durch eine genaue Betrachtung der Prozesskette und des Referenzteils wurden die folgenden, sich auf die HKL AH E87 auswirkenden, Einflussfaktoren identifiziert. Sie bilden auch die späteren Untersuchungsschwerpunkte in dieser Arbeit welche in folgender Tabelle aufgeführt sind

Tabelle 1: Untersuchungsschwerpunkte

Untersuchungsschwerpunkte	Spezifizierung
Ziehpressenparameter	Kraft-Weg-Verlauf
Platinenschneidanlage	Richtmaschine
Tribologie	Grundbeölung
Tribologie	Oberflächentopographie
Werkstückwerkstoffkennwerte	Materialkennwerte

Einige in Tabelle 1 genannten Prozesseinflussgrößen können nur durch eine Simulation bzw. Manipulation der Parameter untersucht werden. Die Untersuchungen erfolgen im Umformprozess immer unter Serienbedingungen.

Die Vermessung der Bauteilgeometrie wird bei Magnetto am CNC-Koordinatenmessgerät durchgeführt. Für die Untersuchung der Bauteilgeometrie bzw. der Rückfederung werden signifikante Messpunkte festgelegt. Des Weiteren wird für die Untersuchungen ein Messkonzept entwickelt. Dieser Sachverhalt wird im folgenden Abschnitt 4.1 noch näher erläutert.

Um die Bauteilgeometrie der einzelnen Versuche untersuchen zu können werden 15 HKL AH E 87 unter normalen Serienbedingungen hergestellt und vermessen, so das eine Vergleichsbasis für die Versuchsbauteile gibt.

4 Messsystem

Zur Vermessung der verschiedenen Bauteile kommen bei Magnetto 3 CNC-Koordinatenmessgeräte zum Einsatz. Zwei Koordinatenmessgeräte sind aus der Reihe Zeiss Carmet, das Dritte aus der Reihe Zeiss Pro T Premium. Es handelt sich um Horizontalarm-Koordinatenmessgeräte, welche an einem Messtisch befestigt und unabhängig von einander verfahrbar sind. Somit können auch unabhängig von einander verschiedene Messaufträge ausgeführt werden aber auch Kooperative. Bild 4.1 zeigt das für die Untersuchungen in dieser Arbeit verwendete Koordinatenmessgerät bei Magnetto. In Tabelle 2 werden noch einige relevante technische Daten aufgeführt. /9,10/



Abbildung 4.1: Koordinatenmessgerät Zeiss Carmet im Messraum bei Magnetto

Tabelle 2: Technische Daten der bei Magnetto verwendeten Koordinatenmesssysteme

Bezeichnung	Zeiss Pro T	Zeiss Carmet
Bauart	Horizontal-Arm Messgerät	
Tischgröße	8×3 m	6×3 m
Maschinentisch	Passbuchsen mit Gewindelöcher in einem Rasterabstand von 100 mm, zur Aufnahme der Messvorrichtungen	
Wiederholgenauigkeit	0,015 mm	
Messprogramm	Zeiss Holos NT 2.6	

4.1 Messkonzept

Die geometrische Bauteilvermessung der HKL AH E87 wird bei Magnetto auf dem 3D-Koordinatenmessgerät Zeiss Carmet durchgeführt.

Grundprinzip der Koordinatenmesstechnik

Zur Vermessung von Karosseriebauteilen wird ein rechtsdrehendes Fahrzeugkoordinatensystem vorausgesetzt. Das in Abbildung 4.2 abgebildete Fahrzeugkoordinatensystem ist das in der Automobilindustrie am meisten Gebräuchlichste und wird auch bei Magnetto verwendet.



Abbildung 4.2: Fahrzeugkoordinatensystem /11/

Der Ursprung des Koordinatensystems liegt genau im Mittelpunkt der Vorderachse des Fahrzeugs. In der DIN 70000 sind alle Achsen und Ebenen im Fahrzeug festgelegt und beziehen sich dabei auf alle im Fahrzeug befindlichen Bauteile und Komponenten. Die Sollgeometrie ist durch die Konstruktion im CAD bekannt und als CAD-Datensatz gespeichert. Damit ist die gesamte Fahrzeuggeometrie über Koordinaten im Fahrzeugkoordinatensystem definiert.

Ausrichtung des Werkstückkoordinatensystems und Auswertung von Messpunkten

Grundsätzlich gilt bei der Vermessung von Karosseriebauteilen, dass die Messmaschine mit dem Fahrzeugkoordinatensystem arbeitet und dass das Messmaschinenkoordinatensystem auch diesem entspricht. Beim Ausrichten wird das Werkstückkoordinatensystem in das Fahrzeugkoordinatensystem hineingedreht bis die Ausrichtpunkte übereinstimmen. Es gibt zwei Möglichkeiten für eine Ausrichtung. Entweder wird das Werkstück über Regelgeometrien (Zylinder, Geraden) durch eine Ausgleichsrechnung ausgerichtet oder es wird eine Besteinpassung, ein so genanntes Bestfit durchgeführt. Bei Magnetto und auch bei dieser Untersuchung kommt die letztere Methode zur Anwendung. Beim Bestfit positioniert die Software das Werkstück rechnerisch so im Raum, dass alle gemessenen Ausrichtpunkte bestmöglich mit dem CAD-Modell übereinstimmen. Dabei besteht eine Ausrichtung aus mehreren

Ausrichtungen, da es dem Meßsystem rechnerisch nicht möglich ist, die Ausrichtpunkte in einer Iteration mit dem CAD-Modell in Übereinstimmung zu bringen. Eine spezielle Software, HOLOS von ZEISS, zur Vermessung von Freiformflächen, ermöglicht den Vergleich des Werkstücks mit dem CAD-Datensatz. Nach der Ausrichtung werden während der Bauteilvermessung die Abweichungen der angetasteten Punkte zum CAD-Modell ausgewertet und in X, Y, Z ausgegeben. /12/

Koordinatenmessung der HKL AH E87

Karosseriebauteile werden üblicherweise auf eine Bauteilaufnahme (BTA) gespannt und gemessen. Diese befindet sich immer an der gleichen Position auf dem Maschinentisch. Die HKL AH E87 wird im Gegensatz dazu auf eine Lehre gespannt und vermessen, welche keine feste Position auf dem Messmaschinentisch hat. Deshalb wird nicht nur das Werkstück, wie bei einer BTA, CNC-Feinausgerichtet, sondern die Lehre wird zusätzlich noch manuell ausgerichtet, um ihre Position zu definieren. Dies wird auch Grobausrichtung genannt. Dazu werden an der Lehre angebrachte Referenzkugeln angetastet. Bei der anschließenden Feinausrichtung positioniert die Software das Werkstück rechnerisch so im Fahrzeugkoordinatensystem, das alle gemessenen Ausrichtpunkte bestmöglich mit dem CAD-Modell übereinstimmen. Ein Bestfit wird durchgeführt. Die für die Ausrichtung der HKL AH E87 angetasteten Messpunkte sind auf der ersten Seite im Messbericht im Anhang 1 dargestellt. Abbildung 4.3 zeigt die Lehre mit einer darauf gespannten Heckklappe.

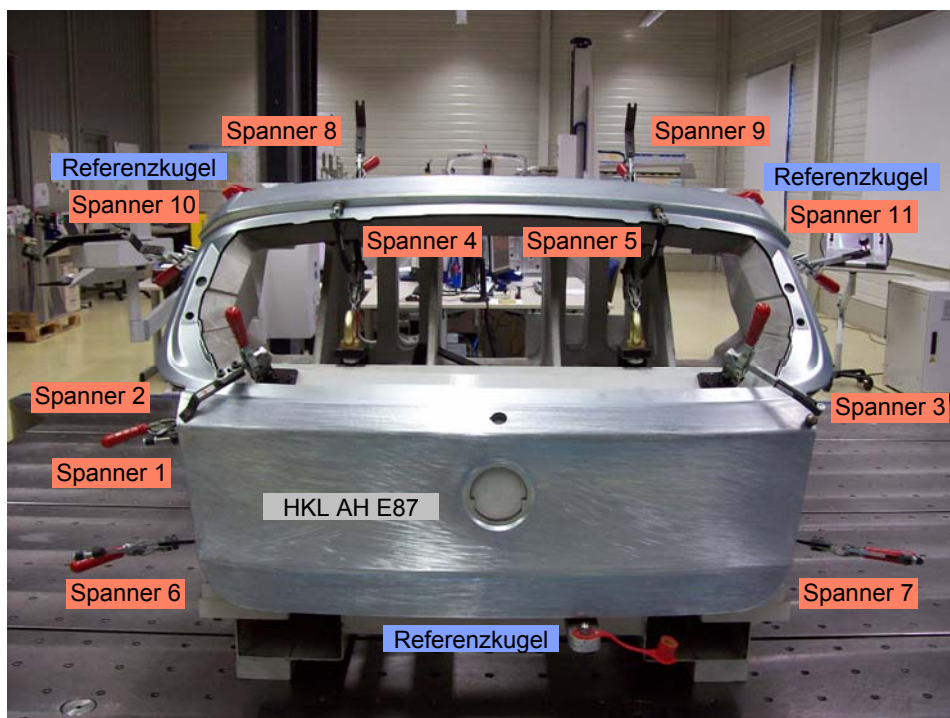


Abbildung 4.3: Lehre der HKL AH E87 mit Spannern und Referenzkugeln

Problemstellung:

Um ein Verrutschen des Bauteils zu verhindern wird es mit Spannern an der Lehre fixiert (siehe Abb. 4.3 S. 28). Für die Messung des Aufsprungs müssen aber einige Spanner vorsichtig geöffnet werden, ohne dabei die Lage des Bauteils auf der Leere zu verändern. Bis zum jetzigen Zeitpunkt wurde die CNC-Feinausrichtung immer mit offenen Spannern durchgeführt. Das Problem ist dabei aber, dass hier das Aufsprungsverhalten ausgerichtet wird und ein verfälschtes Bestfit erzeugt. Dadurch entstehen bei einer anschließenden Messung, bei der die Sollwerte mit den Istwerten verglichen werden, verfälschte Messergebnisse.

Neue Messmethode:

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde deshalb eine neue Methode zur Messung des Aufsprungsverhaltens entwickelt. Bei dieser Methode wird die Ausrichtung mit geschlossenen Spannern durchgeführt. Nach der Ausrichtung werden die Spanner 6, 7, 8, 9, 10 und 11 vorsichtig geöffnet. Durch ein Öffnen dieser Spanner ist das Bauteil immer noch gegen ein Verrutschen gesichert. Im Anschluss erfolgt die Vermessung des Bauteils, welche nun korrekte Messergebnisse liefert.

4.2 Auswertung der Messergebnisse

In diesem Kapitel wird die Auswertung für die geometrische Bauteilvermessung der einzelnen Versuche erläutert.

Eingrenzung der Messpunkte

Die relevanten Messpunkte bei einer AH-Vermessung lassen sich in 3 Kategorien einteilen: Strak, Fuge, Flanschstellung. Da die Strak-Punkte das Aufsprungsverhalten am besten darstellen, gehören die betrachteten Messpunkte ausschließlich zu dieser Kategorie. Um den Aufsprung optimal untersuchen zu können, wurden 42 Messpunkte, welche sich in 3 verschiedene Bereiche unterteilen lassen, untersucht. Die drei Bereiche mit der genauen Lage der gemessenen Punkte am Bauteil wird in Kapitel 5.4. Bild 5.3 Seite 41 ausführlich dargestellt.

Auswertung der Ergebnisse aus den Messberichten

Nach jeder Bauteilvermessung werden die Tastpunkte rechnerisch ausgewertet und in einem Messbericht ausgegeben. Ein Beispiel eines Messberichts mit allen in dieser Arbeit betrachteten Messpunkten ist in Anlage 1 zu finden. Bild 4.4 zeigt einen Ausschnitt aus einem Messbericht mit einem ausgewerteten Messpunkt und eine Erläuterung.

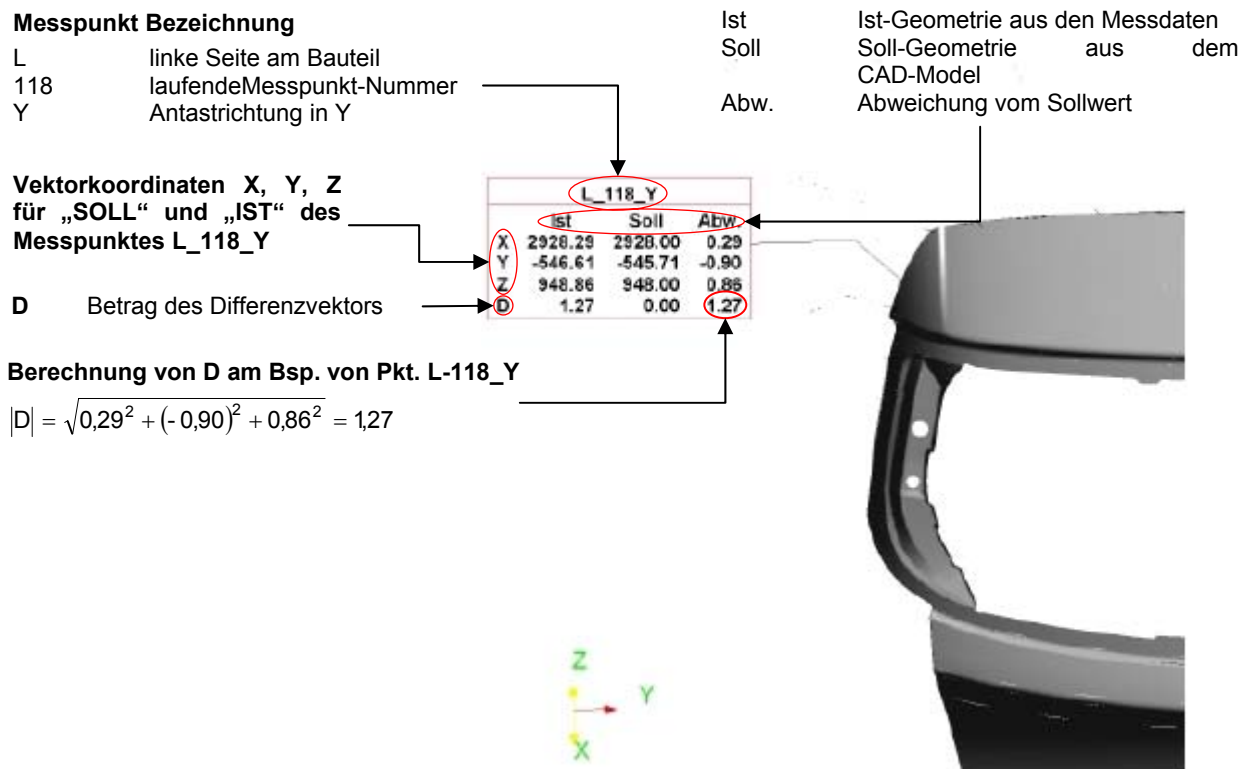


Abbildung 4.4: Beispielhafte Auswertung eines Messpunktes und Erläuterung

Auswertung der Messergebnisse aus dem Messbericht im Liniendiagramm

In allen Versuchsreihen wird stets nur der Betrag und die Richtung des Differenzvektors D betrachtet und im Liniendiagramm ausgewertet. D entspricht der Abweichung vom Soll-Wert. Die Koordinate des Differenzvektors werden aus der Differenz der Koordinaten der beiden Vektoren „Soll“ und „Ist“ gebildet. Der Betrag ist ein Maß für die Länge des Differenzvektors D und ist immer eine nichtnegative reelle Zahl. Das Messprogramm berechnet mit dem Pythagoreischen Lehrsatz, aus den einzelnen Koordinaten, D wie folgt:

$$|D| = \sqrt{D_x^2 + D_y^2 + D_z^2} = D \quad (19)$$

Jeder Vektor \vec{D} besitzt auch einen sog. inversen auch Gegenvektor genannt $-\vec{D}$. Die beiden Vektoren sind gleichlang, besitzen aber eine entgegengesetzte Richtung, was sich im unterschiedlichen Vorzeichen ausdrückt. In der Auswertung der Ergebnisse wird eine Richtungsumkehr von D mit dem Vorzeichen unterschieden. /13/

Die im Rahmen dieser Arbeit ermittelten Messergebnisse aus den Messberichten werden in einem Excel erstellten Liniendiagramm dargestellt und ausgewertet. Dabei beträgt der Stichprobenumfang jeder Messreihe immer 15 Heckklappen. Für jede Versuchsauswertung werden die arithmetischen Mittelwerte der aus den Absolutwerten gebildet wird, herangezogen. Zusätzlich wird außerdem die Standardabweichung als Maß für die Streuung der Stichproben angegeben.

Verwendete Formeln:

Der arithmetische Mittelwert wird nach folgender Formel berechnet:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i| = \frac{|x_1| + |x_2| + \dots + |x_n|}{n} \quad (20)$$

Die Standardabweichung berechnet sich wie folgt:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (|x_i| - \bar{x})^2} \quad (21)$$

mit: n Umfang einer Messreihe

i 1,2,..., n

x_i Merkmalswert

Beim direkten Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Messergebnissen der Serie wird die Differenz der beiden Mittelwerte ausgewertet und wie folgt berechnet:

$$|\Delta_{SE/VX}| = \bar{x}_{SE} - \bar{x}_{VX} \quad (22)$$

mit: \bar{x}_{SE} Mittelwerte der Serie

\bar{x}_{VX} Mittelwerte des Versuchs

5 Gegenstand der Untersuchung

Bei Magnetto werden zurzeit im Presswerk etwa 45 Karosseriebauteile hergestellt was sich je nach Auftragslage auch ändern kann. Wie bereits in Kapitel 3 erwähnt, werden außerdem 8 ZB als Zulieferteile für BMW und Skoda im Rohbau gefertigt. Die Untersuchung in dieser Arbeit richtet den Fokus auf die Heckklappe des 1er BMW (E87) im Speziellen auf die Heckklappe (HKL) Außenhaut (AH) im Umformprozess. Im Folgenden wird die HKL AH E87 näher charakterisiert und auf den Herstellungsprozess eingegangen.

5.1 Analyse der Prozesskette

In diesem Kapitel wird die gesamte Prozesskette von der Anlieferung der Coil's bis zum fertigen Blechformteil betrachtet.

Nach der Coilanlieferung und Lagerung (die verschiedenen Materiallieferanten werden in folgender Abbildung 5.1 Seite 33 aufgeführt) werden diese, dem darauf folgenden Herstellungsprozess entsprechend, zu Platinen bestimmter Abmessung zugeschnitten. Da die Herstellung von mittel- bis großflächigen Blechformteilen nicht direkt vom Coil erfolgt, sondern von gestapelten Platinen, darf die Aufgabe der Platinenschneidanlage im gesamten Herstellungsprozess nicht unbeachtet bleiben.

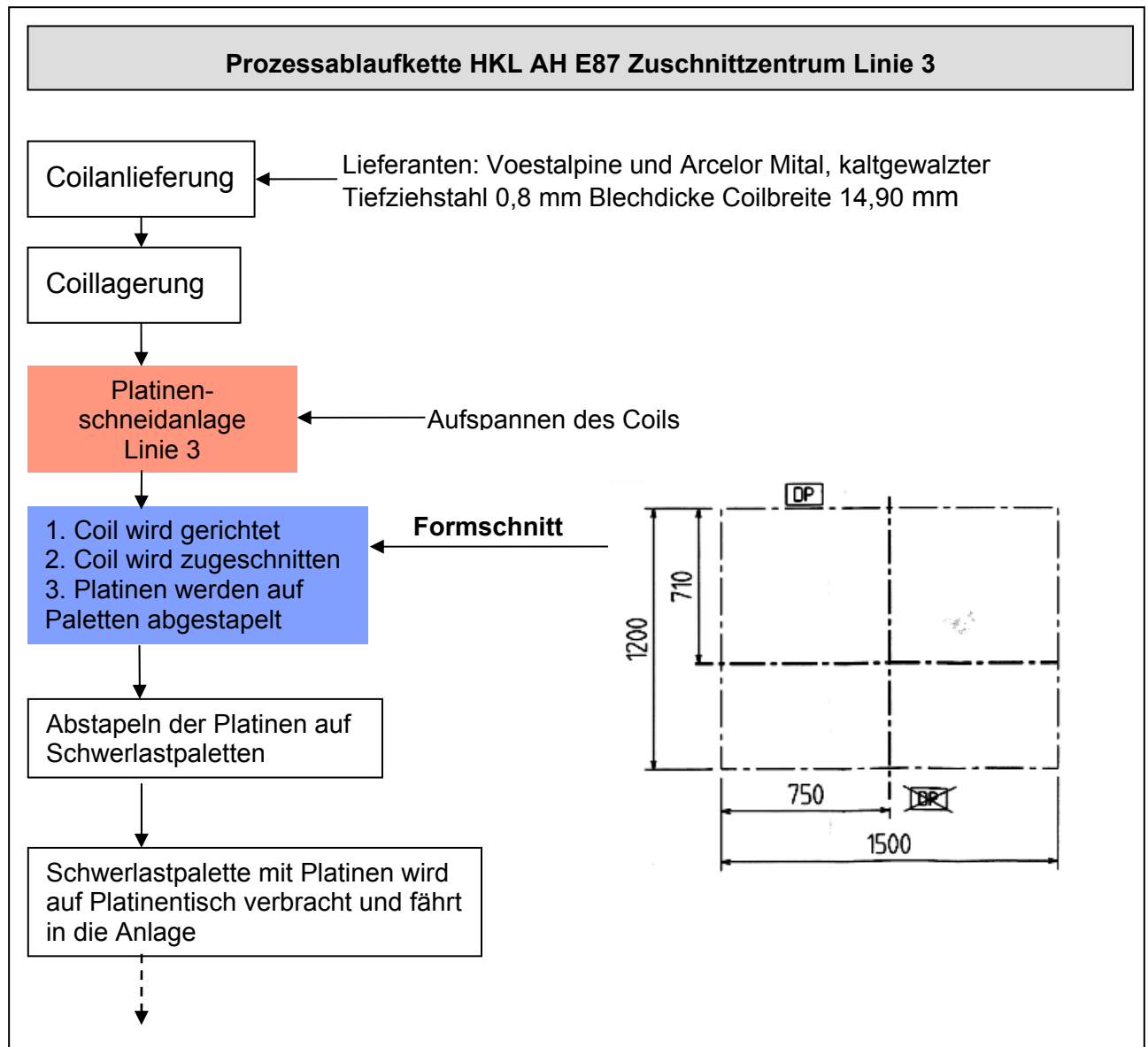
Eine Platinenschneidanlage setzt sich aus den folgenden Komponenten zusammen:

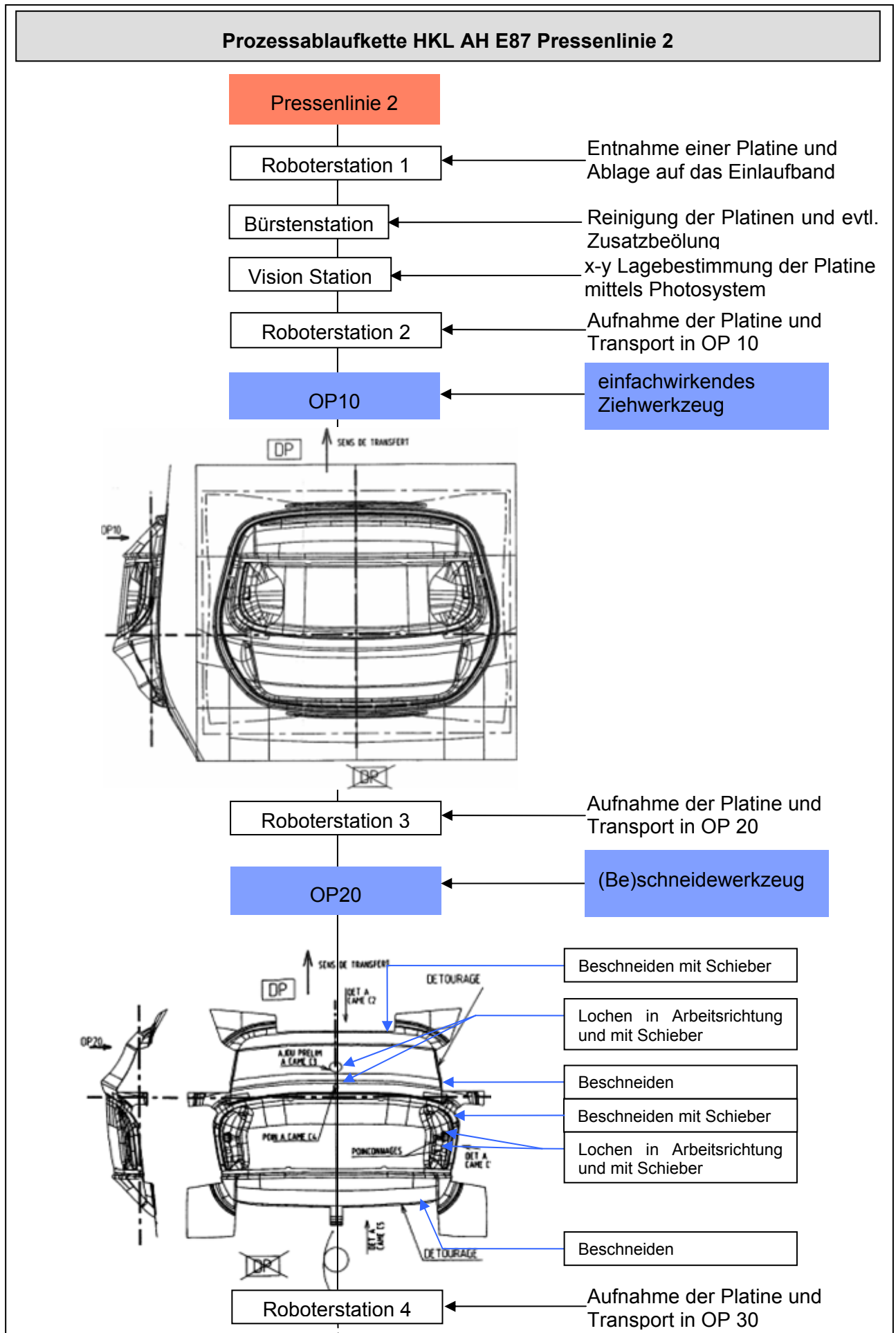
- (1) Bandanlage
- (2) Schneidpresse
- (3) Stapelanlage

Da in dieser Arbeit sich eine Untersuchung mit dem Richten von Platinen befasst, wird an dieser Stelle nur die Komponente Bandanlage näher betrachtet

Die Bandanlage bei Magnetto ist für eine Verarbeitung von Stahlblechen bis zu einer Zugfestigkeit von max. 1000 N/mm² konzipiert. Nach dem das Coil am Bandladestuhl geladen wurde ist die Aufgabe der Einseitenhaspel das Coil zu übernehmen, es mittels Entfernungsmessgerät anlagenmittig zu zentrieren und das Blechband abzuwickeln. Über die Einfädeleinheit wird das Blechband zur Schopfschere transportiert, welche den Bandanfang abschneidet der über eine Schrottweiche in den Schrottbehälter fällt. Das Band wird dann weiter bis zum Einzugswalzenblock, der Richteinheit transportiert. Die Aufgabe der Richtmaschine ist das Blechband aus der gekrümmten Form in eine ebene Form zu bringen und eine gleichmäßige Befüllung der Schlaufengrube zu gewährleisten. In der Schlaufengrube wird ein Bandvorrat gebildet, der beim Automatikbetrieb eine kontinuierliche Bandzuführung zur Schnittpresse gewährleisten soll. /14 /

Abbildung 5.1 auf den Seiten 33, 34 und 35 zeigt die Prozesskette für die Herstellung der HKL AH E87 mit einer Erläuterung der einzelnen Stationen.





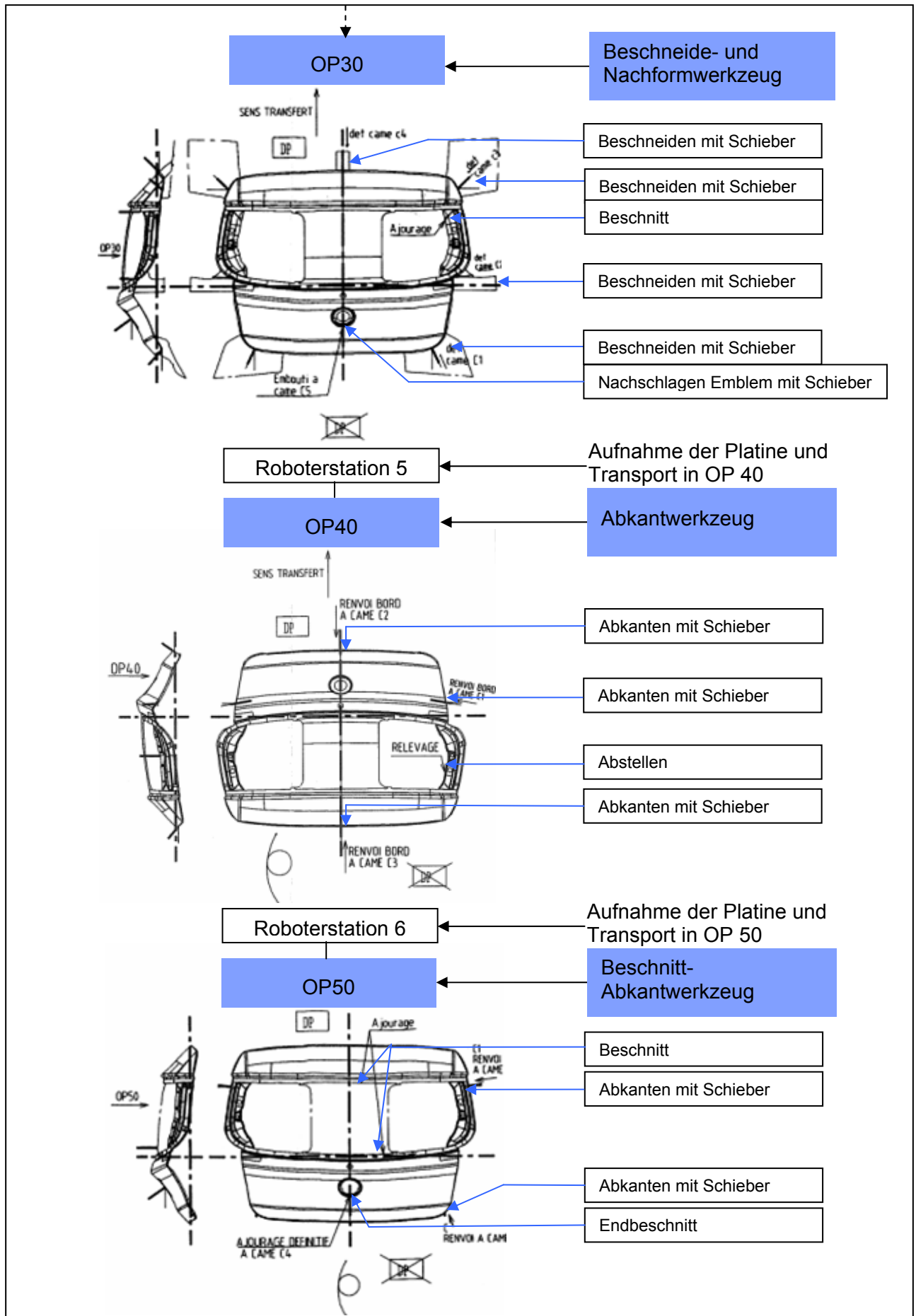


Abbildung 5.1: Prozesskettenbeschreibung für die HKL AH E87 /15/

Die Serienfertigung der HKL AH E87 erfolgt auf der Pressenlinie 2. Diese besteht aus 5 hintereinander angeordneten hydraulischen Einzelpressen, den Operationen (OP's). Die einzelnen OP's sind mit Transporteinheiten, den Roboterstationen, verkettet. Die Anzahl der genutzten Pressen in der Linie 2 richtet sich nach der Anzahl der Operationen, die für den Herstellungsprozess des jeweiligen Blechformteils notwendig sind. /16/

Beim Herstellungsprozess der Heckklappe wird in der Tiefziehpresse, OP10, das Blechformteil in seiner groben Bauteilgeometrie ausgeformt. Das bedeutet, dass hier die Grundlage für das Maß im Fertigteil geschaffen wird. Ein typisches Problem beim Umformprozess ist dabei die Rückfederung. Nach der Entlastung, am Ende des Umformprozesses federt das verformte Werkstück in Richtung seines Ausgangszustandes zurück, so dass es nicht mehr der, im Werkzeug definierten, Soll-Geometrie entspricht. Die Rückfederung ist ein Effekt der in jedem Blechformteil nach dem Umformprozess auftreten kann, so auch bei der Heckklappe AH E87. Nach der Umformung einer Platine hat diese immer das Bestreben in ihren Ausgangszustand zurückzukehren. Im Tiefziehprozess wird das Blechformteil durch den Streckziehanteil und der daraus resultierenden Kaltverfestigung in seiner Form gehalten. Der Hauptanteil der Rückfederung resultiert somit aus dem Tiefziehen im Umformprozess, wo die Platine nicht aus der Dicke, sondern aus der Breite fließt. Im Umformprozess spielen viele Faktoren eine Rolle, die die Größe der Rückfederung beeinflussen können. Ein Einflussfaktor der beispielsweise direkt aus der Ziehpresse OP 10 resultiert, ist ein zu niedrig eingestellter Ziehkissendruck während des Umformprozesses in der Streckziehphase. Dadurch dass das Material nicht entsprechend seiner Blechkennwerte genügend gedehnt wird, läuft in der Tiefziehphase zu viel Material in das Werkzeug ein. Am Ende des Umformprozesses, nach dem Öffnen des Werkzeugs, versucht das Blechformteil in seine Ausgangsform zurück zu kehren. Durch den Materialüberschuss im Ziehteil vergrößert sich der Aufsprung. Durch diesen Effekt wird die gesamte Bauteilgeometrie flacher.

Auch Schneidoperationen wie sie in OP 20, 30 und 50 ausgeführt werden, kann den Rückfederungseffekt des Blechformteils beeinflussen. Da aber in dieser Arbeit der Fokus auf der aus dem Tiefziehprozess resultierenden Auffederung gerichtet ist, wird an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen.

5.2 Blechkennwerte und Prozessparameter in der Ziehpresse

Folgend werden die für den Serienprozess geltenden Blechkennwerte und Prozessparameter aufgeführt.

Tabelle 3 zeigt relevante Blechkennwerte. Die Blechkennkarte für die HKL AH E87 ist im Anhang 2 zu finden und wurde nach der DIN EN 10143 und der GS 93005-2 erstellt.

Tabelle 3: Blechkennwerte für die HKL AH E87

Bauteilbezeichnung: Heckklappe Außenhaut E87	
<i>Materialbezeichnung: weicher Stahl für die Kaltumformung (Stahlsorten und mechanische Eigenschaften in Anlehnung an DIN EN 10143 & BMW GS 93005-2)</i>	
Stahlsorte: DX56D+Z (Werkstoffnummer: 1.0322)	D Flacherzeugnisse aus weichen Stählen zum Kaltumformen X Art des Walzens (warm oder kalt) nicht vorgeschrieben 56 Zweistellige Kennzahl der Sorte D Schmelztauchüberzüge Z mit Zink überzogen
Dehngrenze $R_{p0,2}$ in $[N/mm^2]$:	120-180
Zugfestigkeit R_m in $[N/mm^2]$:	270-350
Bruchdehnung A_{80} min in [%]:	40
Senkrechte Anisotropie r_{90} min	2,0
Verfestigungsexponent n_{90} min	0,21
<i>Oberflächentopographie nach Erfahrungswerten lt. BMW</i>	
Arithmetischer Mittenrauhwert R_a in $[\mu m]$:	1,1 bis 1,6
Spitzenzahl RP_c	>50
<i>Beölungsmittel</i>	
Grundbeölung der Platine:	FUCHS Anticoprit PL 3802-39S
Beölungsgrad in $[g/m^2]$:	Leicht 0,8-1,2

Für eine Serienabpressung müssen die für das Bauteil geltenden Prozessparameter der Ziehpresse eingestellt werden. In der Praxis gibt es dafür zwei Möglichkeiten. Zum einen kann die Grundeinstellung anhand von für den Prozess ermittelten Parametern erfolgen. Die eingestellten Parameter sind zu Beginn einer Abpressung immer die gleichen und werden während des Produktionsprozesses an die vorherrschenden Bedingungen angepasst. Die zweite Möglichkeit ist, die Prozessparameter der letzten Abpressung einzustellen und diese dann an den laufenden Prozess anzupassen und nachzuregulieren. Bei Magnetto kommt die zweite Variante zum Einsatz.

Die Referenzbauteile wurden mit den folgenden in Tabelle 4 aufgeführten Prozessparametern und Materialkennwerte produziert.

Tabelle 4: Prozessparameter und Materialkennwerte

Prozessparameter und Materialkennwerte	
Sandarteeinstellung für das Ziehkissen in [kN]	
Zylinder 1	520
Zylinder 2	520
Zylinder 3	550
Zylinder 4	550
max. Stoßelkraft in [kN]	6000
Pressensteuerung	Kraft-Weg-Umschaltung
Oberflächentopographie	folglich Blechkennkarte
Beölung	folglich Blechkennkarte
Materialkennwerte	folglich 3.1 Zeugnis

5.3 Charakterisierung des Versuchsbauteils nach den BMW Group Standards

Im Folgenden werden die für das Bauteil HKL AH E87 geltenden nationalen DIN Normen und Toleranzen für spanlose gefertigte Blech-Einzelteile benannt.

Tabelle 5: DIN Normen zur spanlosen Fertigung von Blech-Einzelteilen

DIN ISO 128	allgemeine Grundlagen der Darstellung von technischen Zeichnungen
DIN ISO 1101	Allgemeines zu Form und Lagetoleranzen für die geometrische Bauteildefinition
DIN EN 10048	Warmgewalzter Bandflachstahl
DIN EN 10051	kontinuierlich gewalztes Blech und Band ohne Überzüge

Diese Normen dienen als Grundlage für den BMW Group Standard und sind in der GS 90013 hinterlegt. In der Anlage 3 befindet sich ein Auszug aus der GS 90013.

Des Weiteren gibt es Vorgaben betreffend Oberflächenqualität bzw. Oberflächenoptik seitens des Auftraggebers, BMW. Hier wird mit einem so genannten Arbeitsmuster gearbeitet. Das Arbeitsmuster ist ein Musterteil, welches in Abstimmung mit dem Kunden BMW festgelegt wird. Jede Abpressung der HKL AH E87 erfolgt mit einem Vergleich, Ist-Bauteil und Soll-Zustand des Arbeitsmusters. Das Arbeitsmuster und die dazugehörigen Bewertungskriterien sind in Abbildung 5.2 dargestellt.

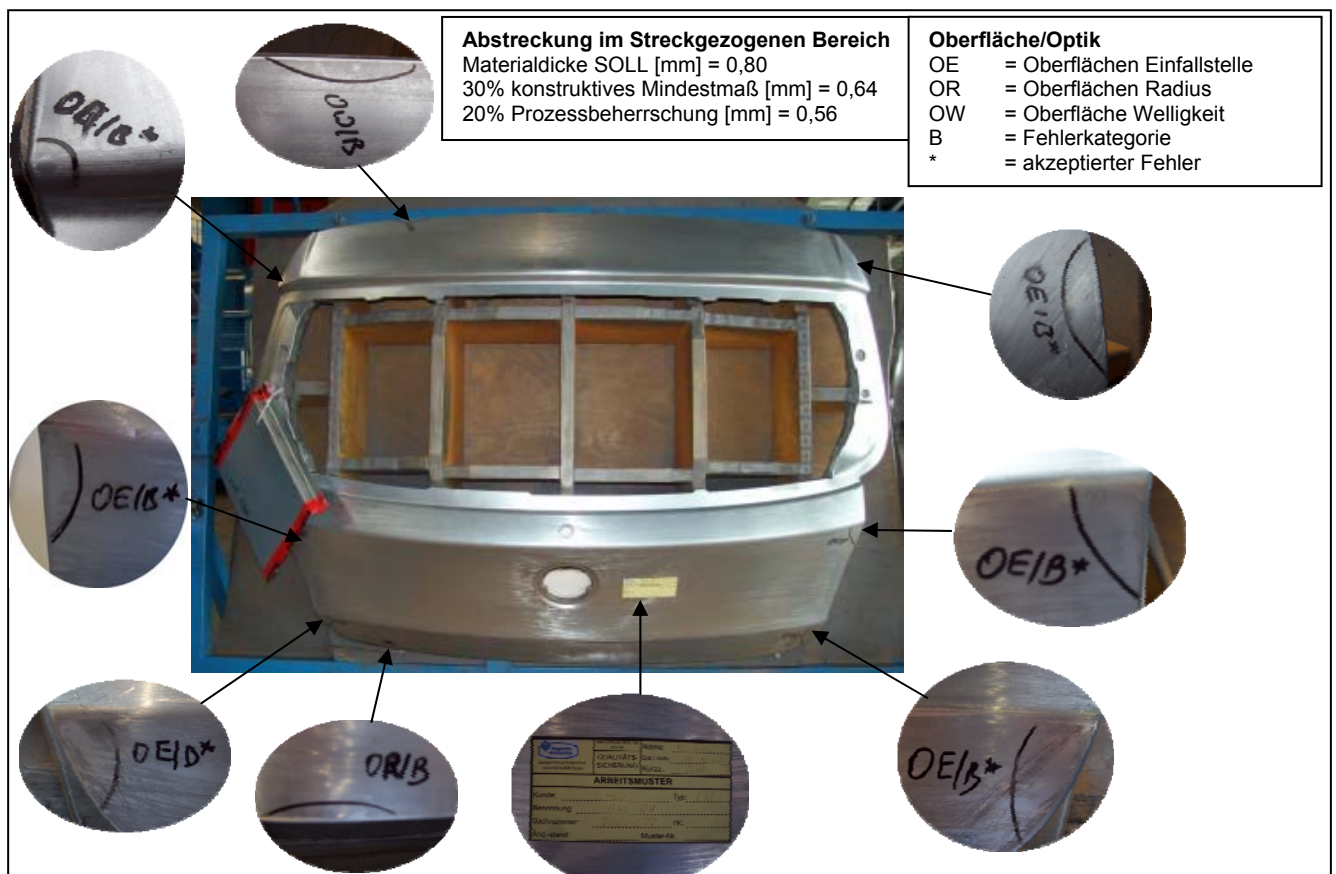


Abbildung 5.2: Arbeitsmuster für die HKL AH E87

Um eine Vergleichsbasis zu schaffen wird stündlich eine Heckklappe aus der laufenden Produktion abgezogen. Das Abziehen ist eine gängige Praxis in der Umformtechnik, um Oberflächenfehler wie Beulen Dellen und Pickel sichtbar zu machen. Dabei wird mit einem Abziehstein aus Edelmetall der Körnung 300 K im abrasiven Verfahren die Oberfläche des Bauteils so verändert, dass Oberflächenfehler sichtbar werden. Wird beim anschließenden Vergleich mit dem Arbeitsmuster eine Abweichung festgestellt, wird die laufende Produktion gestoppt und der Anlagenfahrer versucht die Ursache des Fehlers zu finden und zu beheben. Währenddessen werden alle Behälter zwischen dem letzten und vorletzten Stundenteil gesperrt und eine Sortieraktion wird eingeleitet. Ein Qualitätsbeauftragter entscheidet ob der Fehler kundenrelevant oder nicht kundenrelevant ist. Ist der Fehler kundenrelevant wird die Produktion abgebrochen und die Fehlerursache sollte schnellstmöglich gefunden und behoben werden. Ist der Fehler nicht kundenrelevant und kann aber nicht sofort durch den Anlagenfahrer in der laufenden Produktion behoben werden, wird vom Qualitätsbeauftragten ein Grenzmuster erstellt, welches als neue Vergleichsgrundlage dient, bis der Fehler behoben ist.

Bei der Bewertung der Bauteilqualität in den Versuchreihen wird als Vergleichsbasis das in Abbildung 5.2 Seite 39 dargestellte Arbeitsmuster verwendet.

5.4 Darstellung der Bauteilgeometrie in der Serienproduktion

In diesem Abschnitt werden unter anderem die Positionen der einzelnen Messpunkte, für die geometrische Bauteilvermessung der HKL AH E87, am CAD-Modell dargestellt. (siehe Abbildung 5.3, links) Mit einer geometrischen Bauteilvermessung von 15 im Serienprozess hergestellten Heckklappen AH E 87 und der Auswertung der Messergebnisse, kann eine Verlauf für 3 Bereiche, in einem Liniendiagramm dargestellt werden. Die im Liniendiagramm Dargestellten Messergebnis (Siehe Abb. 5.5 S. 42, 43) der Serie (SE) dienen als Vergleichsbasis für die Untersuchungen in dieser Arbeit.

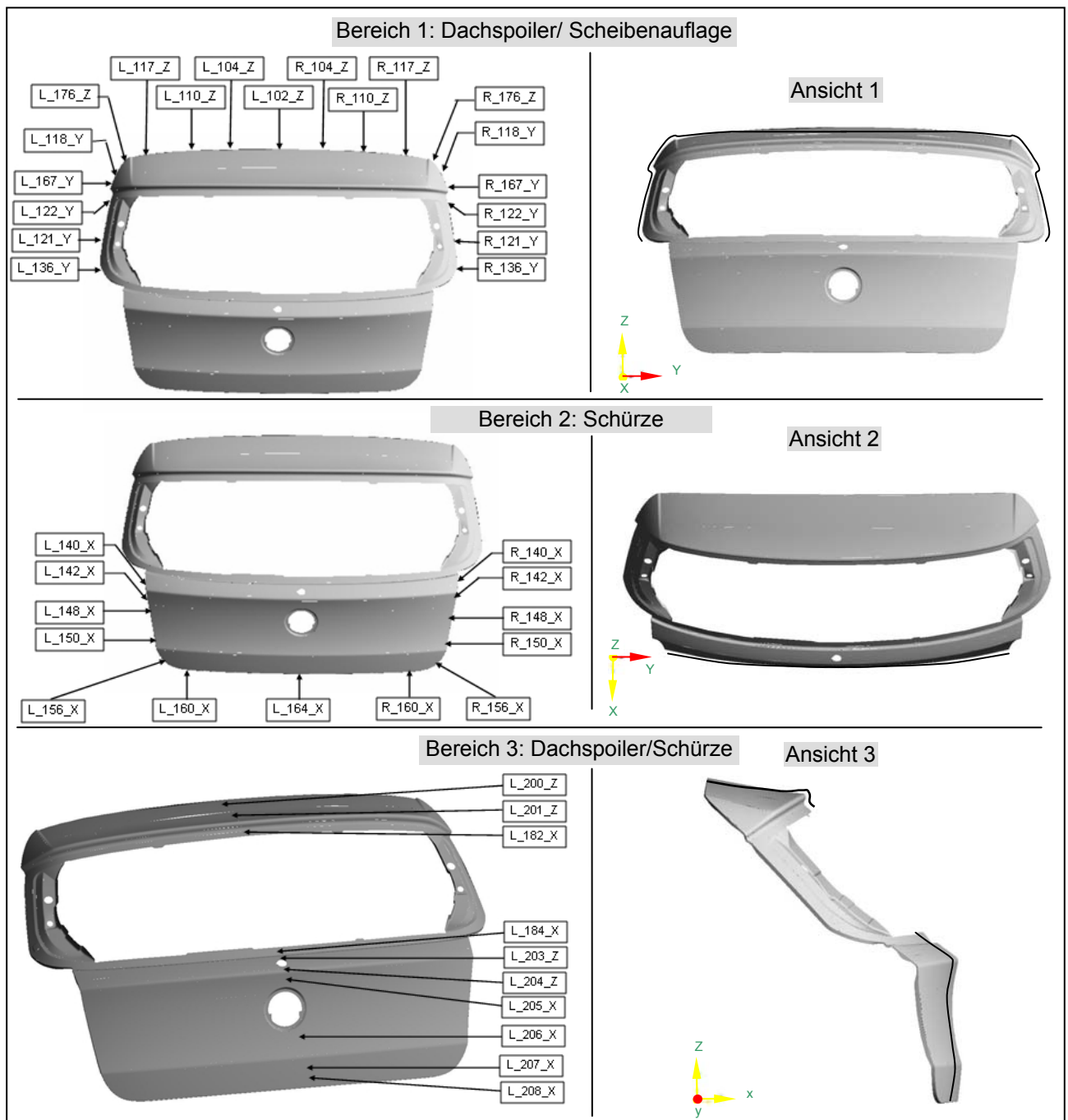


Abbildung 5.3: Position der angetasteten Messpunkte am Bauteil HKL AH E87 (li.), schematische Darstellung des Aufsprungs am gedrehten CAD-Modell (re.)

Um das Verformungsverhalten besser zu veranschaulichen, wurde anhand der Messergebnisse die Verformung der Bauteilkontur graphisch dargestellt. Auf der rechten Seite der Abbildung 5.3 Seite 41, ist die Bauteilkontur für die Serie schematisch mit einer schwarzen Linie eingezeichnet. Für die einzelnen Ansichten wurde das CAD-Modell eingedreht. Für alle Ansichten wird das Fahrzeugkoordinatensystem zugrunde gelegt, welches sich unten links am Bild befindet.

Da sich für den Bereich 2 die Bauteilkontur graphisch nicht in einer Ansicht darstellen lässt wird in folgender Abbildung in 2 weiteren Ansichten das Verformungsverhalten dargestellt.

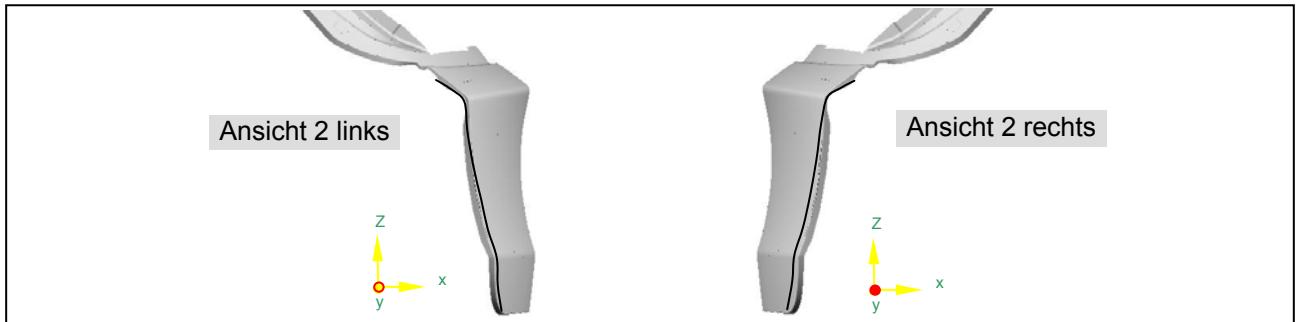
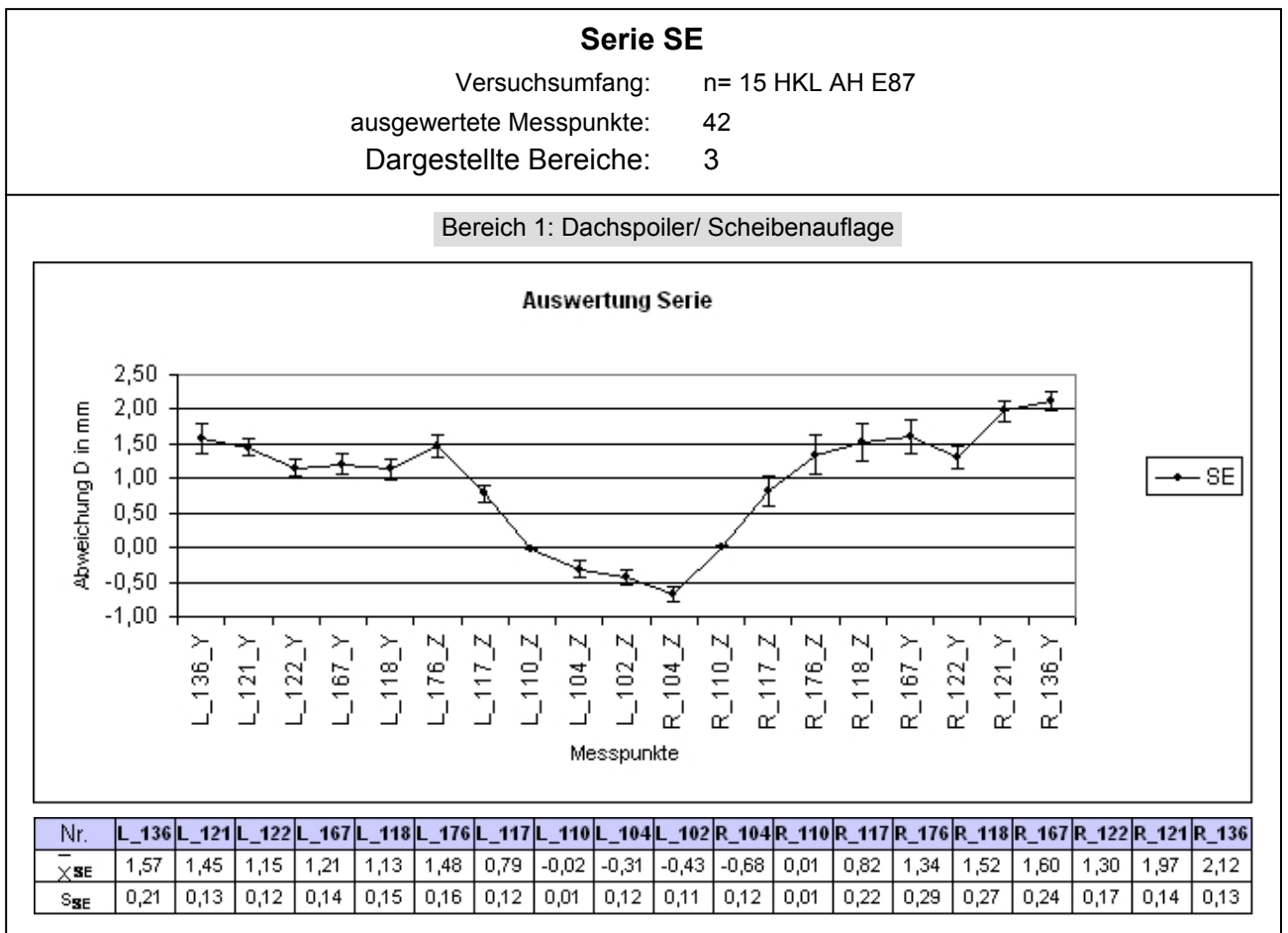


Abbildung 5.4: Schematische Darstellung des Aufsprungs am gedrehten CAD-Modell für Bereich 3 Ansicht 2

In Folgender Abbildung werden die Messergebnisse der Serie SE, für die Bereiche 1-3, im Liniendiagramm dargestellt.



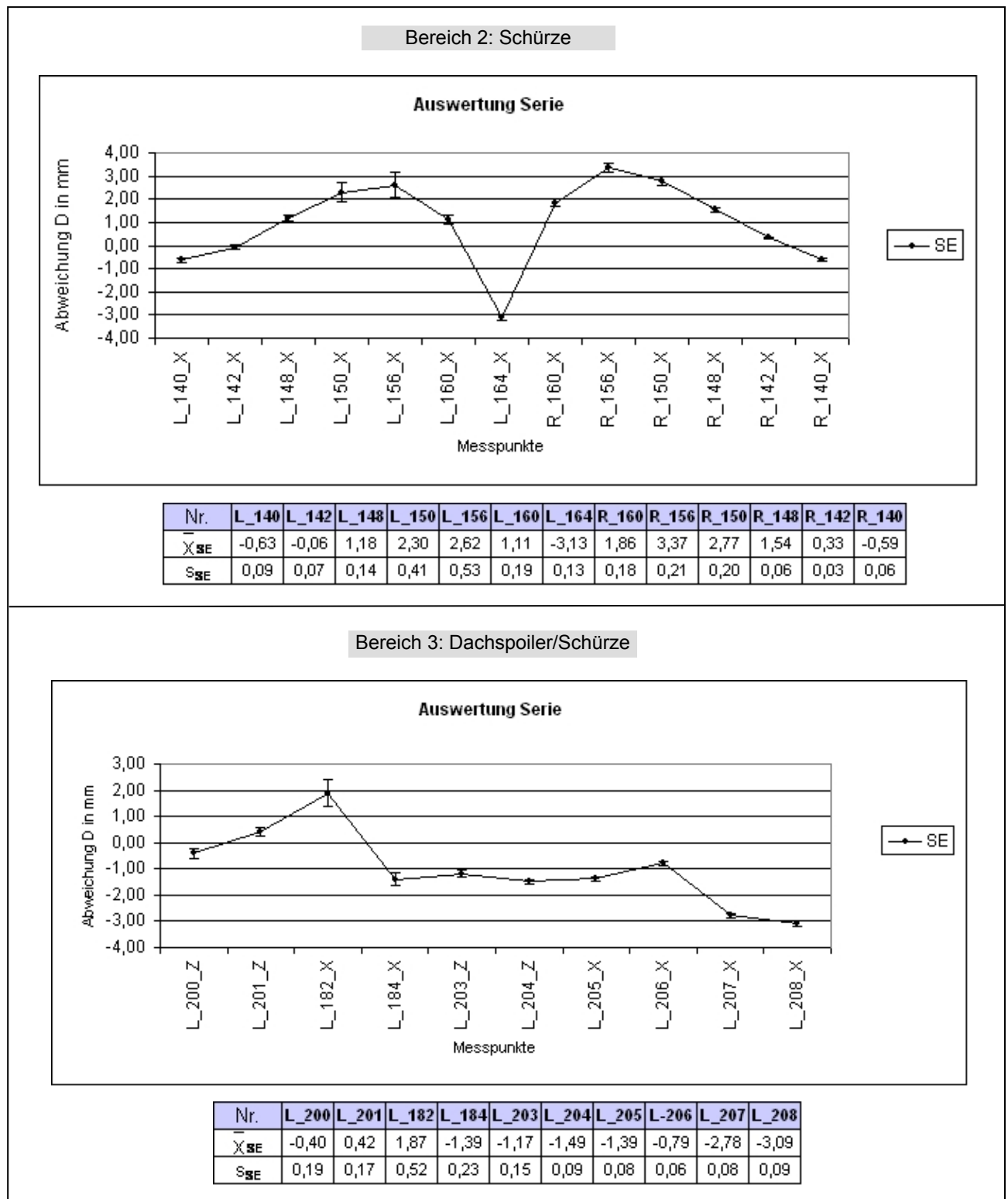


Abbildung 5.5: Auswertung der geometrischen Vermessung für die Serie SE

Hinweis für alle Versuchsreihen:

In Abschnitt 5.3 wurde bereits erwähnt, dass die HKL AH E87 unter anderen über die BMW Group Standard GS 90013 definiert wird. Darin wird die Toleranz für freie Baumaße für Außenhautteile mit $\pm 0,5$ mm festgelegt. Diese Toleranz ist aber eher eine WZ-Feintoleranz und für den Konstrukteur von Bedeutung. Für die Herstellung von Außenhautbauteilen ist in der GS 90013 weiterhin festgelegt: „das Werkstücke bei denen die Allgemeintoleranzen nicht eingehalten sind, nicht automatisch zurückgewiesen werden, wenn ihre Funktion nicht eingeschränkt ist.“ Das bedeutet, dass die Verbauung im Zusammenbauteil gegeben sein muss, ohne dass die Bauteilgeometrie des ZB außerhalb der vorgeschriebenen Toleranzen liegt. Um dies zu gewährleisten werden bei Magnetto für alle Messpunkte am Bauteil Eingriffsgrenzen festgelegt. Diese Eingriffsgrenzen werden im qs-STAT nach dem Prozessverlauf des Bauteils berechnet. Alle gemessenen Punkte am Serienbauteil müssen in der qs-STAT Auswertung innerhalb dieser Eingriffsgrenzen verlaufen. Zur besseren Verdeutlichung des Sachverhalts zeigt Bild 5.6 den Trendverlauf des Messpunktes R_150 der HKL AH E87 im QS-Stat.

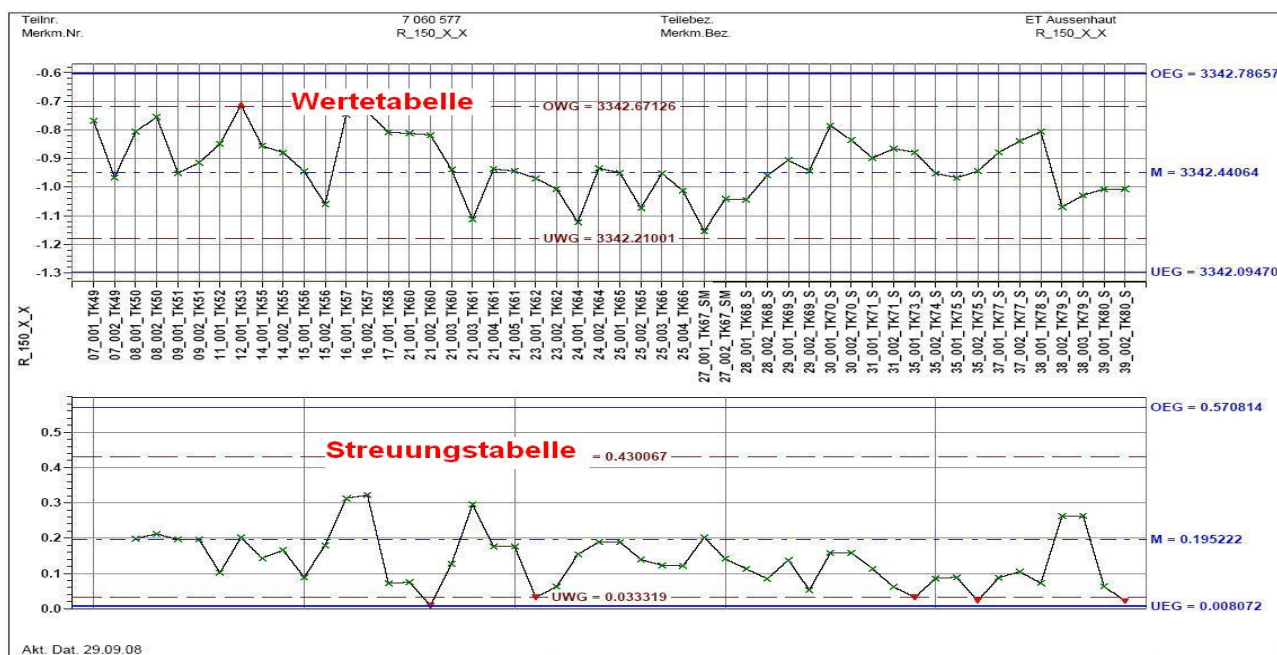


Abbildung 5.6: qs-STAT für den Messpunkt R_150 der HKL AH E 87

Die gemessenen Punkte der Heckklappen aus einer Serienproduktion, welche als Vergleichsbasis dienen, verlaufen innerhalb der errechneten Eingriffsgrenzen von qs-STAT. Für alle Untersuchungen der Bauteilgeometrie des Einzelteils werden Abweichungen erst ab $\pm 0,25$ mm näher betrachtet. Dieser Wert wurde festgelegt, da die Toleranz für Strak- und Fugenmaße im Zusammenbauteil der Heckklappe bei $\pm 2,5$ mm liegt und es schwierig wird die Vorgabetoleranzen im ZB zu halten, wenn schon der Verlauf des Einzelteils mehr als $\pm 0,25$ mm abweicht. Da aber ungeachtet dessen die gesamte Verformung der Bauteilkontur betrachtet wird, müssen für die graphische Auswertung auch geringfügigere Abweichungen mit einbezogen werden.

6 Planung der Praktischen Untersuchung

Zur Bearbeitung der Problemstellung wurden relevante Aspekte identifiziert, bei denen Veränderungen im Umformprozess, der Bauteilgeometrie und der Oberflächenqualität zu erwarten sind. Es wurden die in Tabelle 6 aufgeführten Versuche durchgeführt:

Tabelle 6: Übersicht über die Versuchsreihen

Versuch/Untersuchung	Versuchsumfang (in Stück)	Beschreibung	Zweck
Serienstand	HKL AH E87: 15	Betrachtung und Charakterisierung der Oberflächenqualität und der Bauteilgeometrie des Referenzbauteils (HKL AH E87) nach den BMW Group Standards. Messung relevanter Punkte von 15 HKL AH E87 aus der Serienproduktion	Die genaue Definition des Serienteils soll als Vergleichsbasis zu den Versuchsbauteilen dienen um eine spätere Analyse und Auswertung ermöglichen.
Versuch 1: Pressenparameter Kraft- Weg-Umschaltung	HKL AH E87: 15	Für den Umformprozess der HKL AH E87 ist in der Ziehpresse (OP10) eine Kraft-Weg-Umschaltung eingestellt. Diese Einstellung wird für 15 Versuchsplatten auf eine reine Wegumschaltung umgestellt. Anschließend erfolgte die Vermessung der Versuchsteile und durch Abziehen einer Heckklappe die Bewertung Oberfläche.	Mit dieser Simulation soll der Einfluss auf den Umformprozess, die Geometrie und die Oberflächenqualität untersucht werden. Nach einer erfolgreichen Untersuchung soll durch eine Übertragung der Einstellung auf die laufende Serienproduktion eine Verbesserung der Maß- und Prozessstabilität erreicht werden.
Versuch 2: Zuschnittzentrum Pressenparameter	HKL AH E87: 15	Die Versuchsplatten werden nach dem Zuschnitt auf der Linie 3 überrichtet (was auf selbiger Linie geschieht). Anschließend erfolgte die Vermessung der Versuchsteile .Durch abziehen einer Heckklappe wird die Oberfläche Bewertet.	Durch menschliche Unachtsamkeit oder einer Abweichung der angegebenen Materialkennwerte von den tatsächlichen Kennwerten des Coils kann es zu einer Überrichtung von Platinen kommen. Mit dieser Simulation soll der Einfluss auf den Umformprozess, die Geometrie und die Oberflächenqualität untersucht werden.

Versuch/Untersuchung	Versuchsumfang (in Stück)	Beschreibung	Zweck
<p>Versuch 3: Tribologie Einfluss der Grundbeölung</p>	<p>HKL AH E87: 15</p>	<p>Von 15 Versuchsplatten wird die Grundbeölung entfernt. Diese Versuchsplatten werden den laufenden Serienprozess zugeführt und im Anschluss an die Produktion vermessen. Durch Abziehen einer Heckklappe wird die Oberfläche bewertet.</p>	<p>Durch die zu lange Lagerung (länger als 2 Wochen bedingt, z.B. durch Betriebsferien) von Coils, vor dem Zuschnitt an der Linie 3 kann es zu einem Abtropfen der Grundbeölung kommen. Mit dieser Simulation soll der Einfluss auf den Umformprozess, die Geometrie und die Oberflächenqualität untersucht werden.</p>
<p>Versuch 4: Tribologie Oberflächentopographie</p>	<p>HKL AH E87: 15</p>	<p>Bei 15 Versuchsplatten wird mit einem Exzentrerschleifer (unter der Verwendung einer Kugelkorundschleifscheibe mit der Korngröße 125 K) die Oberfläche aufgeraut. Anschließend werden die Versuchsplatten dem Serienprozess zugeführt. Im Anschluss an die Produktion erfolgt die Vermessung der Versuchsteile. Durch Abziehen einer Heckklappe wird die Oberfläche bewertet.</p>	<p>Durch eine Veränderung von Kenngrößen der Oberflächentopographie des Werkstoffes, wie es oftmals im Herstellungsprozess von Blechbändern der Fall sein kann, wird das gesamte Tribologische System beeinflusst. Dadurch kann es zu einer Veränderung des Umformprozesses, der Geometrie und der Oberflächenqualität kommen.</p>
<p>Untersuchung 5 Werkstoffkennwerte Ziehwerkzeug</p>	<p>HKL AH E87: 15</p>	<p>Nach dem Auftreten von Produktionsproblemen im Herstellungsprozess werden die mechanischen Kennwerte des Materials mit einem Zugversuch ermittelt und ausgewertet.</p>	<p>Mit einer Ermittlung der mechanischen Kennwerte soll ein direkter Einfluss auf den Umformprozess untersucht werden.</p>

Hinweise zur Auswertung der folgenden Versuche:

Die im Laufe dieser Arbeit durchgeführten Versuche fanden in der zeitlichen Reihenfolge statt wie sie auch in Tabelle 6 Seite 45 und 46 aufgeführt sind. Das bedeutet, Versuch 1 wurde als erster Versuch durchgeführt und Untersuchung 5 war die letzte Untersuchung im Rahmen dieser Arbeit.

Um in den Versuchen 1 bis 4 eine Veränderung der Geometrie des Bauteils, speziell den Aufsprung, untersuchen zu können wurden die bereits unter Kapitel 5.4 dargestellten 15 Heckklappen aus einer Serienproduktion gemessen. Der Verlauf wurde in Abbildung 5.5 Seite 42, 43 dargestellt. Durch einen direkten Vergleich, der in den einzelnen Versuchen gemessenen Bauteile mit den Heckklappen aus der Serie, kann somit eine Aussage über eine Veränderung der Geometrie in den Versuchsbauteilen gemacht werden. Im Versuch 1 wurde eine Umstellung von Kraft-Wegumschaltung auf Wegumschaltung untersucht. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden 15 HKL vermessen. Da sich bei diesem Versuch eine erhebliche Verbesserung der Maßstabilität ergab, wurde für alle folgenden Abpressungen die Ziehpresse auf Wegumschaltung umgestellt. Deshalb dienen die Messergebnisse aus Versuch 1 für alle folgenden Versuche V2, V3 und V4, als Vergleichsbasis. Dabei bleiben alle die unter Kapitel 5.4 geschaffenen Voraussetzungen gleich.

7 Praktische Untersuchungen

7.1 Versuch 1: Pressenparameter im Ziehwerkzeug Kraft-Wegumschaltung

Mit diesem Versuch soll der Einfluss auf die Bauteilgeometrie, bei einer Umstellung von Kraft-Weg-Umschaltung auf eine Wegumschaltung in der OP 10, untersucht werden. Für diese Untersuchung ist es notwendig, das grundsätzliche Arbeitsprinzip und die Einstellparameter der Ziehpresse für die Serienfertigung der HKL AH E87 zu erläutern.

Das Arbeitsprinzip einer hydraulischen Presse basiert in erster Linie auf dem physikalischen Gesetz, das wenn ein Druck p [N/m^2], der auf eine Fläche A [m^2] wirkt eine Kraft F [N] erzeugt wird. Außerdem muss sich ein hydrostatischer Druck in einem Rohrleitungssystem gleichmäßig fortpflanzen können.

$$F = p \cdot A \quad (23)$$

Die Kraft die beim Umformprozess am Stößel wirkt, ist vom Umformprozess abhängig. Demzufolge ist der auf die Kolben wirkende Druck auch eine Funktion des Umformprozesses und gibt bei einer Messung einen direkten Aufschluss über die am Stößel wirkende Kraft. Durch eine Begrenzung des maximalen Drucks, mit Hilfe eines Sicherheitsventils, lässt sich die maximale Kraft an jeder Stelle des Stößelwegs festlegen.

/2/

Kraft-Wegumschaltung: Die für den Umformprozess festgelegte maximale Stößelkraft beträgt 5800 kN. Der Weg bis zum unteren Totpunkt (UT) beträgt 1295,5 mm. Dieser eingestellte Weg entspricht allerdings nicht dem tatsächlich exakten UT an dem das Blechformteil vollständig in der Matrize ausgeformt ist, sondern liegt einige Zehntel mm darüber.

Im Umformprozess wird vom Stößel immer nur soviel Kraft aufgebracht, wie zur Umformung der Platine benötigt wird. Deshalb divergiert die Stößelkraft von Umformprozess zu Umformprozess. Dies liegt zum Beispiel, an den sich im Toleranzbereich befindlichen, unterschiedlichen Materialkennwerten.

Der Umformprozess läuft wie folgt ab: Die Platine wird mit einer Stößelkraft 2000 kN (Beispiel divergiert von Prozess zu Prozess) bis zum eingestellten Weg von 1295,5 mm umgeformt. Um sicher zustellen das das Blechformteil aber in der Matrize vollständig ausgeformt wird, kehrt der Stößel erst dann um, wenn er die maximal eingestellte Stößelkraft von 5800 kN erreicht hat.

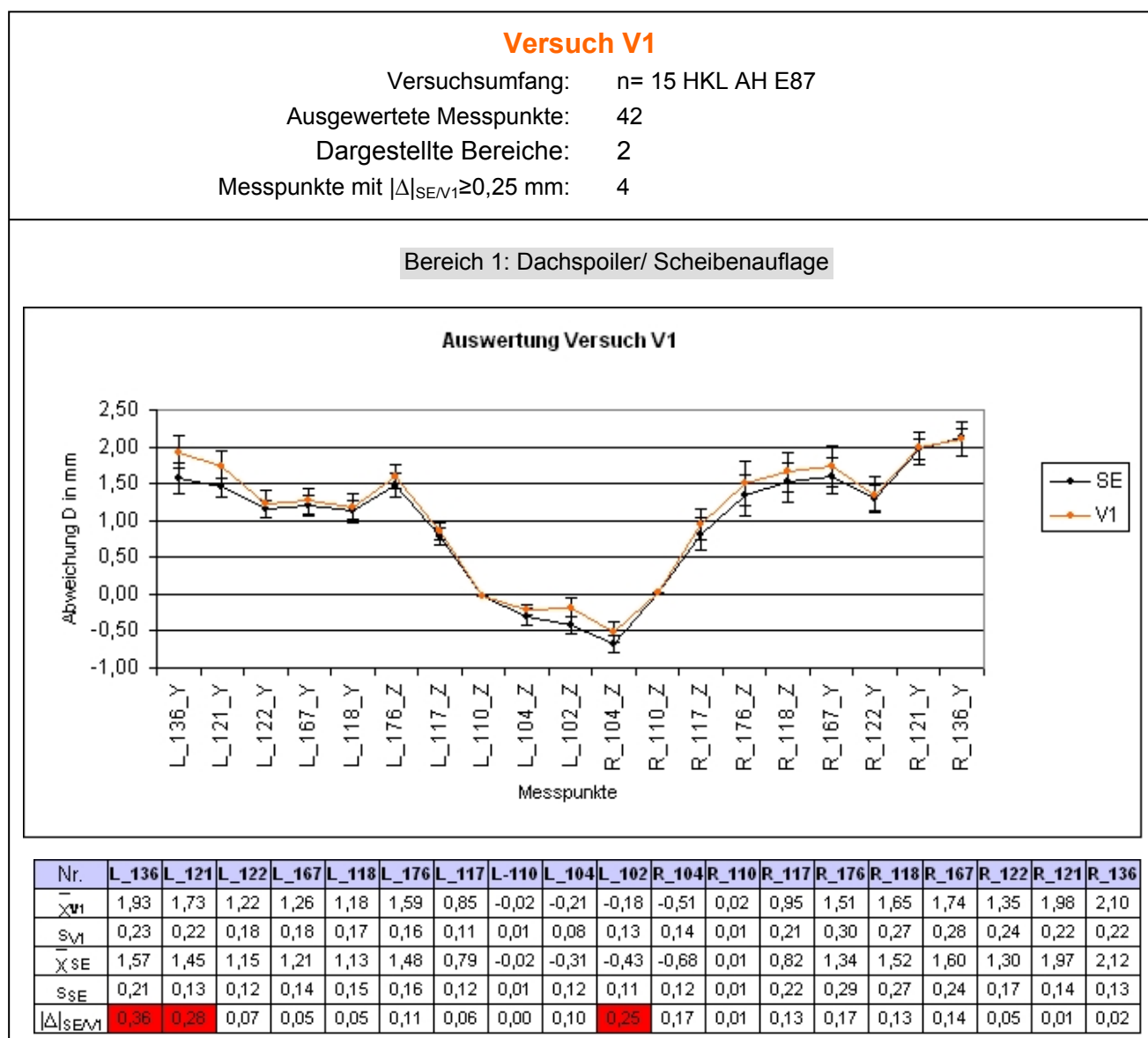
Wegumschaltung: Über eine Aufzeichnung des Stößelwegs im SKOP, einer Pressenüberwachungssoftware und dem touchieren der Hauptdistanzen wurde der exakte Weg bis zum UT ermittelt. Dieser wurde dann bei 1295 mm in die Pressensteuerung eingetragen, so dass die Kraftumschaltung aus der Steuerung herausgenommen werden

konnte. Das Blechformteil wird dadurch immer über die Wegumschaltung vollständig in der Matrize ausgeformt.

Dadurch das das Bauteil nun nicht mehr mit der für den Prozess eingestellten maximalen Stößelkraft, sondern über einen exakt definierten Umformweg vollständig in der Matrize ausgeformt wird, wird eine deutliche Verbesserung der Maß- und Prozesstabilität des Blechformteils HKL AH E87 erwartet, was sich bis auf das ZB Maß im Rohbau auswirken soll. Es lässt sich aber bereits jetzt schon sagen, dass es durch eine Umstellung, zu einem schnelleren Umschaltprozess im UT kommt, wodurch eine Taktzeitgewinnung erreicht wird.

7.1.1 Auswertung der Versuchsergebnisse

Der grundsätzliche Versuchsablauf ist auf Seite 45 in Tabelle 6 beschrieben. Die Ergebnisse der geometrischen Bauteilvermessung werden durch eine Gegenüberstellung mit der Serie in einem Liniendiagramm in folgender Abbildung dargestellt.



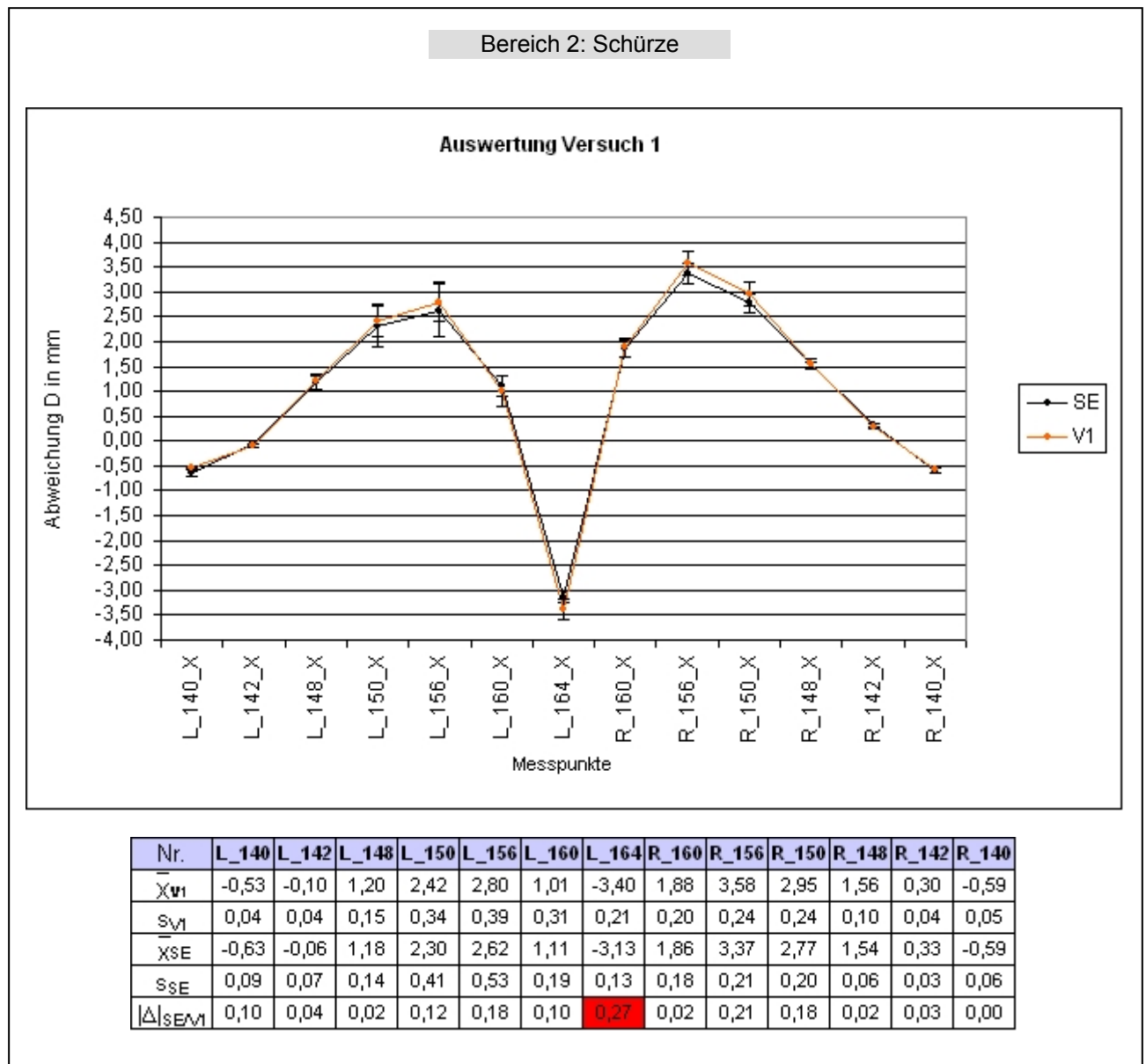


Abbildung 7.1: Auswertung der geometrischen Vermessung für den Versuch V1

Bewertung der Ergebnisse aus der geometrischen Bauteilvermessung

Das Diagramm des Bereiches 3 wird zur Auswertung der Versuchsergebnisse nicht herangezogen, da es hier keine nennenswerten Ergebnisse gegeben hat. In Anlage 4 kann das Diagramm betrachtet werden.

Anhand der ausgewerteten Messergebnisse in Abbildung 7.1 Seite 49, 50 ist in erster Linie zu erkennen, dass die Verläufe der Serie und des Versuchs „V1“ dem gleichen Trend folgen. Dabei weisen beide im gesamten Verlauf nur relativ geringe Abweichungen zueinander auf. Die größten und nennenswertesten Abweichungen der Mittelwerte zueinander befinden sich in Bereich 1 (Messpunkte L_136, L_121 und L102) und in Bereich 2 (Messpunkt L_164). Die Messpunkte mit den größten Differenzen sind in der Tabelle Abbildung 7.1 Seite 49, 50 rot gekennzeichnet.

Anhand der ausgewerteten Messpunkte lässt sich nun eine Aussage über das Verformungsverhalten der Heckklappe im Versuch „V1“ treffen. In Abbildung 7.2 wird das Verformungsverhalten der Heckklappen im Vergleich zur Serie in den einzelnen Bereichen graphisch dargestellt.

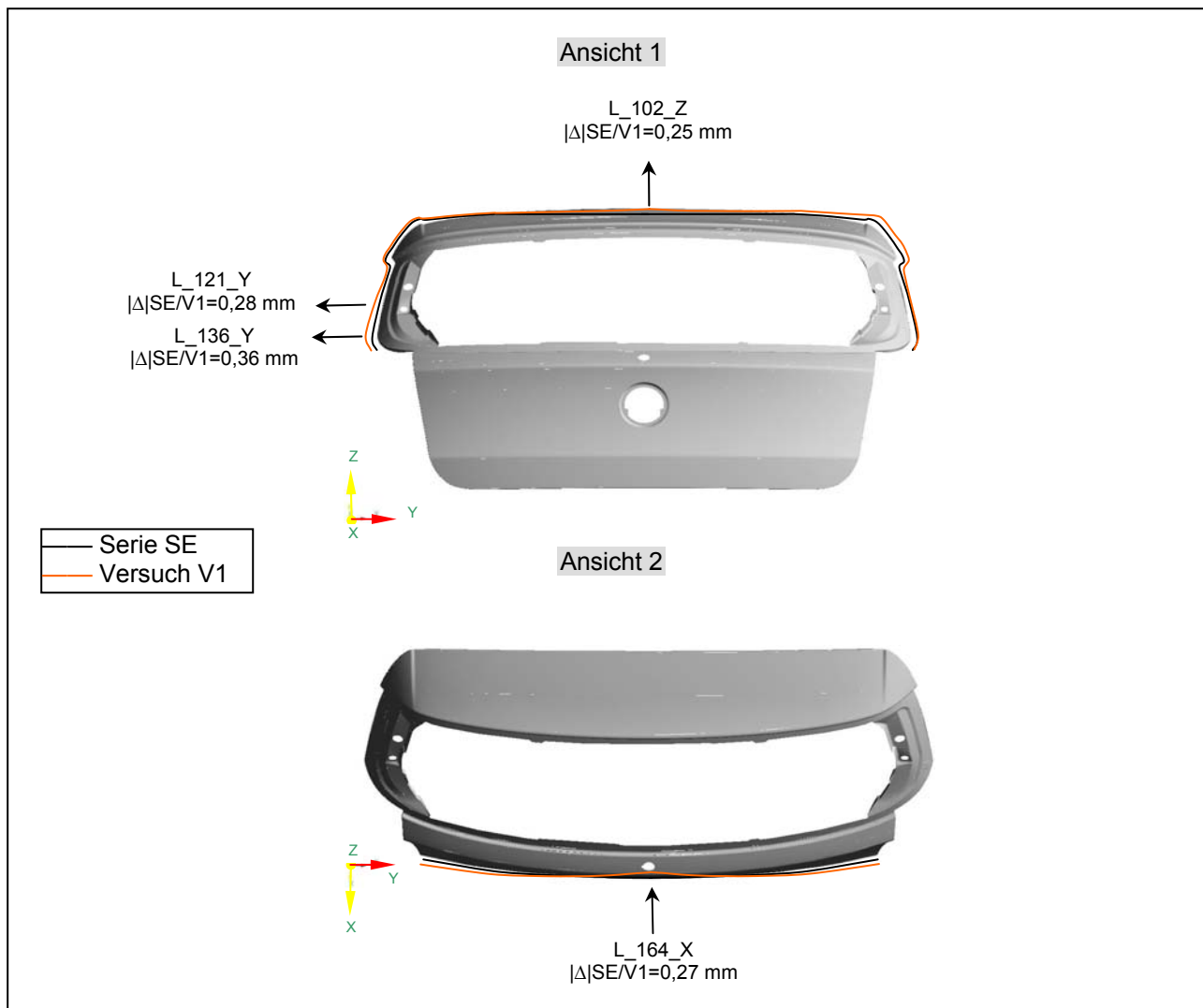


Abbildung 7.2: Graphische Darstellung des Verformungsverhaltens im Versuch V1

Die größten Abweichungen zur Serie sind direkt in der Abbildung 7.2 an den einzelnen Bereichen angetragen. Dabei ist die Richtung des Differenzvektors D symbolisch durch einen Pfeil dargestellt. Abbildung 7.2 zeigt deutlich den Einfluss des Versuchs „V1“ auf die Rückfederung im Vergleich zur Serie „SE“. Bei einer genauen Betrachtung der Messergebnisse in Abbildung 7.1 und der veranschaulichten Rückfederung in Abbildung 7.2 wird ersichtlich, dass der Unterschied im gesamten Verlauf nur gering ist, aber einen kontinuierlichen Verlauf hat. Im Bereich 1 fällt die Rückfederung auf der rechten Seite im oberen Dachspoilerbereich größer als auf der linken Seite aus. Auf der linken Seite, im Bereich der Scheibenaufgabe, gab es die größten Veränderungen, wohingegen es auf der rechten Seite kaum eine Veränderung gegeben hat.

Ingesamt wird durch den Versuch V1 ein Einfluss auf die Bauteilgeometrie der HKL AH E 87 belegt.

Dieser Versuch wurde mit dem Ziel initiiert, eine maßliche Verbesserung im ZB zu erreichen. Nach der Umstellung von Kraft-Weg-Umschaltung auf Wegumschaltung in der Serienproduktion des Einzelteils, wurde im Rohbau eine Verbesserung der Bauteilgeometrie am ZB festgestellt. Offen bleibt allerdings wie und ob sich die Formänderung des Einzelteils beim Verbau auf das ZB tatsächlich ausgewirkt hat. Der Herstellungsprozess im Rohbau unterliegt vielen Einflussfaktoren, welche sich auch regelmäßig ändern. Weitere Untersuchungen wären deshalb an dieser Stelle mit einem erheblichen Aufwand verbunden, um einen direkten Einfluss an der Bauteilgeometrie des ZB zu belegen. Es wird aber an dieser Stelle empfohlen weitere Untersuchungen durchzuführen.

Auswertung von Veränderungen im direkten Umformprozess

Um die Versuchsklappen in der geforderten Qualität herzustellen, mussten keine Veränderungen des für die Serienproduktion eingestellten Ziehkissendrucks in der Ziehpresse (OP 10) vorgenommen werden.

Bewertung der Oberflächenqualität

Im Anschluss an den Versuch wurde eine Heckklappe abgezogen, um die Oberflächenqualität zu überprüfen. Dabei konnten keine Abweichungen, im Vergleich mit dem Arbeitsmuster Abbildung 5.2 Seite 39, festgestellt werden.

7.2 Versuch 2: Überrichtete Platinen

Durch ein simuliertes Überrichten von Platinen soll der Einfluss auf die Bauteilgeometrie, die Bauteilqualität und den Umformprozess untersucht werden. Für diese Untersuchung ist es notwendig die Stellung der Richtmaschine im Herstellungsprozess und deren Arbeitsprinzip zu erläutern.

Die Aufgaben der Richtmaschine bestehen im Wesentlichen in der Beseitigung der Bandkrümmungen bzw. der Glättung des Blechbandes, dies hat auch die Reduzierung der Blecheigenstressungen zur Folge. Außerdem wird der Bandvorrat in der Schlaufengrube über die Richtmaschine geregelt.

In der Richtmaschine befinden sich die Richtwalzenkassetten welche aus dem oberen und unteren Richtwalzenblock besteht. Zwischen den Richtwalzen erfolgt die Glättung des Coils, wobei das Material plastisch verformt wird. Die obere Richtwalzenkassette ist über eine Gewindespindel verstellbar und besitzt eine Neigung, so dass die Amplituden der Wechselbiegung von der Einlaufseite zur Auslaufseite hin allmählich abnehmen. Die Zustellung der Richtwalzen ist abhängig von der Banddicke und den Materialkennwerten, wie der Streckgrenze und Zugfestigkeit. Die Einstellung muss für jedes neue Material empirisch ermittelt werden. Nach /14/ wird die Theoretische Vorgehensweise beim einstellen der Richtkassette erläutert.

Versuchsplatinen: Blechstärke= 0,8 mm, Streckgrenze 150 N/mm²

Anhand dieser Blechkennwerte sind an der Einlauf- und Auslaufseite der Richtkassette, folglich einer Tabelle in /14/, folgende Werte einzustellen:

Theoretische Einstellung der Messuhr am Einlauf: -0,97 [mm]

Theoretische Einstellung der Messuhr am Auslauf: 1,48 [mm]

Da in der Tabelle in /14/ die Einstellwerte theoretisch sind und von den Werten in der Praxis abweichen wird die Richtkassette bis zum gewünschten Ergebnis wie folgt nachgestellt.

Einstellung der Messuhr am Einlauf (**Serie**): -1,2 [mm]

Einstellung der Messuhr am Auslauf (**Serie**): 0,6 [mm]

Einstellung der Messuhr am Einlauf (**überrichtet**): -1,5 [mm]

Einstellung der Messuhr am Auslauf (**überrichtet**): 0,2 [mm]

Dabei ist die grundsätzliche Vorgehensweise beim Zustellen der Richtkassette wie folgt: Wenn die Wölbung nach dem ersten Richtversuch nach oben zeigt, muss am Auslauf der Richtkassette weniger zugestellt werden. Zeigt die Wölbung nach dem ersten Richtversuch nach unten, ist die Einstellung am Auslauf der Richtkassette zu gering und es muss am Auslauf stärker zugestellt werden.

Bild 7.3 zeigt schematisch die beiden möglichen Wölbungen an der Auslaufseite der Richtkassette. /14/

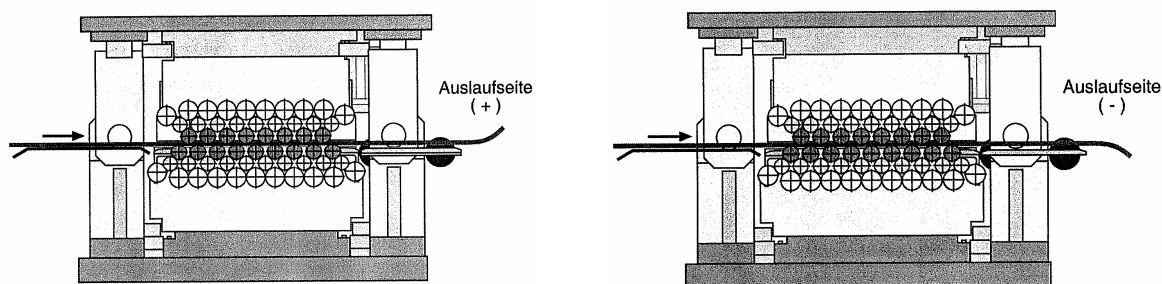


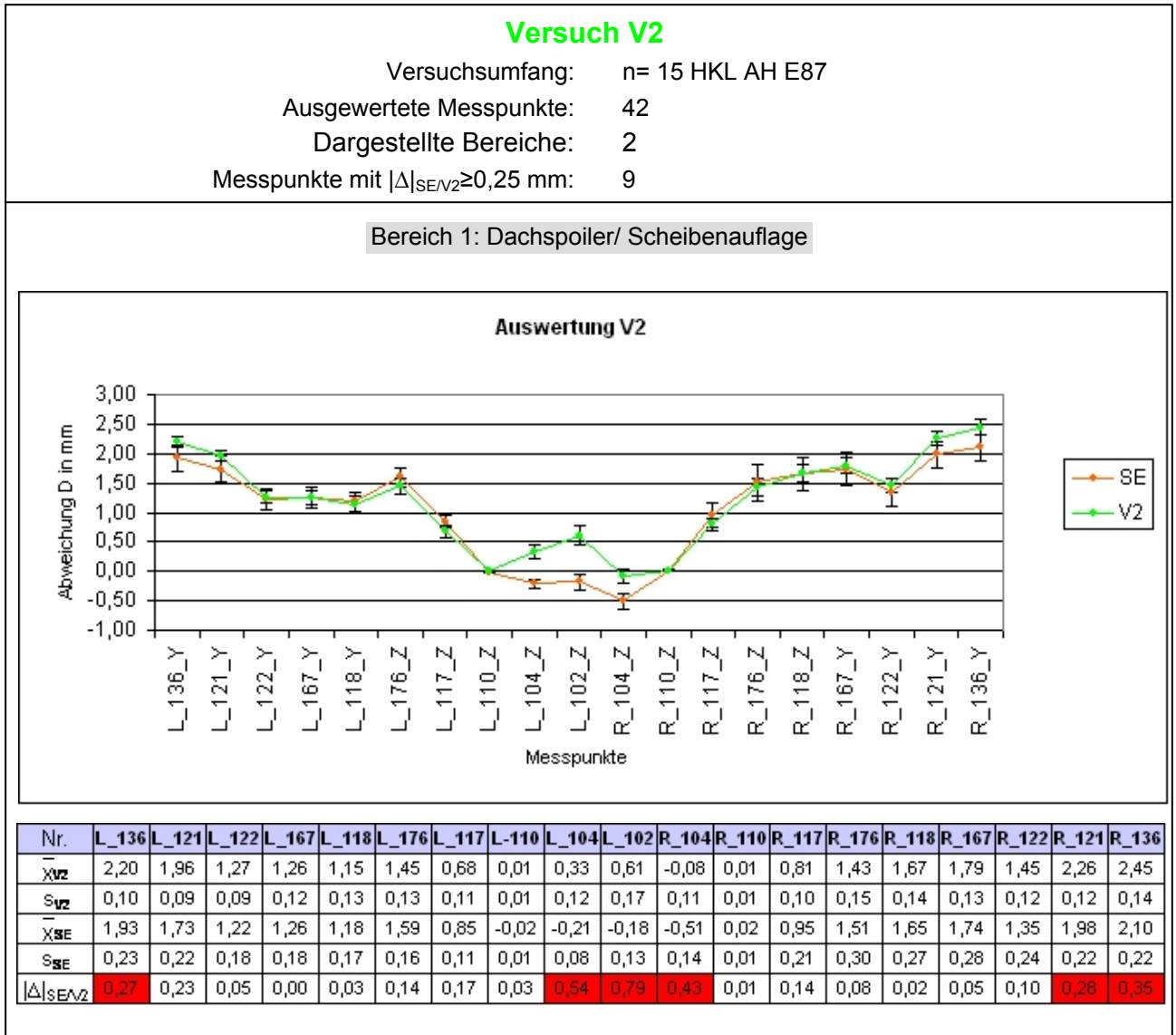
Abbildung 7.3: Richtkassette /14/

Mit den auf Seite 53 genannten Kennwerten der Versuchsplatinnen und der Einstellung an den Messuhren wurde eine Wölbung, die nach oben zeigt simuliert.

Wenn die Materialkennwerte und die Blechdicke auf dem 3.1 Zeugnis von den eigentlichen Materialkennwerten des Coils abweichen, was in der Praxis oftmals vorkommt, werden die Platinnen überrichtet. Dies geschieht u.a. durch mangelnde Kontrolle des Personals am Auslauf. Mit einer Simulation von überrichteten Platinnen soll das Verhalten im folgenden Umformprozess untersucht werden deshalb wurden für die 15 Versuchsplatinnen die Einstellung am Einlauf nicht angepasst, so dass die Wölbung nach oben zeigt und die Platinnen überrichtet sind.

7.2.1 Auswertung der Versuchsergebnisse

Abbildung 7.4 zeigt die Auswertung der Messergebnisse aus Versuch V2.



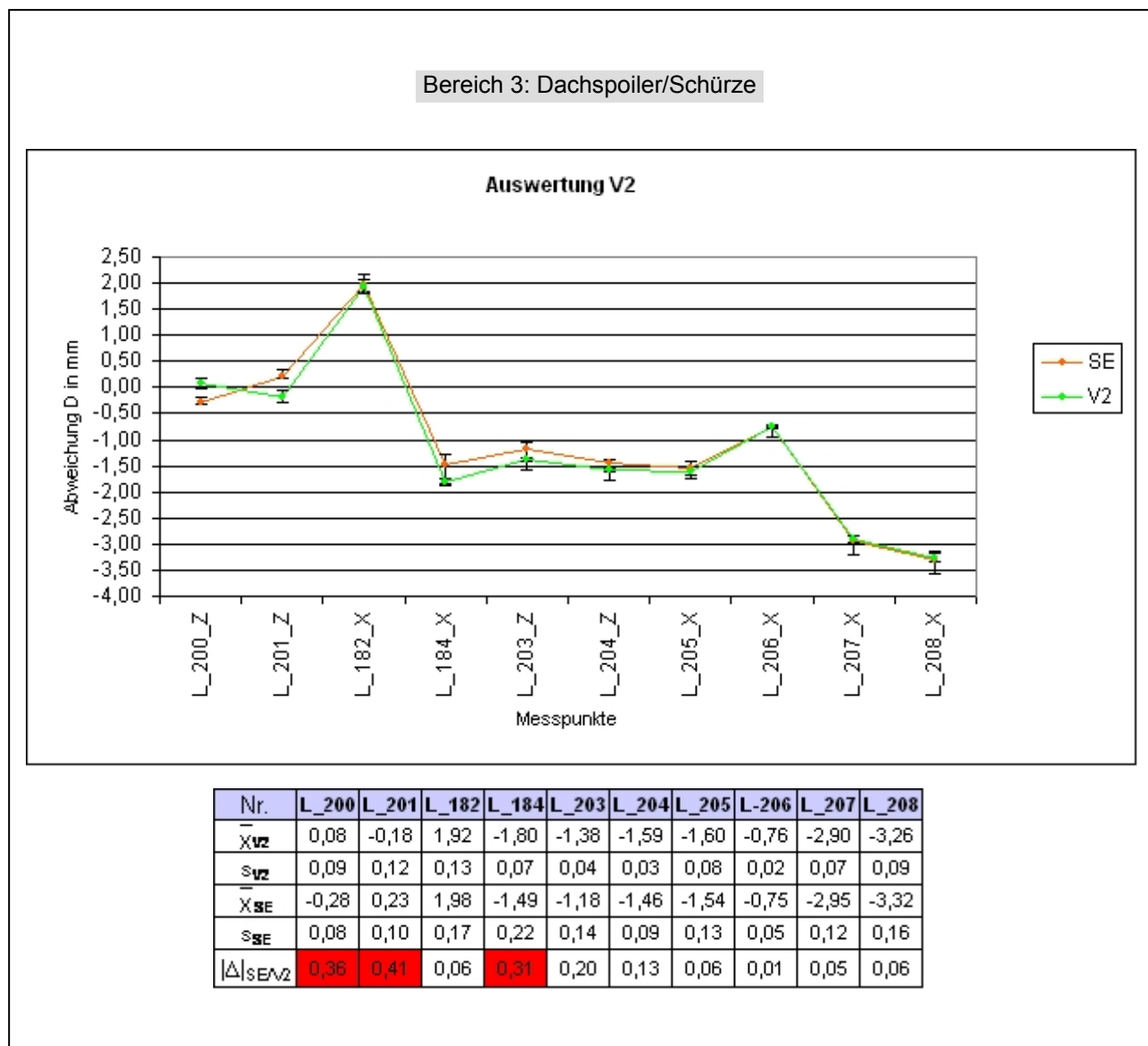


Abbildung 7.4: Auswertung der geometrischen Vermessung für den Versuch V2

Bewertung der Ergebnisse aus der geometrischen Bauteilvermessung

Da es in Bereich 2 keine signifikanten Veränderungen gegeben hat, wird dieser hier nicht näher ausgewertet. Die Versuchsergebnisse befinden sich zur Betrachtung in Anlage 5.

Zur besseren Veranschaulichung ist die Bauteilkontur des Versuchs V2 der Serie gegenübergestellt. (siehe Abbildung 7.5 Seite 57). Anhand der Messergebnisse und der graphischen Darstellung wird deutlich, dass im Bereich 1 der Verlauf des Versuchs V1, bis auf den Bereich zwischen den Punkten L_110_Z und R_110_Z, dem der Serie entspricht. In der Mitte des Dachspoilerbereichs zwischen den zwei genannten Punkten ändert sich dieser Verlauf deutlich und weicht signifikant von dem der Serie ab. In der Serie fällt die Heckklappe, zwischen Punkt L_110_Z und R_110_Z, leicht ein. Dahingegen springt die Heckklappe des Versuchs innerhalb dieses Bereichs, mit 0,61 mm in Punkt L_102_Z, auf. Im Bereich der Scheibenauflage auf der linken und rechten Seite hat sich der Aufsprung vergrößert. Mit 2,45 mm in Punkt R_136_Y, fällt er damit etwas größer als links aus.

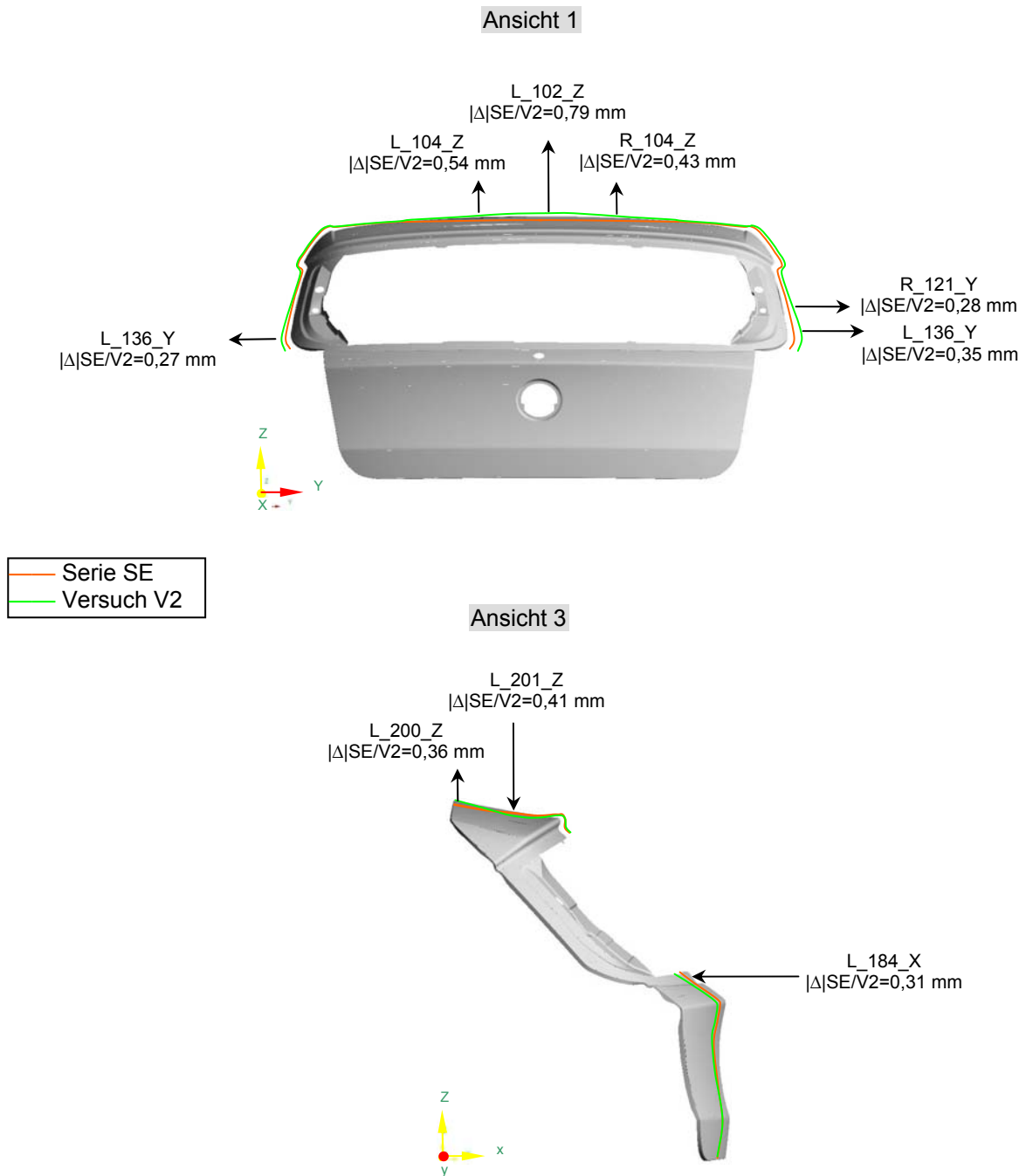


Abbildung 7.5: Graphische Darstellung des Verformungsverhaltens im Versuch V2

Im Bereich der Schürze (Bereich 3) folgt der Verlauf des Versuchs V2 dem der Serie. Eine größere Abweichung gibt es nur in Punkt L_184_X. Hier vergrößert sich der Einfall um 0,31 mm. Im Dachspoilerbereich hingegen gibt es eine deutliche Veränderung zum Serienverlauf. In der Serie fällt die Heckklappe zwischen den Punkten L_200_Z und L_201_Z ein und federt ab Punkte L_201_Z bis L_182_Z wieder auf. Diese Verformung kehrt sich im Versuch um. Zur besseren Veranschaulichung, kann die Verformung im Vergleich zur Serie in Abbildung 7.5 betrachtet werden.

Bei einer gesamtheitlichen Betrachtung der Ergebnisse wird deutlich, dass dieser Versuch einen großen Einfluss auf das Verformungsverhalten der Heckklappe hatte. Nach den Untersuchungsergebnissen wurden nicht nur Abweichungen in einzelnen Messpunkten festgestellt, sondern auch eine komplette Veränderung des Verlaufs zur Serie, in einigen Bereichen. Um bei dem Auftreten eines solchen Problems in der Praxis schnell entscheiden zu können, ob bei einer Maßabweichung in diesem Umfang, eine Verbauung im ZSB möglich ist, ohne dass es sich auf dessen maßliche Vorgaben auswirkt, wird eine weiterführende Untersuchung empfohlen.

Pressenparameter in der OP 10

Um die Versuchsklappen nach den geforderten Qualitätsvorgaben herstellen zu können, mussten die Pressenparameter aus der OP 10 nicht an die vorherrschende Situation des Versuchs 2 angepasst werden. Die Versuchsheckklappen wurden mit den aus der Serienproduktion eingestellten Parametern produziert.

Bewertung der Oberflächenqualität

Im Anschluss an den Versuch wurde eine Heckklappe abgezogen um die Oberflächenqualität zu überprüfen. Dabei wurden die folgenden, in Abbildung 7.6 dargestellten, Abweichungen zum Arbeitsmuster (S.39 Abbildung 5.2) festgestellt.

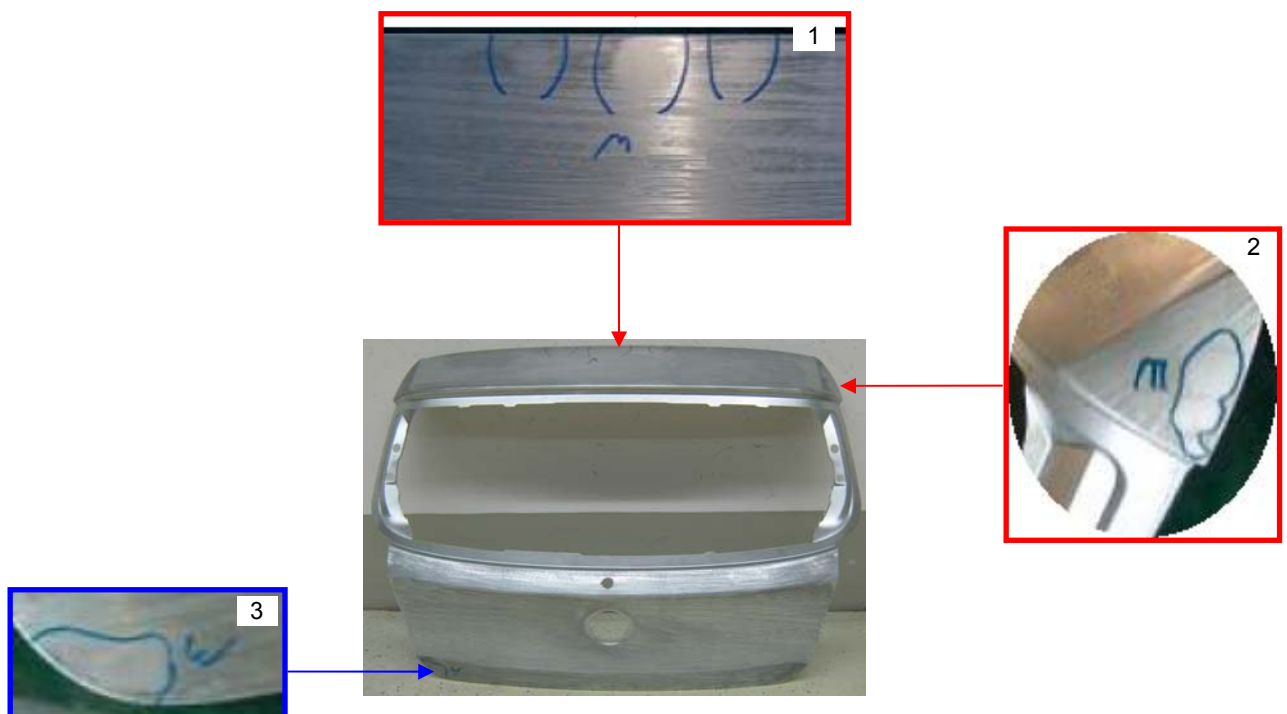


Abbildung 7.6: Bewertung der Oberfläche im Versuch V2

Durch eine Bewertung der Oberfläche der HKL AH E87 von einer Fachkraft für Qualität bei Magnosto, wurden die im Bild rot gekennzeichneten Fehler als kundenrelevant und die blau gekennzeichneten Fehler als nicht kundenrelevant eingestuft. Bei dem im Ausschnitt 2 gekennzeichneten Fehler handelt es sich um eine bereits im Arbeitsmuster vorhandene Einfallstelle, welche sich im Versuch vergrößert hat. Fehler 1 und 3 sind neu entstandene Einfallstellen Die in Ausschnitt 1 abgebildete Welligkeit, die sich im Versuch neu gebildet hat, ist absolut kundenrelevant und sollte bei einem Auftreten in der Serienproduktion sofort beseitigt werden. Da die Bewertung der Oberfläche erst nach der Durchführung des Versuchs erfolgte, konnten die in der Abbildung dargestellten kundenrelevanten Fehler, insbesondere die Welligkeit in Ausschnitt 1, nicht sofort durch eine Anpassung des Ziehkissendrucks an die vorherrschende Situation abgestellt werden. Nach Aussage des Methodikers im Presswerk wäre dies aber ohne weiters möglich. In einer Serienproduktion wäre die weitere Vorgehensweise, in einem solchen Fall, wie in Kapitel 5.3 S. 40 bereits beschrieben. Insgesamt konnte durch den Versuch V2 auch ein Einfluss auf die Oberflächenqualität der HKL AH E 87 bewiesen werden.

7.3 Versuch 3: Tribologie - schwankender Beölungsgrad

Für die Produktion der HKL AH E87 werden Coils verwendet, welche vom Materiallieferanten schon mit einer Grundbeölung angeliefert werden. Genaue Angaben zur Grundbeölung befinden sich in Kapitel 5.2 Seite 37. Die Hauptaufgabe der Beölung ist die Bildung eines zusammenhängenden Schmierfilms um den Werkstoffverschleiß zu minimieren und ein optimales Einlaufen des Materials zu gewährleisten. Eine genaue Erklärung zum Thema Tribologie befindet sich bereits in den Grundlagen unter Kapitel 2.3.

Nach der Anlieferung der Coils kann es bedingt z.B. durch Betriebsferien, zu einer längeren Lagerung kommen. Dabei kommt es allmählich zu einem Abtropfen der Grundbeölung. Auf den Platinen entsteht dadurch eine Schwankung des in der Blechkennkarte vorgeschriebenen Beölungsgrades. Mit einer Simulation dieser Situation soll der Einfluss auf die Bauteilgeometrie, die Bauteiloberfläche und den Umformprozess untersucht werden.

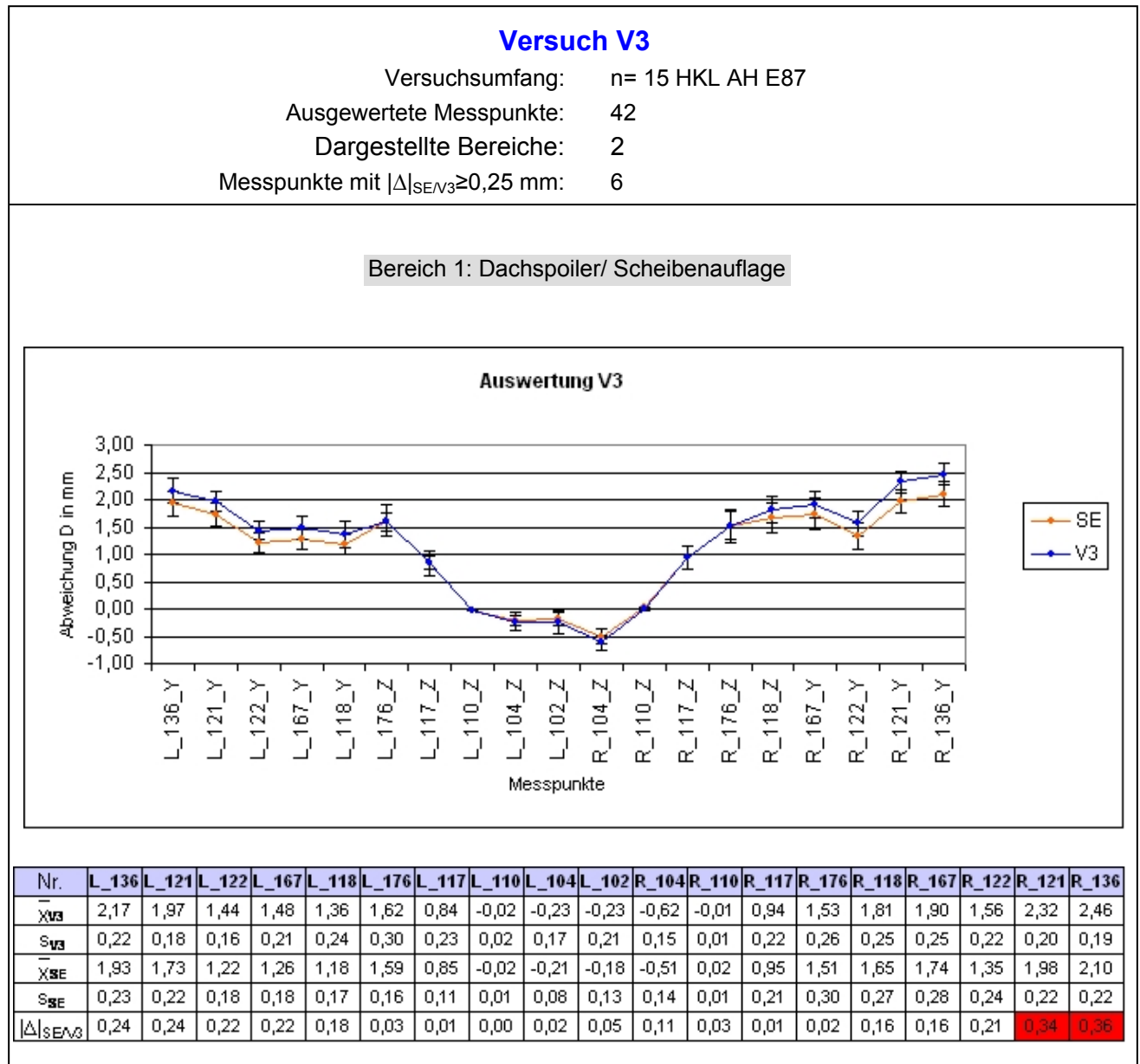
Für diese Untersuchung wurden bei 15 Platinen von beiden Seiten die Grundbeölung mit einem Putzlappen und Bremsenreiniger entfernt. Am Ende einer Serienproduktion wurden die Platinen in den Produktionsprozess eingesteuert. Dabei waren die Werte der einzelnen Zylinder für das Ziehkissen in der OP 10 die folgenden:

Tabelle 7: Ziehkissen Einstellung in der Serienproduktion

Zylinder 1	520 kN	Zylinder 2	520 kN
Zylinder 3	550 kN	Zylinder 4	550 kN

7.3.1 Auswertung der Versuchsergebnisse

Abbildung 7.7 zeigt die Auswertung der Messergebnisse aus Versuch V3.



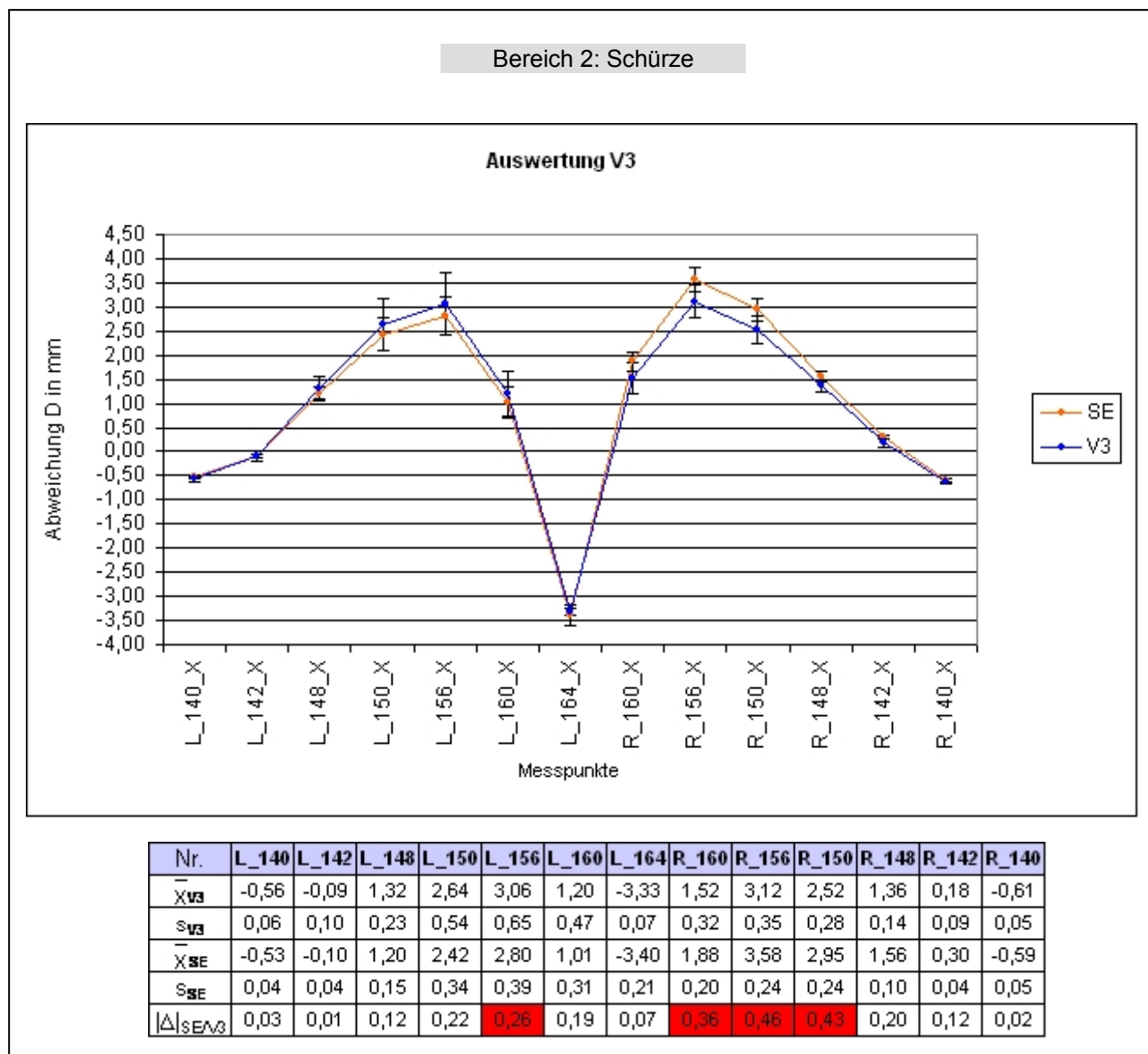


Abbildung 7.7: Auswertung der geometrischen Vermessung für den Versuch V3

Bewertung der Ergebnisse aus der geometrischen Bauteilvermessung

Bereich 3 wird an dieser Stelle nicht näher betrachtet, da es hier keine signifikanten Veränderungen in der Bauteilgeometrie gab. Die Versuchsergebnisse aus Bereich 3 befinden sich in Anlage 6.

Im Bereich 1 folgt der Verlauf aus Versuch 3 dem der Serie. Nur in den Punkten R_121_Y und R_136_Y gibt es größere Abweichungen. Hier vergrößert sich der Aufsprung, um 0,36 mm in Punkt R_136_Y, zur Serie. Die weitaus größeren Veränderungen der Bauteilgeometrie sind im Bereich 2 zu verzeichnen. Auf der rechten Seite der Schürze vergrößert sich der Aufsprung signifikant, wohingegen auf der linken Schürzenseite die Abweichung zur Serie weniger stark ausfällt. Zur besseren Veranschaulichung des Verformungsverhaltens im Versuch ist die Bauteilkontur in Abbildung 7.8 Seite 63 dargestellt. Hier wird auch deutlich, wie sich die Heckklappe im Schürzenbereich verformt hat.

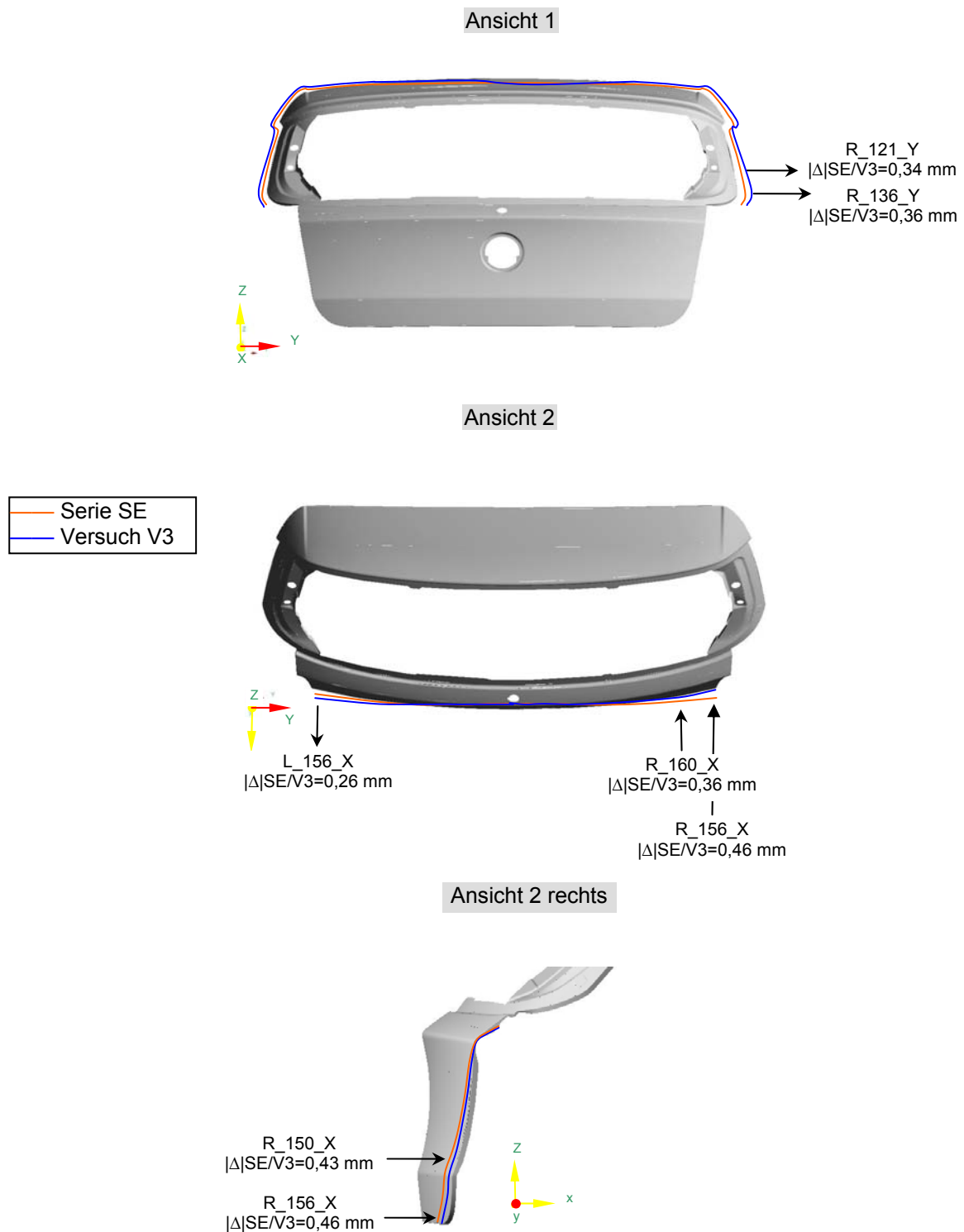


Abbildung 7.8: Graphische Darstellung des Verformungsverhaltens im Versuch V3

Mit diesem Versuch konnte ein deutlicher Einfluss auf die Bauteilgeometrie nachgewiesen werden. Inwiefern sich eine Verformung in diesem Maße auf das Maß im ZB auswirkt sollte in einer weiterführenden Untersuchung geklärt werden.

Auswertung von Veränderungen im direkten Umformprozess

Durch die Wegnahme der Grundbeölung auf den Platinen konnte sich kein zusammenhängender Schmierfilm zwischen Werkzeug und Werkstück bilden. Dadurch hat sich der Reibwiderstand vergrößert was ein schlechteres Einlaufen des Materials zur Folge hat. Um ein optimales Umformergebnis zu erreichen, insbesondere in Hinsicht auf die Bauteilqualität, musste der Ziehkissendruck in den einzelnen Zylindern, an die vorherrschende Versuchssituation, wie folgt angepasst werden:

Tabelle 8: Anpassung der Ziehkissen Einstellung für Versuch V3

Zylinder 1	420 kN	Zylinder 2	420 kN
Zylinder 3	500 kN	Zylinder 4	500 kN

Durch eine Verringerung des Ziehkissendrucks wird das Material nicht mehr so stark gehalten und kann trotz erhöhten Reibwiderstands leichter einlaufen.

Bewertung der Oberflächenqualität

Im Anschluss an den Versuch wurde eine Heckklappe abgezogen, um die Oberflächenqualität zu überprüfen. Dabei wurden die folgenden, in Abbildung 7.9, dargestellten Abweichungen zum Arbeitsmuster (Abbildung 5.2 Seite 39) festgestellt.

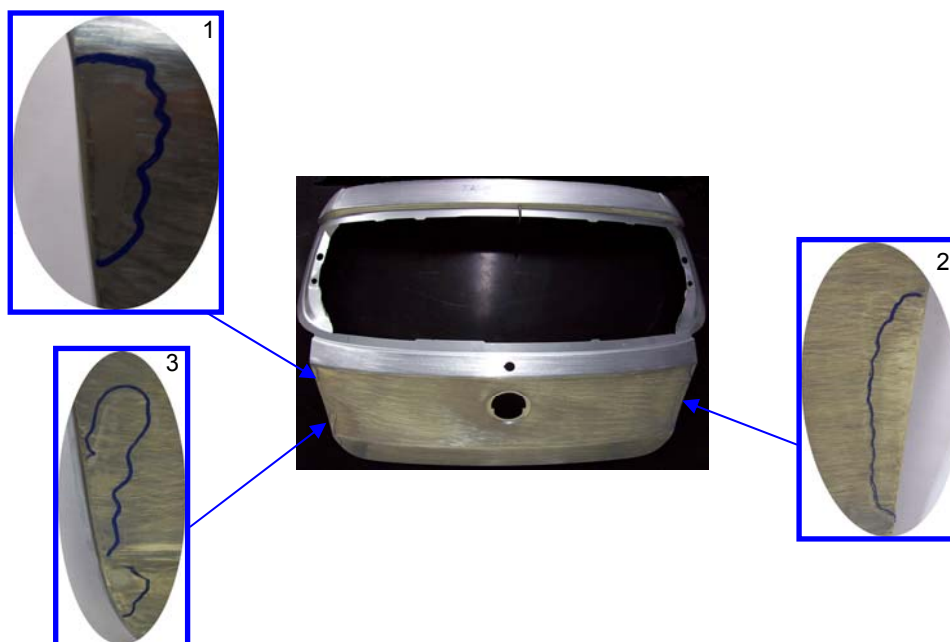


Abbildung 7.9: Bewertung der Oberfläche im Versuch V3

Die Bewertung der Oberfläche der HKL AH E87 wurde auch für diesen Versuch von einer Fachkraft für Qualität bei Magnetto durchgeführt. Die im Bild rot gekennzeichneten Fehler wurden als kundenrelevant und die blau gekennzeichneten Fehler als nicht

kundenrelevant eingestuft. Durch diesen Versuch wurde nur ein geringer Einfluss auf die Oberflächenqualität nachgewiesen. Alle festgestellten Oberflächenfehler gehören zur Kategorie nicht kundenrelevant und sind Einfallstellen (OE). Bei dem im Ausschnitt 1 gekennzeichneten Fehler handelt es sich um einen bereits existenten Fehler im Musterteil, welcher sich aber vergrößert hat. Fehler 2 und 3 sind neu entstandene Einfallstellen. Nach Aussage der Abteilung Methodik, können durch eine Anpassung der Pressenparameter an die vorherrschende Situation oder eine evtl. Zusatzbeölung, diese abgestellt werden. In einer Serienproduktion wäre die weitere Vorgehensweise in einen solchen Fall wie in Kapitel 5.3 Seite 40 bereits beschrieben.

7.4 Versuch 4: Tribologie - Oberflächentopographie

Für die Produktion der HKL AH E87 kommt Material zum Einsatz, welches vom Materiallieferanten mit einer definierten Oberflächentopographie versehen wird. Bei dem für die Heckklappe verwendeten Material wird eine EDT-Struktur aufgebracht, welche bei Magnetto durch die Kenngrößen R_a und RPC beschrieben ist. Die Toleranzgrenzen für die Kenngrößen befinden sich Tabelle 3 Seite 37. Eine genaue Erklärung zum Thema Tribologie bzw. Oberflächentopographie von Blechwerkstoffen befindet sich unter Kapitel 2.3 und 2.3.1.1.

Wie in der Untersuchung unter Abschnitt 2.4.1 Seite 22 bereits nachgewiesen wurde, kann es durch den Herstellungsprozess bedingt, bei der Erzeugung von Oberflächenstrukturen, auf Blechwerkstoffen zu einer Beeinflussung der Blechtopographie kommen, was auch eine Veränderung der Kenngrößen R_a und RPC mit sich bringt.

In einer Simulation soll untersucht werden, wie sich eine Beeinflussung der Topographie auf den Umformprozess und die Blechteilgeometrie auswirkt.

Dafür wurde auf beiden Seiten von 15 Versuchsplatinen die Oberfläche mit einem Exzentschleifer und einer Kugelkorundschleifscheibe der Körnung 125 K die Oberfläche aufgeraut. Die vor und nach der Manipulation gemessene Oberflächenkenngrößen sind in folgender Tabelle aufgeführt.

Tabelle 9: Oberflächenkenngrößen im Versuch V4

Oberflächenkenngrößen	Anlieferungszustand	manipulierte Oberfläche
R_a in μm	1,6	1,9
R_q in μm	2,2	2,4
RPC	77	95

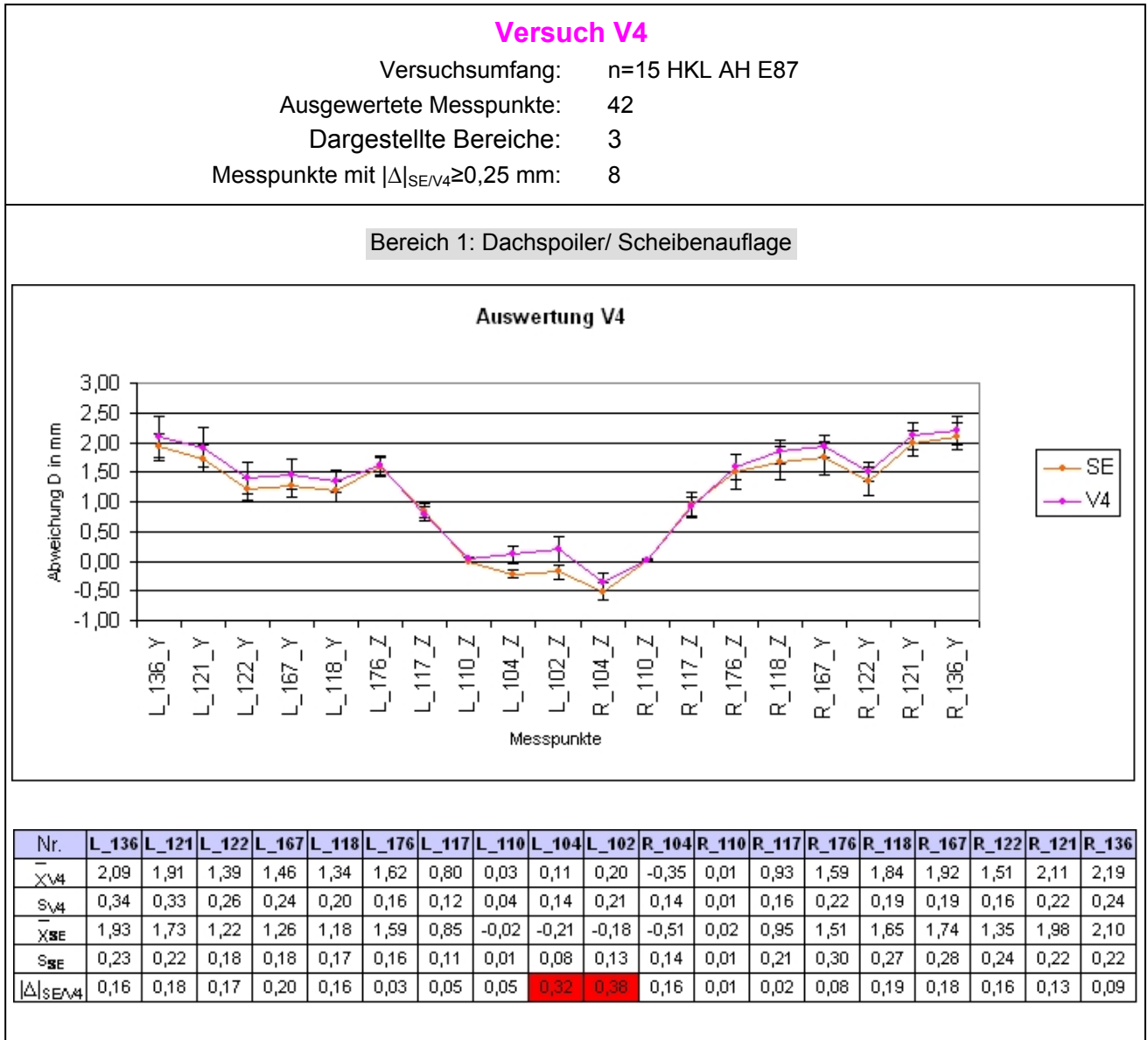
Im Anschluss an die Serienproduktion wurden die Platinen in den Produktionsprozess eingesteuert. Dabei waren die Werte der einzelnen Zylinder für das Ziehkissen in der OP 10 wie folgt eingestellt:

Tabelle 10: Ziehkissen Einstellung in der Serienproduktion

Zylinder 1	520 kN	Zylinder 2	520 kN
Zylinder 3	550 kN	Zylinder 4	550 kN

7.4.1 Auswertung der Versuchsergebnisse

Abbildung 7.10 zeigt die Auswertung der Messergebnisse aus Versuch V4.



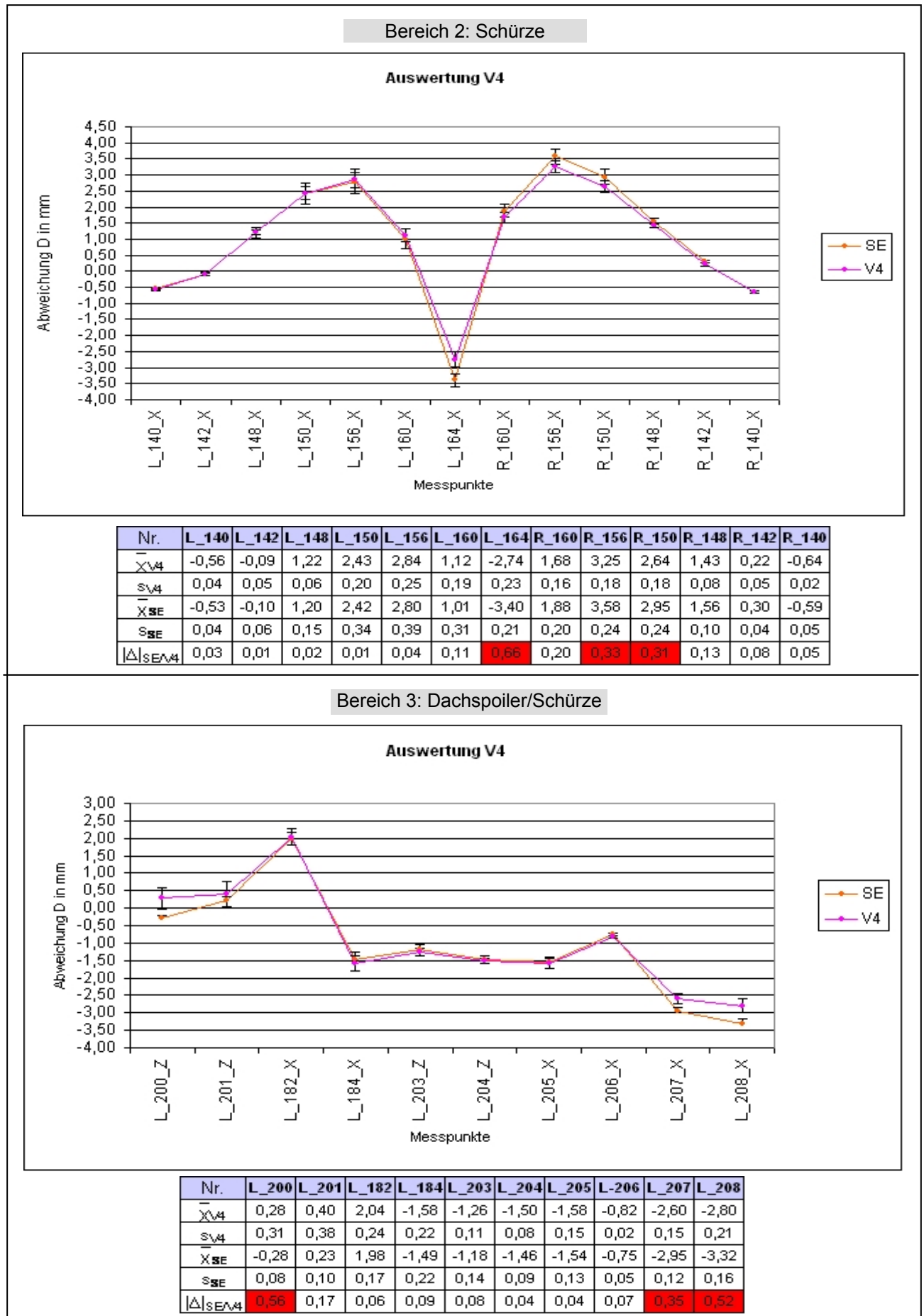
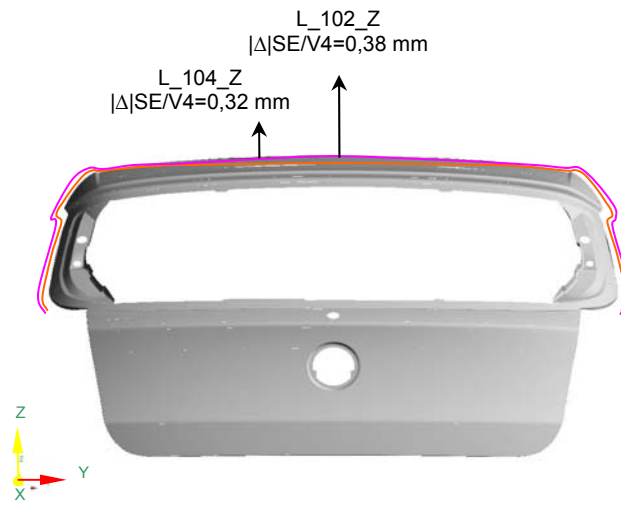


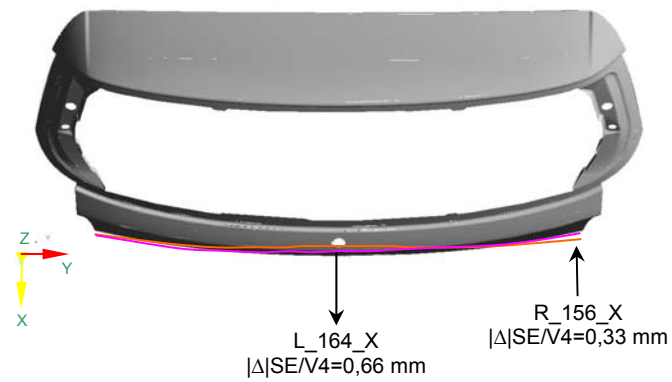
Abbildung 7.10: Auswertung der geometrischen Vermessung für den Versuch V4

Ansicht 1

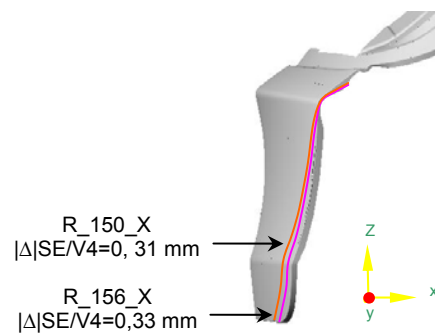


Ansicht 2

- Serie SE
- Versuch V4



Ansicht 2 rechts



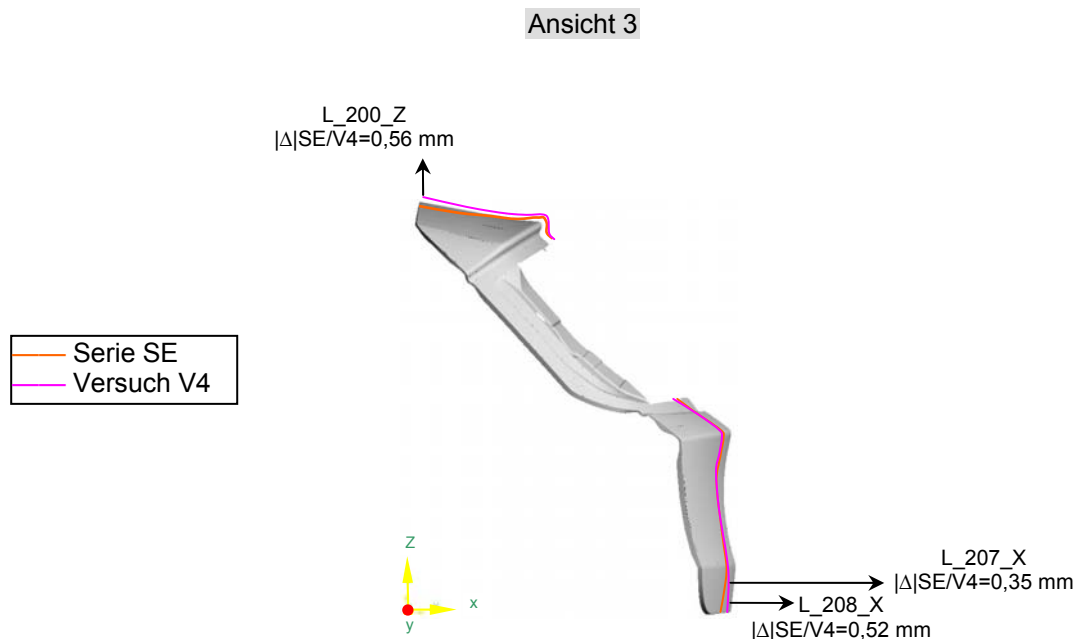


Abbildung 7.11: Bewertung der Oberfläche im Versuch V4

Bewertung der Ergebnisse aus der geometrischen Bauteilvermessung

In diesem Versuch wurde in allen 3 Bereichen eine signifikante Veränderung der Bauteilgeometrie festgestellt.

Für eine bessere Veranschaulichung ist die Bauteilkontur für die einzelnen Bereiche mit den größten Differenzen zur Serie graphisch in Abbildung 7.11 Seite 69, 70 dargestellt. Nach den Messergebnissen lässt sich eine Veränderung des Verlaufes für den Bereich 1 in der Mitte des Dachspoilerbereiches feststellen. In der Serie gibt es in den Punkten L_104_Z und L_102_Z einen leichten Einfall. Wohingegen im Versuch in den beiden Punkten ein Aufsprung gemessen wurde. Im Bereich 2 verkleinert sich in der Mitte der Schürze der Einfall um 0,66 mm in Punkt L_164_X. Eine Vergrößerung des Aufsprungs bis zu 0,33 mm in Punkt R_156_X wird in der Ansicht 2 rechts in Abbildung 7.11 Seite 69 sichtbar. Die größten maßlichen Veränderungen sind jedoch im Bereich 3 zu verzeichnen. Hier ist der Unterschied zur Serie mit einer gemessenen Differenz von 0,56 mm in Punkt L_200_Z im Dachspoilerbereich am größten.

Insgesamt wird deutlich, dass sich in diesem Versuch die größten Veränderungen in der Bauteilgeometrie der HKL AH E87 gezeigt haben. Eine Verbauung in das ZB wäre in diesem Fall nicht mehr möglich ohne dessen Bauteilgeometrie maßgeblich zu beeinflussen.

Auswertung von Veränderungen im direkten Umformprozess

Durch die bewusste Veränderung der Oberflächentopographie des Blechwerkstoffes haben sich die Oberflächenkenngrößen R_a und RP_c vergrößert. Deshalb wird die Kontaktfläche zwischen Werkzeug und Werkstück kleiner und damit auch die Flächenpressung. Durch den größeren dynamischen Druck und den geringeren Reibwiderstand zu Beginn des Ziehprozesses kann mehr Material in das Werkzeug nachlaufen. Um ein optimales Umformergebnis zu erzielen und eine mögliche Welligkeit zu verhindern, musste der Ziehkissendruck in den einzelnen Zylindern wie folgt erhöht werden:

Tabelle 11: Anpassung der Ziehkissen Einstellung für Versuch V4

Zylinder 1	560 kN	Zylinder 2	560 kN
Zylinder 3	600 kN	Zylinder 4	600 kN

Durch die Erhöhung des Ziehkissendrucks läuft das Material nicht so schnell in das Werkzeug und eine Faltenbildung wird verhindert.

Bewertung der Oberflächenqualität

In diesem Versuch konnte keine Bewertung der Oberfläche erfolgen. Durch die Veränderung der Platinenoberfläche mit dem Exzenter schleifer konnten im Umformteil Oberflächenfehler mittels Abziehen nur bedingt sichtbar gemacht werden. Eine zufriedenstellende Bewertung der Oberflächenqualität konnte deshalb nicht erfolgen.

7.5 Untersuchung 5: Werkstoffkennwert

Die Untersuchung an einem im laufenden Prozess aufgetretenen Problem, soll verdeutlichen wie sich die Änderung von Werkstoffkennwerten auf einen ohnehin schon engen Herstellungsprozessfenster auswirkt, sobald sich Prozesseinflussfaktoren verändern.

Zur Herstellung der HKL AH E87 wird ein kaltgewalzter Tiefziehstahl der Güte DX56D verwendet. Die Toleranzbereiche für die einzelnen Blechkennwerte, innerhalb denen der Materiallieferant sich verpflichtet zu liefern, sind auf der Blechkennkarte in Anlage 2 zu finden. Einige wichtige Kennwerte wurden auch bereits in Kapitel 5.2 Seite 37 aufgeführt. Für den im Prozess benötigten kaltgewalzten Tiefziehstahl gibt es zwei Materiallieferanten, Arcelor Mittal und Voestalpine. Mit jedem angelieferten Coil wird vom Lieferanten ein 3.1 Abnahmeprüfzeugnis nach En 10204 mitgeliefert in dem der Lieferant nachweist, dass die Materialkennwerte innerhalb der vereinbarten Toleranzbereiche liegt. Die 3.1 Prüfzeugnisse für die untersuchten Platinen, befinden sich in Anlage 7 und 8.

Problemstellung

Während des Produktionsprozesses der HKL AH E87 standen Platinen von zwei verschiedenen Lieferanten zur Verfügung, Voestalpine und Arcelor Mittal. Kurz nach Beginn der Produktion, unter Verwendung von Arcelor Platinen, traten Probleme im Herstellungsprozess auf. Im Dachspoilerbereich der Heckklappe bildete sich eine Falte (siehe Abbildung 7.12).



Abbildung 7.12: Faltenbildung im Dachspoiler der HKL AH E87

Dieser Oberflächenfehler konnte auch nach einer Regulierung von Pressenparametern, wie dem Ziehkissendruck und Einstellung der Ziehhilfen, nicht abgestellt werden, so dass die Produktion abgebrochen werden musste. Daraufhin wurde ein neuer Platinenstapel von Voestalpine angefahren, mit welchem ohne weitere Probleme produziert werden konnte. Auch ein weiterer Produktionsversuch mit Arcelor Platinen blieb erfolglos mit dem gleichen Problem. Daraufhin wurden einige Faktoren geprüft, welche den Produktionsprozess negativ beeinflussen können. Eine Überprüfung der Oberflächentopographie mit einem Tastschnittmesser ergab Werte von R_a 1,6 μm und R_{Pc} 80. Diese Werte liegen damit im vorgeschriebenen Toleranzbereich. Des Weiteren wurden die Werkzeuge auf einen eventuellen Verschleiß geprüft, worauf im Verlauf dieses Kapitels noch näher eingegangen wird. Nach Prüfung der genannten Faktoren, ohne nennenswerte Ergebnisse, wurden aus den zwei verschiedenen Platinen, Arcelor und Voestalpine, Proben herausgetrennt, um auch die mechanischen Kennwerte zu prüfen.

Untersuchung 1

Die Überprüfung der Materialkennwerte wurde am Forschungs- und Transferzentrum der Westsächsischen Hochschule Zwickau vom Technischenmitarbeiter der Umformtechnik Herrn Sachse durchgeführt. Für die Untersuchung wurden Proben relativ zur Walzrichtung Richtungen (0° , 45° , 90° und 135°) entnommen. Im einachsigen Zugversuch bis zu einer Formänderung von 15% wurden die mechanischen Kennwerte ermittelt. Im Folgenden sind diese Kennwerte durch einen direkten Vergleich der zwei verschiedenen Materialien, in einem Diagramm ausgewertet und können in Abbildung 7.13 Seite 74 betrachtet werden. Dabei wurden nur die mechanischen Kennwerte zur Betrachtung ausgewählt, welche eine signifikante Veränderung aufweisen und den Umformprozess direkt beeinflussen könnten. Weitere mechanische Kennwerte aus dem Zugversuch befinden sich in Anhang 9.

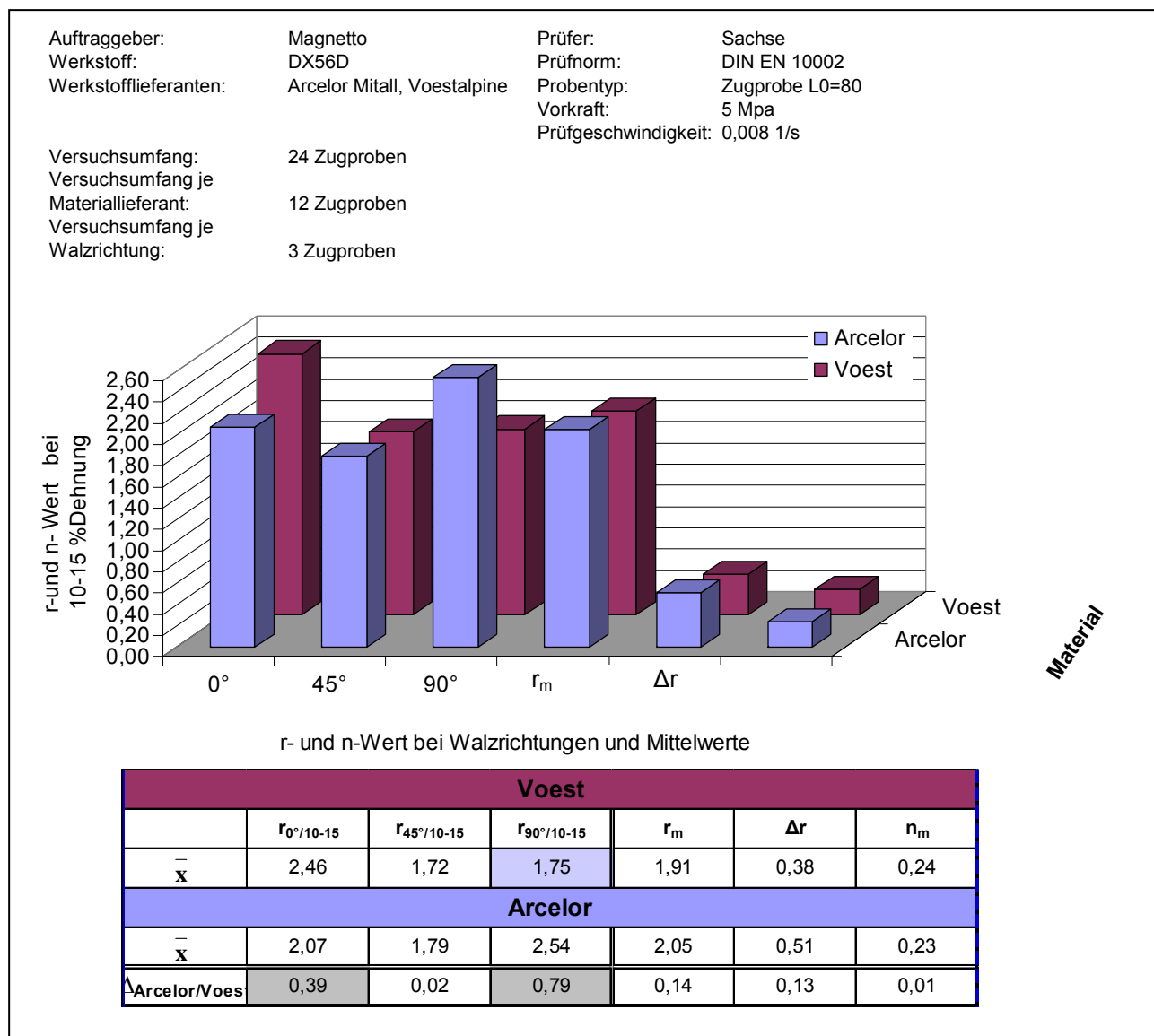


Abbildung 7.13: Auswertung des Zugversuchs

Auswertung der Ergebnisse Untersuchung 1

Da beim Anisotropenwert sich eine Veränderung ab +/- 4/10 auf das Umformverhalten auswirken, sollten die Werte in Abbildung 7.13 näher betrachtet werden. Weil der r-Wert in der Regel nicht konstant ist, sondern in Abhängigkeit von der Lage relativ zur Walzrichtung, unterschiedliche Werte annehmen kann, ist es sinnvoller jeweils die einzelnen r-Werte relativ zur Walzrichtung zu betrachten. Dabei wird ersichtlich, dass es eine größere Differenz zwischen den zwei Materialien bei $r_{0^\circ/10-15}$ und $r_{90^\circ/10-15}$ gibt. Mit einem $\Delta r_{90^\circ/10-15}$ von 0,79 ist dieser Wert besonders auffällig. Bei Voest liegt $r_{90^\circ/10-15}$ mit 1,75 sogar unter dem auf der Blechkennkarte geforderten Minimalwert von 2.

In den Grundlagen von Kapitel 2.2.2 wurde bereits der direkte Zusammenhang des r-Werts und dem Tiefziehprozess erläutert. Dabei wurde deutlich das bei $r > 1$ das Blech mehr aus der Breite fließt, wohingegen bei $r < 1$ das Blech unter Zugbeanspruchung der Breitenänderung einen größeren Widerstand entgegensetzt. Die Versuchsergebnisse aus

dem Zugversuch bestätigen mit dem um 8/10 höher liegenden $r_{90^\circ/10-15}$ -Wert des Arcelor Materials gegenüber dem Voest Material, das das Blech hier viel mehr aus der Breite fließt. Dies könnte ein Grund für Faltenbildung im Blechformteil des Arcelor Materials sein. Um diese Annahme zu bestätigen, sollte das Verhalten der beiden Materialien im Tiefziehprozess und die Faltenbildung näher untersucht werden.

Untersuchung 2

Die Untersuchung der beiden Materialien von Arcelor und Voest und deren Faltenbildung im Ziehprozess wurde bei Magnetto in der OP 10 (einfach wirkende Ziehpresse) durchgeführt.

Um die Aufspannfalten (Faltenbildung 2. Ordnung), welche sich im Anfangsstadium des Ziehprozesses direkt im Blechformteil bilden, beurteilen zu können, wurde das Bauteil jeweils bis auf einen Weg von 100 mm angezogen. Anschließend wurde das halb fertige Blechformteil aus der Presse entfernt um den kritischen Bereich zu untersuchen. Dafür wurde die Stelle an der die Falte im fertigen Bauteil auftritt mit einem Abziehstein abgezogen. Dies ist eine in der Umformtechnik übliche Praxis um Oberflächenfehler wie Pickel, Einfallstellen und Falten für das Auge sichtbar zu machen. Abbildung 7.14 zeigt die bis zu 100 mm gezogenen Heckklappen und die durch Abziehen sichtbar gemachten Falten.



Abbildung 7.14: Faltenbildung 2.Ordnung in den verschiedenen Materialien

Die beiden für die Untersuchung relevanten Blechformteile sind in Abbildung 7.14 mit Pfeilen gekennzeichnet. Das mittlere im Bild sichtbare Blechformteil ist ebenfalls aus einem Material vom Lieferanten Arcelor, allerdings aus einem andern Coil. Unter der

Verwendung dieser Platinen lief der Herstellungsprozess der Heckklappe ohne weitere Probleme ab. Um auch hier das Ziehverhalten im direkten Vergleich zu sehen, wurden eine Platine in die Untersuchung mit einbezogen.

Um die Stärke der Faltenausprägung beurteilen zu können, wurden diese mit einem Haarlineal und Passstifte geprüft. Die gemessenen Werte sind direkt auf dem jeweiligen Blechformteil in Abbildung 7.14 Seite 75 zu erkennen.

Auswertung der Ergebnisse Untersuchung 2

Wie in Abbildung 7.14 Seite 75 zu erkennen ist, hat sich die Aufspannfalte in allen Versuchsplatinen gebildet. Es wird jedoch anhand der gemessenen Werte deutlich dass die Ausprägung der Falte jeweils unterschiedlich groß ist. Mit einer Faltentiefe von 1,5 mm (linke Seite Faltental) und 1,3 mm (rechte Seite Faltental) ist die Ausprägung im Arcelor Versuchsmaterial am größten. Dieses Versuchsergebnis im Zusammenhang mit dem gemessenen $r_{90^\circ/10-15}$ -Wert bestätigt die Vermutung dass es hier einen direkten Zusammenhang gibt. Allerdings erklärt es nicht, warum sich die Falte auch in den anderen Materialien gebildet hat. In einem normal ablaufenden Tiefziehprozess dürfte es an dieser Stelle keine Faltenbildung 2. Ordnung geben. Im fertig gezogenen Bauteil, des Voest Versuchsmaterials und Arcelor Serienmaterials, bildet sich die Falte zwar nicht auf der Oberfläche ab, dies hängt aber mit der geringeren Ausprägung der Aufspannfalte zusammen. Bis zum Ende des Zugprozesses im UT kann hier die Falte noch herausgezogen werden. Das noch immer ungeklärte Problem gibt Anlass für eine weitere Untersuchung.

Untersuchung 3

Um einen Verschleiß im Werkzeug ausschließen zu können, wurde eine weitere Untersuchung in der OP 10 durchgeführt. Dafür wurde eine Versuchsplatine von Arcelor mit blauer Touchierfarbe eingestrichen. Zur Beurteilung der Tragfähigkeit der Blechhalterflächen wurde die Versuchsplatine bis auf einen Weg von 5 mm angedrückt. Dies wird als „schließen Werkzeug“ bezeichnet. Abbildung 7.15 Seite 77 zeigt das Touchierbild im Bereich des Blechhalters.

Das Touchierbild zeigt keine Auffälligkeiten, die auf einen Verschleiß der Blechhalterflächen schließen lassen. Ein Großteil der Touchierfarbe hat sich auf den Blechhaltern abgedrückt und haftet nicht mehr auf der Platine. Dies ist ein Zeichen dafür, dass die Blechhalter eine gute Tragfähigkeit haben.

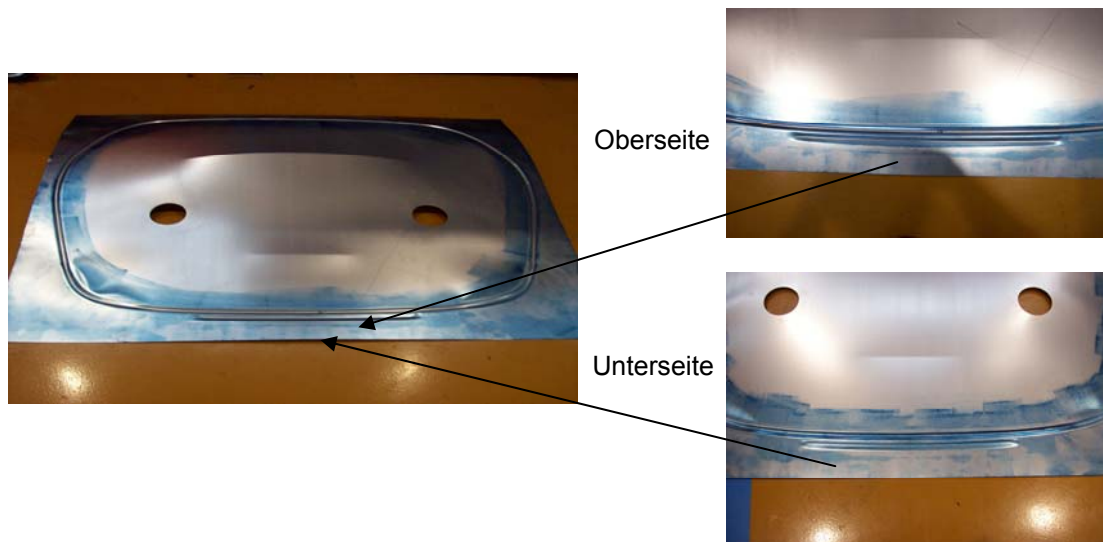


Abbildung 7.15: Untersuchung der Blechhalterflächen, Touchierbild

Untersuchung 4

Da die Ursache für die Aufspannfalte im angezogenen Blechteil noch nicht gefunden wurde, schließt sich nunmehr eine weitere Untersuchung an. Um den Verlauf der Ziehsicke beurteilen zu können wurde das Bauteil bis auf einen Weg von 100 mm angezogen. Dabei wird das Material in der Ziehsicke verdrückt. Der Anhauradius der Ziehsicke läuft über die Blechbreite in das Werkzeug und stellt sich dort als Linie auf dem angezogenen Blechteil dar. Der Verlauf der Anhaukante sollte dabei einen harmonischen Verlauf zur Stempelgeometrie haben. Das heißt, das Verhältnis der Stempelgeometrie zur Linie der Anhaukante sollte passen. Tritt in der Linie der Anhaukante ein Bereich mit Unebenheiten wie z.B. Wellen auf, entstehen Verspannungen mit dem in der Linie harmonisch verlaufenden Bereich. Durch diese Materialverspannung kommt es zum Gegenzug, wodurch Aufspannfalten entstehen. Abbildung 7.16 zeigt eine Nahaufnahme der Anhaukante.

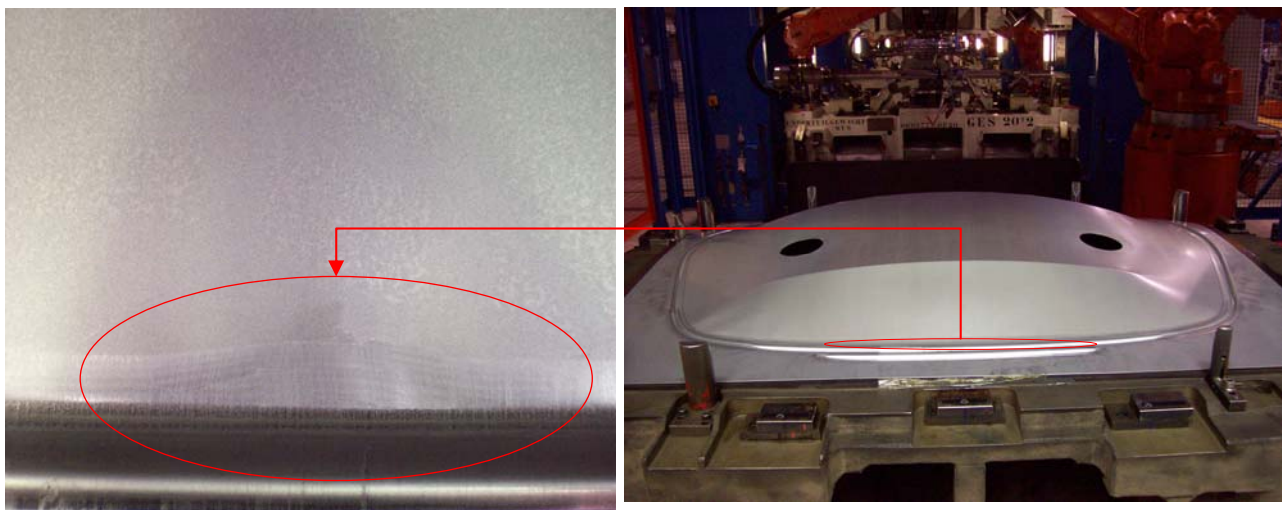


Abbildung 7.16: Anhaukante im 100 mm angezogenen Blechteil, (links) Nahaufnahme

Auswertung der Ergebnisse Untersuchung 5

In Abbildung 7.16 Seite 77 wird der Unregelmäßige Verlauf der Anhaulante deutlich, so das sichtbare Materialverspannungen zu erkennen sind. Dies lässt die Vermutung zu, das Bereiche der Ziehsicke verschlissen sind. Um diese Vermutung zu bestätigen wurde die Ziehsicke mit Panzerklebeband abgeklebt. Anschließend wurde eine beliebige Versuchsplatine bis auf einen Weg von 100 mm angezogen. Mit dieser Methode wird ein höherer Reibwiderstand simuliert und das Blech kann somit gleichmäßig in das Werkzeug nachfließen.

Abbildung 7.17 zeigt das angezogene Bauteil im Vergleich zu den anderen Versuchsbauteilen.



Abbildung 7.17: Vergleich der Versuchsplatinen in der Untersuchung 5

Das Ergebnis verdeutlicht, dass es hier kaum noch ein Anzeichen für eine Aufspannfalte gibt. Was die Vermutung einer verschlissenen Ziehsicke bestätigt.

Zusammenfassung für Untersuchung 5

Mit der Untersuchung wurde ein deutlicher Einfluss auf den Herstellungsprozess der HKL AH E87, durch mechanische Kennwerte, insbesondere des r-Werts, nachgewiesen. Weiterhin wurde durch diese Untersuchung das sehr enge Prozessfenster für die Herstellung der HKL AH E87 aufgezeigt. Durch geringfügige Verschleißerscheinungen im Werkzeug hat sich ein Unterschied im r-Wert sofort auf den Herstellungsprozess ausgewirkt. Wobei noch anzumerken ist, das sich die Falte, unter Verwendung von Voest Platinen mit einem sehr niedrigen r-Wert von $r_{90^\circ/10-15} = 1,75$, nicht im Fertigteil abgebildet hat. Deshalb sollte der r-Wert auf der Blechkennkarte, mit einer Tolerierung von r_{90° min-Wert: 2,0, überdacht werden. Außerdem ist ein Abgleich des r_{90° -Wert der Blechkennkarte mit dem vom 3.1 Zeugnis des Lieferanten nicht möglich da nicht eindeutig klar wird welcher r-Wert im 3.1 Zeugnis aufgeführt ist.

8 Zusammenfassung

Ziel in der Diplomarbeit war es den Einfluss auf die Bauteilgeometrie, im Speziellen die Rückfederung, die Bauteilqualität und den direkten Umformprozess, bei einer Veränderung von Prozessparametern, zu untersuchen. Die Untersuchungsergebnisse für die einzelnen Versuche wurden bereits unter Kapitel 7, ausführlich ausgewertet.

Im Versuch 1 wurden bei der geometrischen Bauteilvermessung die geringste Abweichung zur Serie festgestellt. Jedoch konnte durch eine Umstellung, von Kraft-Wegumschaltung auf eine reine Wegumschaltung, in der Serienproduktion eine Taktzeitgewinnung erreicht werden. Des Weiteren wurde nach Übertragung auf die Serienproduktion, seitens des Rohbaus eine maßliche Verbesserung im ZB festgestellt. Es lässt sich jedoch nicht nachweisen ob die Veränderung im ZB im direkten Zusammenhang mit der Änderung im Ziehprozess und der damit einhergehenden veränderten Bauteilgeometrie des Einzelteil steht. Deshalb sollte mit einer weiterführenden Untersuchung geklärt werden, ab welcher Größenordnung die Abweichung der Bauteilgeometrie im Einzelteil einen direkten Einfluss auf die Bauteilgeometrie im ZB hat. Diese Empfehlung lässt sich auch auf alle anderen Versuche übertragen.

In jedem Fall sollte bei einer Abweichung von den üblichen Serienbedingungen, die gesamte Prozesskette im Presswerk betreffend, eine Mitteilung an den Rohbau erfolgen. Da eine maßliche Änderung im ET oftmals eine Änderung im ZB nach sich zieht, besteht so die Möglichkeit für den Rohbau sich den vorherrschenden Bedingungen anzupassen.

Versuch 3 und 4 sowie die Untersuchung 5 haben gezeigt dass sich eine Wareneingangskontrolle als sinnvoll erweisen würde. Dafür sind eine genaue Kenntnisse und die Bedeutung von Material- und Oberflächenkennwerten unabdingbar. Wird eine Abweichung der Kennwerte festgestellt und werden diese Veränderungen richtig interpretiert kann durch ein zielgerichtetes und schnelles Eingreifen, der Herstellungsprozess an die vorherrschende Situation angepasst werden. Überdies wurde in Untersuchung 4 und 5 festgestellt, dass die für den RP_c -Spitzenwert und den r -Wert festgelegten Toleranzgrenzen überdacht werden sollten. Für beide Werte sollte ein oberer Toleranzwert festgelegt werden. Denn wie in den Untersuchungen festgestellt wurde, läuft bei einem hohen RP_c - bzw. r -Wert mehr Material in das Werkzeug nach was für diesen Herstellungsprozess, auch bedingt durch das enge Prozessfenster, nicht von Vorteil ist.

Bestandteil in dieser Diplomarbeit war es auch eine Vorgehensweise zur Bearbeitung der Thematik zu erstellen. Dabei ergab sich bei der Messung des Bauteils ein bisher noch nicht erkanntes Problem. Um das Rückfederungsverhalten im Bauteil messtechnisch erfassen zu können, musste ein neues Messkonzept erarbeitet werden. Das im Rahmen dieser Arbeit entstandene Messkonzept wird bereits bei den messtechnischen Untersuchungen angewendet.

Literaturverzeichnis

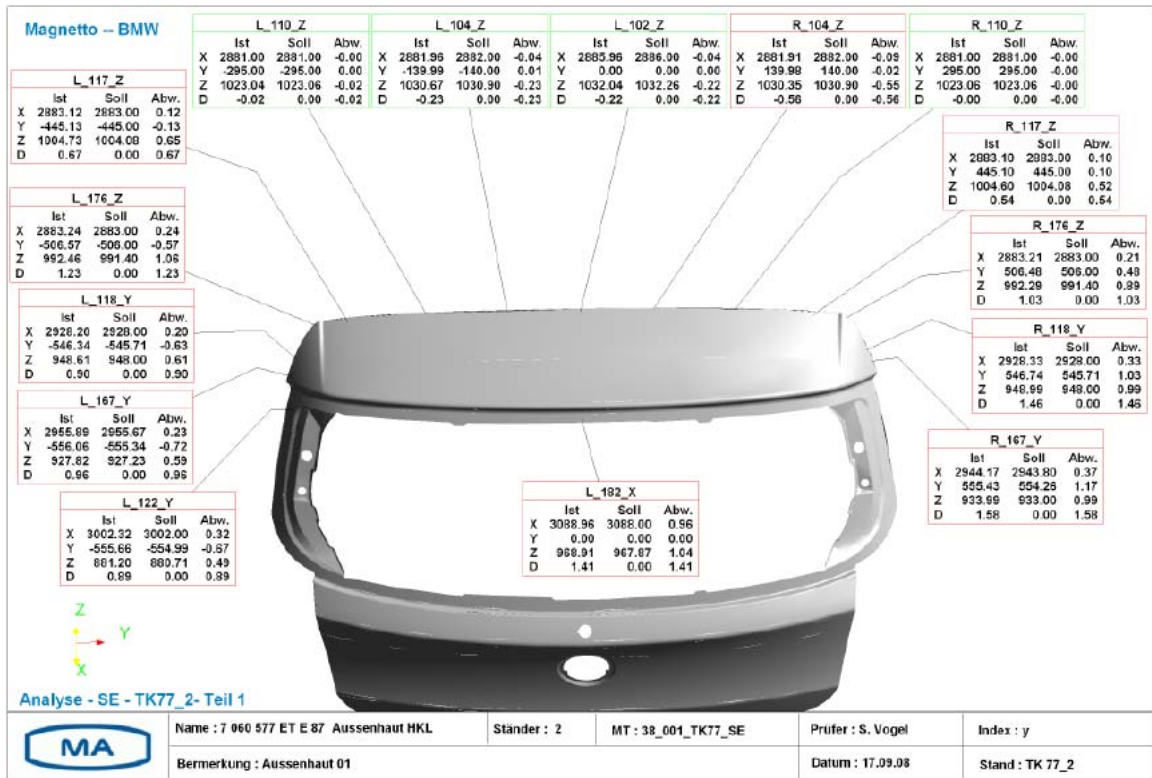
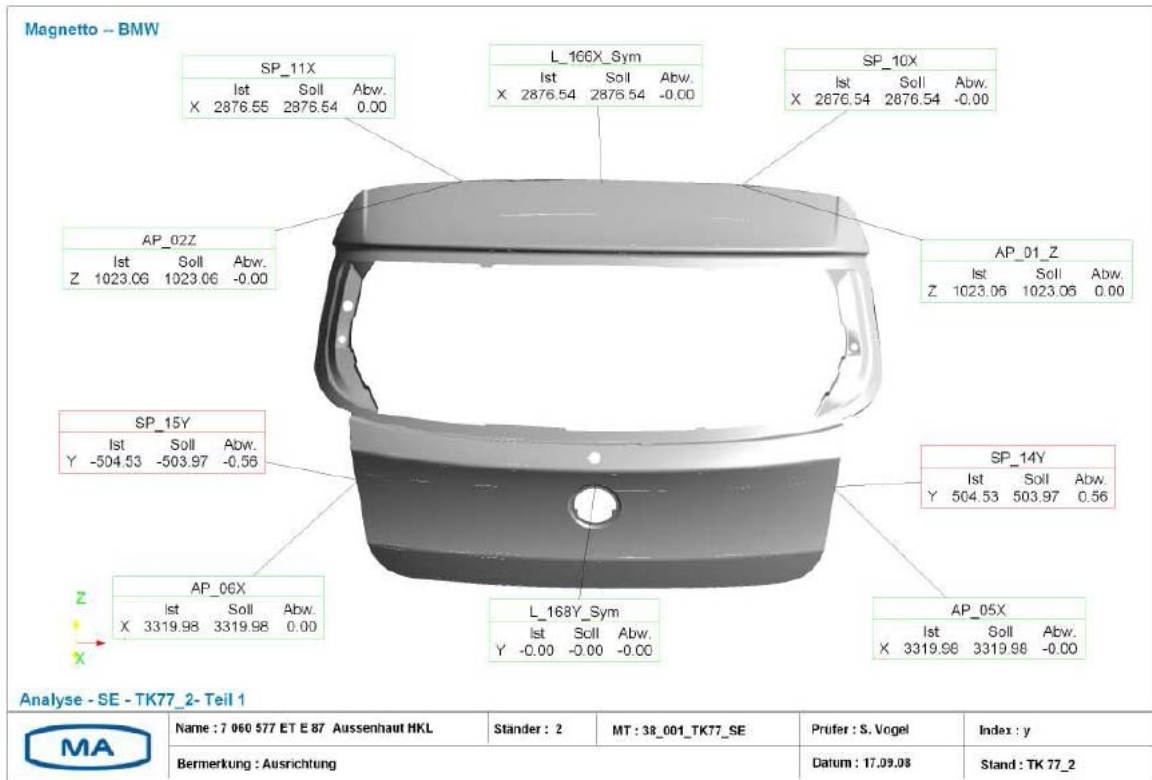
- /1/ Doege, Eckart; Behrens, Bernd-Arno: Handbuch Umformtechnik: Grundlagen, Technologien, Maschinen; Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2007
- /2/ Schuler: Handbuch der Umformtechnik; Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1996
- /3/ Klocke, Fritz; König, Wilfried: Fertigungsverfahren: Umformen. 5. Auflage Heidelberg: Springer-Verlag, 2007
- /4/ Lange, K.: Umformtechnik: Handbuch für Industrie und Wissenschaft; Band 3: Blechbearbeitung. 2.Auflage Berlin: Springer-Verlag 1990
- /5/ Fischer, F.; u.a.: Über den Einfluss der Mikrooberfläche auf das Verhalten von Feinblechen im Tiefzug, Stahl Eisen 80 (1960); (/4/ Seite 92)
- /6/ Fukui, S.; u.a.: The effect of surface roughness of sheet and tools on deep-drawability. Sheet Met. Ind.40 (1963); (/4/ Seite 93)
- /7/ Veränderung der Blechoberfläche durch Walzenverschleiß und die Auswirkungen im Presswerk; <http://www.utfscience.de/pdf/44709>; Stand 07.01.2009
- /8/ Blech Rohre Profile, Ausgabe 1-2, Februar 2008, Verlag Meisenbach, S.36-39
- /9/ Betriebsanleitung Carmet/Pro T, Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH, Revision 2, Oktober 2002
- /10/ Verfahrensanweisung QM: Anforderungen an das interne Labo, Nummer IGQ.35.MD, Magnetto Automotive Deutschland GmbH, Revision 02, 15.02.06
- /11/ Cristian Bieber, Diplomarbeit „3-dimensionaler Ein- und Ausstiegsbahnkurven und zugehöriger Lastkollektive an verschiedenen Fahrzeugsitzen in Abhängigkeit von der PKW-Bauform, Bertrand München, Oktober 2007
- /12/ Koordinatenmesstechnik Fertigungsmesstechnik, Prof. Dr.-Ing. Robert Schmitt, Fraunhofer Institut Produktionstechnologie, <http://www.wzl.rwth-aachen.de>; Stand 04.11.2008
- /13/ Lothar, Papula: Mathematische Formelsammlung: Für Ingenieure und Naturwissenschaftler: 7. Auflage Vieweg Verlag Sep.2001
- /14/ Müller Weingarte: Bedienerhandbuch für die Schneidanlage U 200/VK 630/UST 180, Stand: 11/2004

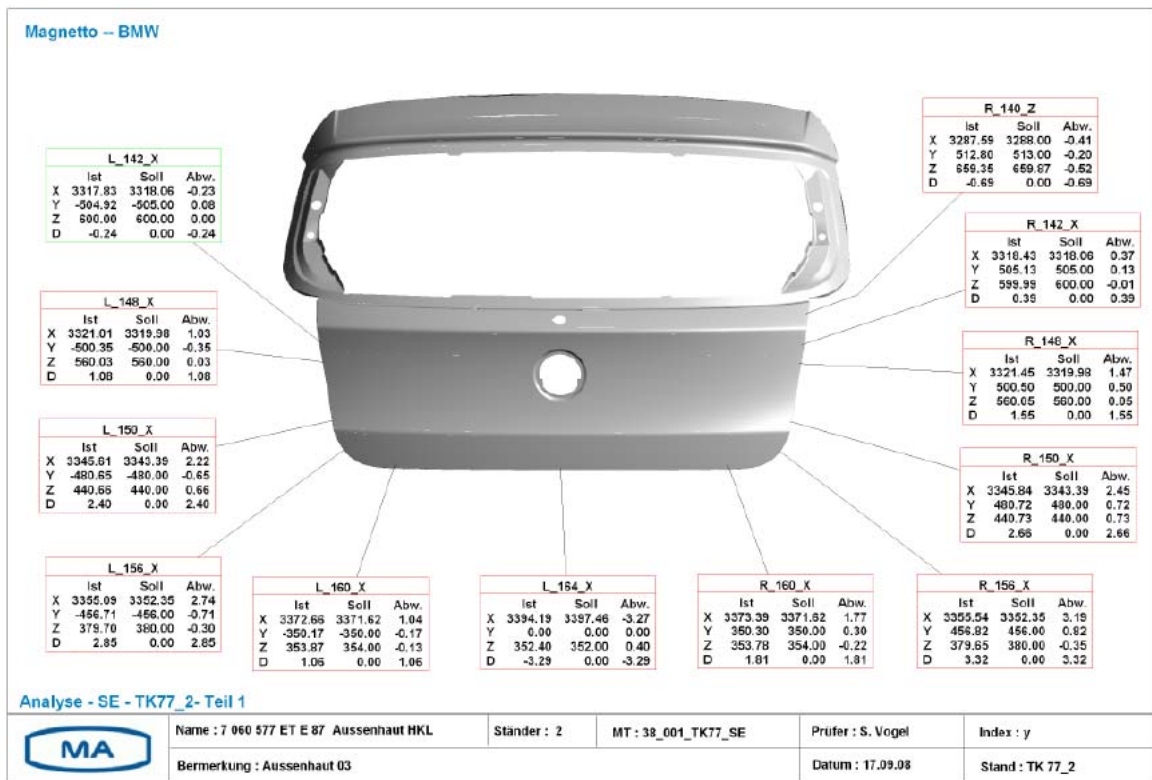
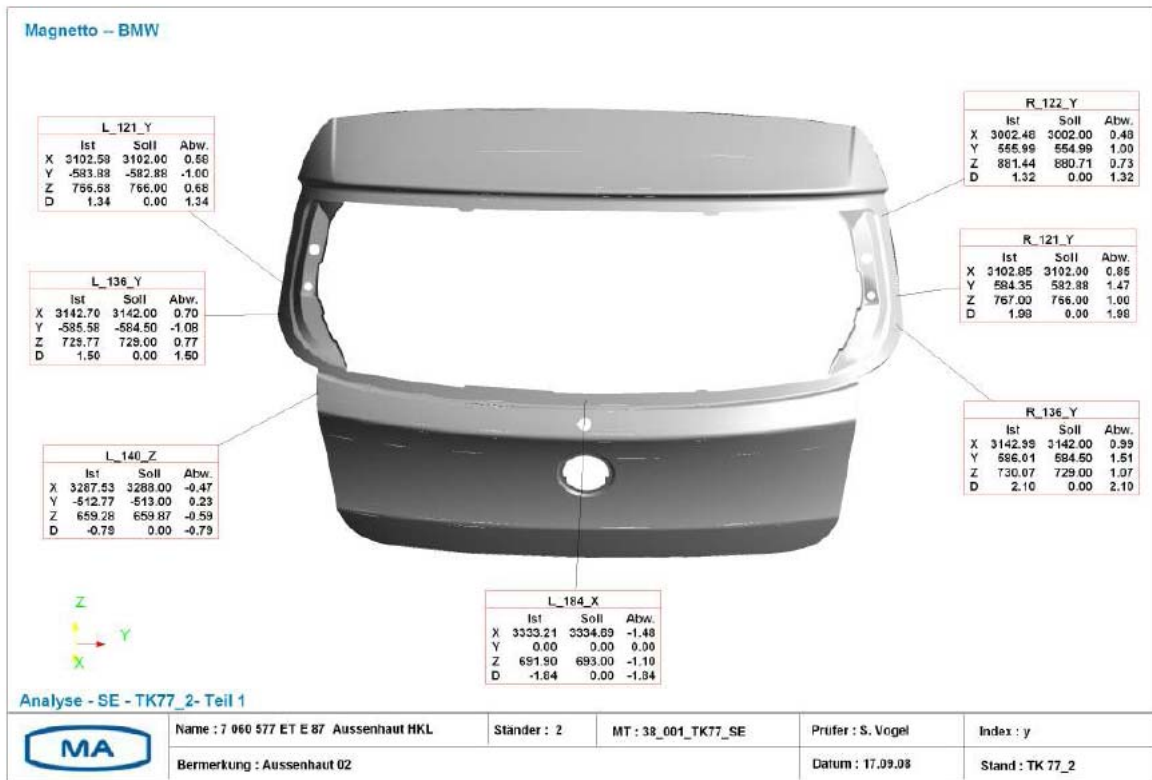
- /15/ Chausson Outillage: Lieferant für Blechformwerkzeuge: Methodenplan Nr.: 060577
Stand: 15.10.2002
- /16/ Müller Weingarten: Betriebsanleitung Hydraulische Hochleistungspressen,
Maschientyp ZE 630-33/22.1.2
- /17/ Hommelwerke GmbH: Oberflächen-Messsysteme für Produktion und Messraum:
Oberflächenkenngößen und Messbedingungen, Druckschrift: 519842 DZ 10000
12/02, Beuth Verlag Berlin

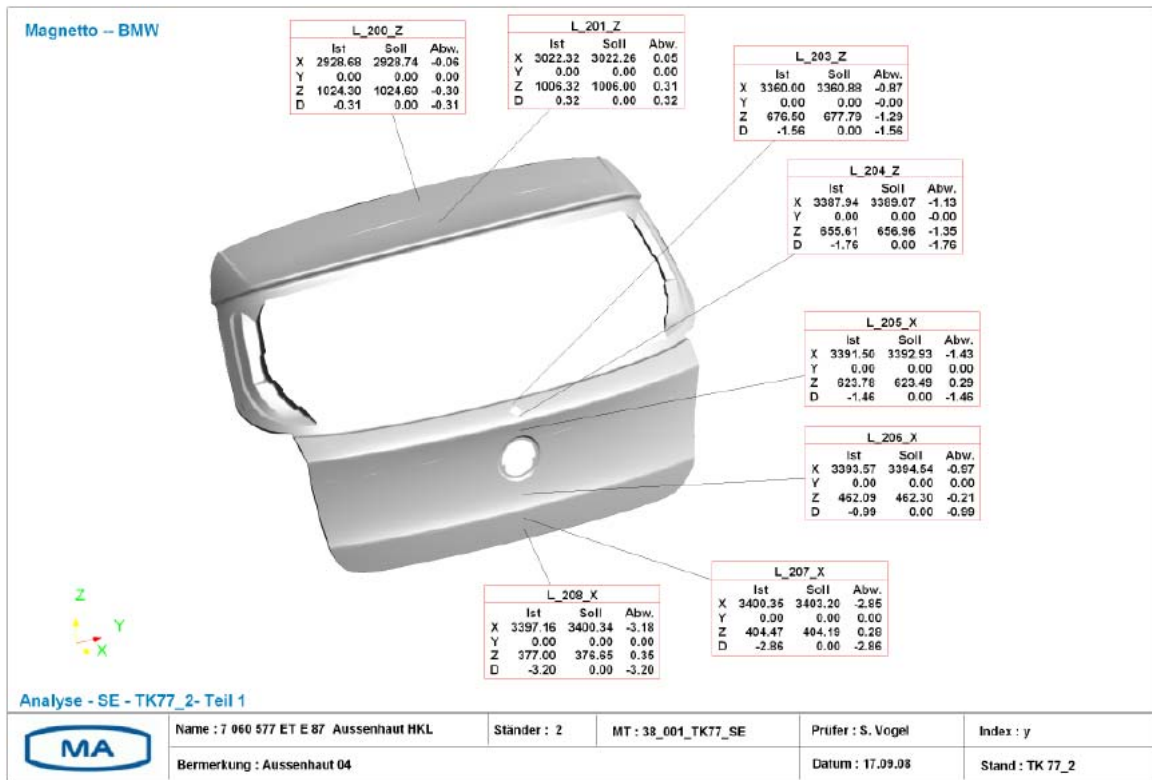
Anlagenverzeichnis

Anhang 1: Messbericht.....	83
Anhang 2: Blechkennkarte.....	86
Anhang 3: Auszug aus der BMW Group Standard GS 90013	87
Anhang 4: Versuch V1 Bereich 3.....	92
Anhang 5: Versuch V2 Bereich 2.....	93
Anhang 6: Versuch V3 Bereich 3.....	94
Anhang 7: 3.1 Prüfzeugnis Voestalpine.....	95
Anhang 8: 3.1 Prüfzeugnis Arcelor Mittal	97
Anhang 9: Materialkennwerte aus dem Zugversuch.....	98



Anhang 1: Messbericht







Anhang 2: Blechkennkarte

 MAGNETTO AUTOMOTIVE DEUTSCHLAND GmbH - 08233 Treuen		Blechkennkarte		Name: G. Kozian	
<input checked="" type="checkbox"/> Coil <input type="checkbox"/> Platine <input type="checkbox"/> Formpl. <input type="checkbox"/> Tailored Bl.				Datum: 23.09.08	
Verteiler: G:\Blechkennkarten\E87				Kurzz.: TFPA	
				Revision: L QMS-Formular: MOD.112-REV.00	
Bauteil-Sachnr: 7 060 577		Bezeichn.: Heckklappe Außenhaut, E87			
Bauteil-Index: 08 x ELJ26T		Datum (Bauteil-Index): 20.10.04			
Coil-Sachnr: 446008014900000		Platinen-Sachnr.:			
Bezeichnung: kaltgewalzter Tiefziehstahl					
Güte	Beschichtung	OF-Art	Dicke [mm]	Breite [mm]	Länge [mm]
DX56D	Z100	MCO	0,8	1490	
Kunden - Normen: BMW GS 93005-2					
Normen zu Dimensionen / Toleranzen: DIN EN 10143			Coilabmessungen:		
Einschränkung Dimension / Toleranz: Dicke (mm): +0,02/-0,04			ø außen [mm]: max. 1820 ø innen [mm]: 610		
Dehngrenze Rp _{0,2} [N/mm ²]: 120-180			Coilgewicht max. [kg]: 27.000		
Streckgrenze Re [N/mm ²]:			Coilgewicht min. [kg]: 22.000		
Zugfestigkeit Rm [N/mm ²]: 270 bis 350			Gutseite: <input type="checkbox"/> innen <input checked="" type="checkbox"/> außen		
Bruchdehnung A _{80mm} min. [%]: 40			beschichtete Seite: <input type="checkbox"/> innen <input type="checkbox"/> außen		
r ₉₀ min-Wert: 2,0			Platinenstapel:		
n ₉₀ min-Wert: 0,21			Höhe inkl. Verpackung [mm]:		
			Gewicht inkl. Verpackg. [kg]:		
			Anzahl Platinen/Stapel [Stück]:		
			Stapelgenauigkeit [mm]:		
			Gutseite: <input type="checkbox"/> oben <input type="checkbox"/> unten		
			beschichtete Seite: <input type="checkbox"/> oben <input type="checkbox"/> unten		
Beschichtet:			Oberfläche:		
Vorphosphatiert:			Rauheit Ra [µm]: 1,1 bis 1,6		
Beschichtungsdicke [µm]: 7,5 ±1			Spitzenwert RPC: >50		
1. Seite [g/m ²]: 50			Texturierungsart:		
2. Seite [g/m ²]: 50					
Beölungsmittel: FUCHS Anticorit PL 3802-39S					
Beölungsgrad [g/m ²]: <input type="checkbox"/> ohne <input checked="" type="checkbox"/> leicht 0,8-1,2 <input type="checkbox"/> mittel 1,2-1,8 <input type="checkbox"/> sonst.:					
Verpackung: siehe MAD Verpackungsdatenblatt Coil					
Umformung: <input type="checkbox"/> schwierigste <input checked="" type="checkbox"/> schwierige <input type="checkbox"/> starke <input type="checkbox"/> normale					
Verwendung: <input checked="" type="checkbox"/> Außenteil <input type="checkbox"/> Innenteil sichtbar <input type="checkbox"/> Innenteil nicht sichtbar					
Liefer-/Materialkennzeichnung mit Warenbegleitschein nach VDA. Kennzeichnung: Stempelung der Coils im Abstand von 0,5 m mit Namenszeichen des Lieferwerkes und Identifikations-Nummer gegenüber Gutseite.					
Materialprüfzeugnis nach DIN EN 10204-3.1 inklusive Rauheits-Spitzenwert bei Anlieferung.					
Bemerkung / Änderung: Besondere Sauberkeit bei Herstellungs- und Handlingsprozeß; Schweißnahtkennung mittels Loch Dm 15 - 30 mm zentriert; Abweichung ±100 mm; Max. 2 Schweißnähte.					
Name		Kurzzeichen	Datum	Unterschrift	
Geprüft/ genehmigt: Dr. Klose		T	23.09.08		

Anhang 3: Auszug aus der BMW Group Standard GS 90013

BMW Group Standard**GS 90013**

Juli/July 2002

Deskriptoren:	Abmessung, Allgemeintoleranz, Blech-Einzelteil, Einzelteil, Formtoleranz, Genauigkeit, Geometrie, Lagetoleranz, Maßtoleranz, Technische Zeichnung, Toleranz, Toleranzfeld, Zeichnungseintragung	Ersatz für BMWN 11356.0 Ausgabe 07.2001
Descriptors:	Dimensions, general tolerances, individual sheet-metal parts, individual part, form tolerance, exactness, geometry, orientation and location tolerance, dimensional tolerance, technical drawing, tolerance, tolerance field, drawing entry	Supersedes BMWN 11356.0 version dated 07.2001

**Allgemeintoleranzen**

Toleranzen für spanlos gefertigte Blech-Einzelteile

General tolerances

Tolerances for individual sheet metal parts manufactured in non-cutting processes

Ausdrucke unterliegen nicht dem Änderungsdienst.
Print-outs are not subject to the change service.

Fortsetzung Seite 2 bis 9
Continued on pages 2 to 9

BMW AG Normung: 80788 München

© BMW AG Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved
interleaf-doc



Seite/Page 2

GS 90013:2002-07

Maße in mm

Dimensions in mm

In case of dispute the German wording shall be valid.

Inhalt		Contents			
	Seite		Page		
1	Anwendungsbereich	3	1	Scope	3
2	Normative Verweisungen	3	2	Normative references	3
3	Zeichnungseintragung	3	3	Drawing entry	3
4	Allgemeintoleranzen	4	4	General tolerances	4
4.1	Zulässige Allgemeintoleranzen	4	4.1	Permitted general tolerances	4
4.1.1	Toleranzen für FMK-Punkte	5	4.1.1	Tolerances of FMK-points	5
4.1.2	Toleranzen für Punkte zur Teileausrichtung ..	5	4.1.2	Tolerances of points for part alignment	5
4.2	Zulässige Allgemeintoleranzen für Maße ohne Toleranzangabe	6	4.2	Permitted general tolerances for dimensions without tolerance specification ..	6
4.3	Mindestflanschbreite bei Punktschweißflanschen	7	4.3	Minimum flange width in the case of spot welding flanges	7
4.4	Zulässige Formabweichungen	7	4.4	Permitted deviations in form	7
Anhang A: Beispiele für Abweichungen von den Allgemeintoleranzen		9	Annex A: Examples for deviations from the general tolerances		9

Vorwort

Dieser Group Standard wurde mit den verantwortlichen Bereichen der BMW Group abgestimmt.

Für die in der Norm zitierten nationalen Normen wird in der folgenden Tabelle auf die entsprechenden internationalen Normen hingewiesen:

Nationale Normen / National Standards	Internationale Normen / International Standards
DIN ISO 128	ISO 128
DIN ISO 1101	ISO 1101
DIN EN 10048	EN 10048
DIN EN 10051	EN 10051

Preface

This Group Standard has been coordinated with the responsible departments of the BMW Group.

For the national standards quoted in the subject standard, the following table refers to the corresponding international standards, if applicable:

Änderungen

Gegenüber der BMWN 11356.0 Ausgabe Juli 2001 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Die Norm wurde in einen Group Standard umgewandelt.
- Im Abschnitt 4 wurde die Zurückweisungsregel eingefügt.
- Im Abschnitt 4.1 wurde die Abstimmregel hinzugefügt.
- Tabelle 1 wurde überarbeitet.
- Anhang A wurde neu hinzugefügt.
- Die Norm wurde redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

BMW(S) 11356.0 03.1998, 11.2000, 07.2001

Amendments

The following amendments have been made to the July 2001 edition of BMW(S) 11356.0:

- The standard has been transformed into a Group Standard.
- Section 4 has been extended by the rejection regulation.
- Subsection 4.1 has been extended by the alignment regulation.
- Table 1 has been revised.
- Annex A has been newly added.
- The standard has been revised editorially.

Previous editions

1 Anwendungsbereich

Allgemeintoleranzen nach dieser Werknorm sind anwendbar für spanlos gefertigte Blech-Einzelteile, sofern es für spezielle Fertigungsverfahren keine anderen Normen gibt.

Diese Werknorm gilt nicht für Guß- und Schmiedeteile.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Es gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

BMW 11356.0	Allgemeintoleranzen; Toleranzen für spanlos gefertigte Blech-Einzelteile; Nicht für Neukonstruktionen
BMW 60112.0	Lochungen an Stanzteilen; Auswahlreihen, Anwendungsbeispiele
GS 91006-1 BBL 1	CAD-Produktbeschreibung; BM0/FM0/BMB-Referenzkarte Geometrische Integration; Datenqualität E-Bereich CATIA V4
GS 96002	Widerstandspunktschweißen (RP) von Stählen; Schweißpunkte, Mindestflanscbreiten, Konstruktionsgrundlagen
DIN 406-11	Technische Zeichnungen; Maßeintragung; Grundlagen der Anwendung
DIN EN 10048	Warmgewalzter Bandstahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen
DIN EN 10051	Kontinuierlich warmgewalztes Blech und Band ohne Überzug aus unlegierten und legierten Stählen; Grenzabmaße und Formtoleranzen
DIN ISO 128-20	Technische Zeichnungen; Allgemeine Grundlagen; Teil 20: Linien, Grundregeln
DIN ISO 1101	Technische Zeichnungen; Form- und Lagetolerierung, Form-, Richtungs-, Orts- und Laufoleranzen; Allgemeines, Definitionen, Symbole, Zeichnungseintragungen

3 Zeichnungseintragung

Wenn Allgemeintoleranzen nach dieser Werknorm gelten sollen, ist auf Zeichnungen in das vorgesehene Feld folgender Hinweis einzutragen:

Toleranzen nach GS 90013 / *Tolerances as per GS 90013*

1 Scope

General tolerances in accordance with this Group Standard can be applied for individual sheet metal parts manufactured in non-cutting processes, provided there are no other standards for special manufacturing procedures.

This Group Standard does not apply to castings and forgings.

2 Normative references

This Standard incorporates provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text and the publications are listed hereafter. The respective latest edition of the publication is applicable.

BMWS 11356.0	Tolerances for individual sheet metal parts manufactured in non-cutting processes; Not for new designs
BMWS 60112.0	Perforations on stampings; selection series, examples of application
GS 91006-1 BBL 1	CAD product description; BM0/FM0/BMB reference card Geometric integration; Data quality E CATIA V4
GS 96002	Resistance spot welding (RP) of steel; spot welds, minimum flange widths, design basics
DIN 406-11	Technical drawings; dimensioning in drawings; bases for application
DIN EN 10048	Hot rolled narrow steel strip; Tolerances on dimensions and shape
DIN EN 10051	Continuously hot-rolled uncoated plate, sheet and strip of non-alloy and alloy steels; Tolerances of dimensions and shape
DIN ISO 128-20	Technical drawings; general principles of presentation; Part 20: Basic conventions for lines
DIN ISO 1101	Technical drawings; geometrical tolerancing; tolerancing of form, orientation, location and run-out; general information, definitions, symbols, entries on drawings

3 Drawing entry

If general tolerances in accordance with this Group Standard are to apply, the following reference is to be entered in drawings in the panel provided for such:

Seite/Page 4
GS 90013:2002-07

4 Allgemeintoleranzen

Die nachfolgenden Toleranzangaben setzen ein rechtsdrehendes Koordinatensystem voraus.

Als Grundlage für die Form- und Lagetoleranzen gilt die DIN ISO 1101.

Wenn nicht anders festgelegt, dürfen Werkstücke, bei denen die Allgemeintoleranzen nicht eingehalten sind, nicht automatisch zurückgewiesen werden, wenn ihre Funktion nicht beeinträchtigt ist.

4.1 Zulässige Allgemeintoleranzen

In der Regel gelten die in Tabelle 1 dargestellten Toleranzwerte. Abweichungen sind in der Zeichnung gemäß Anhang A darzustellen.

Zusätzlich ist für alle Anschlüsse und Parterteilfunktionen die Toleranztendenz der Parterteile und der Zusammenbauergebnisse zu berücksichtigen. Sonderfälle mit höheren Toleranzen sind gemäß der Beispiele im Anhang A in die Zeichnung einzutragen.

Tabelle 1. Zulässige Allgemeintoleranzen

Toleranzwert <i>Tolerance value</i>	Beschreibung / <i>Description</i>
$\pm 0,25$	Fuge / <i>Gap</i> Abkartung / <i>Edge folding</i> Fallung / <i>Felling</i> } für fugenbildende Kanten <i>for joint-forming edges</i>
$\pm 1,5$	Freie Baumaße für "nicht funktionsbehaltete Flächen" an Strukturteilen (gilt nicht zur Teileausrichtung) <i>Free boundary dimensions for "surface areas not tied to functions" on structural parts (not applicable for part alignment)</i>
$\pm 0,5$	Freie Baumaße für Außenhautteile / <i>Free boundary dimensions for outer skin components</i>
$\pm 0,5$	Hinweis: Strak- und Lichtlinienverlauf geht vor Toleranzeinhaltung (gilt nicht zur Teileausrichtung) <i>Note: Body contour and meter contour before tolerance conformity (not applicable for part alignment)</i>
$\pm 0,5$	Für Anschluß- und Funktionsflächen nach GS 91006-1 BBL1 <i>For connecting faces and function faces as per GS 91006-1 Supplement 1</i>
-0,25 oder / + 0,25 -0,75 or + 0,75	Umlaufende Bördelzugabe am Einzelteil über Toleranz berücksichtigt <i>All-around flanged edge allowance on component part above tolerance taken into account</i>
0,5	Ebenheit für den angegebenen Bereich ¹⁾ / <i>Evenness for the specified area ¹⁾</i>
0,5	Parallelität zur Bezugslinie im gekennzeichneten Bereich ¹⁾ <i>Parallelism to the leader line in the marked area ¹⁾</i>
$\pm 0,5$	Position für Löcher (z.B. Lochungen mit runden, rechteckigen, quadratischen Querschnitten nach BMWN 60112.0) im Netzbezug <i>Position for holes (e.g. perforations with round, rectangular, square cross sections as per BMWN 60112.0) in the grid position</i>

(fortgesetzt) / *continued*

4 General tolerances

The following tolerance specifications assume a coordinate system which rotates to the right.

DIN ISO 1101 applies as the basis for the geometrical tolerances.

Unless otherwise specified, parts on which the general tolerance has not been met, may not be automatically rejected, when their function is not impaired.

4.1 Permitted general tolerances

As a rule, the tolerance values shown in Table 1 are applicable. Deviations must be shown in the drawing according to Annex A.

Further; for all connections and partner part functions the tolerance sum of the partner parts and of the assembly results are to be taken into account. Special cases with greater tolerances are to be entered in the drawing as shown in Annex A.

Table 1. Permitted general tolerances

Tabelle 1. (fortgesetzt)

Table 1. (continued)

+ 0 / - 0,2 ± 0,25	Durchmesser ⁴⁾ / Diameter ⁴⁾ Position / Position	} Aufnahmeloch im Netzbezug ²⁾ / Location hole in the grid position ²⁾
+ 0 / - 0,2 ± 0,25 / ± 0,5	Langlochbreite ⁴⁾ / Elongated hole width ⁴⁾ Position (Breite/Länge) / Position (width/length)	
+ 0 / - 0,2 ± 0,25 / ± 0,5	Rechteckbreite ⁴⁾ / Rectangular width ⁴⁾ Position (Breite/Länge) / Position (width/length)	} Aufnahmeloch im Netzbezug ²⁾ ³⁾ Location hole in the grid position ²⁾ ³⁾
± 0,5	Linienform für geschnittene Kanten (Beschnittkante) / Profile for cut edges (trim edge)	

¹⁾ Sollen für einen begrenzten Bereich besondere Bedingungen gelten, so ist dieser Bereich durch eine Linie der Linienart 10 nach DIN ISO 128-20 anzugeben und mit der Symbolik gemäß Anhang A zu kennzeichnen. Wenn der begrenzte Bereich durch die Kontur des Formelementes bestimmt ist, werden keine Maße eingetragen; siehe DIN 406-11.
²⁾ Aufnahmelöcher sind mit "Aufnahme für ZB XYZ" zu kennzeichnen.
³⁾ Länge des Langloches/Rechteckes: min. Aufnahmebolzen-Durchmesser + 4 mm, max. nach Bedarf. Empfehlung: nur für netzparallele Aufnahmen und für Löcher ohne Abdichtfunktion.
⁴⁾ Lochverzerrung innerhalb der Toleranz zulässig

*¹⁾ If special conditions are to apply for a limited area, this area is to be specified by means of a line as per DIN ISO 128-20 and must bear a symbol as shown in Annex A. If the limited area is determined by the contour of a form feature, no dimensions are entered; see DIN 406-11.
²⁾ Support holes are to be identified as "supports for assemblies XYZ".
³⁾ Length of the elongated hole/rectangular: min. support pin diameter + 4 mm, max. to requirement. Recommendation: only for net-parallel supports and holes without sealing function.
⁴⁾ Hole deformation within the tolerance permitted.*

4.1.1 Toleranzen für FMK-Punkte

FMK-Punkte haben die Toleranz der darunter liegenden Fläche, Beschnittkante, Bördelkante oder die Toleranz des Lochmittelpunktes.

4.1.1 Tolerances of FMK-points

FMK-points have the tolerance of the surface, cutting edge or flanged edge that lies beneath or the tolerance of the hole center.

4.1.2 Toleranzen für Punkte zur Teileausrichtung

Die Allgemeintoleranz für Ausricht-, Stütz- und Symmetriepunkte zur Teileausrichtung ist $\pm 0,2$. Gegebenenfalls ist der Ausrichtpunkt durch zusätzliche Meßpunkte zu bestätigen.

4.1.2 Tolerances of points for part alignment

The general tolerance of alignment, support and symmetry points is $\pm 0,2$. If necessary, the point of alignment has to be confirmed by additional measuring points.

Die Punkte zur Teileausrichtung sind stets auf der Zeichnung anzugeben und durch die in Bild 1 dargestellte Symbolik zu kennzeichnen.

The points for part alignment shall always be defined on the drawing and shall be identified by the symbols shown in Fig. 1.

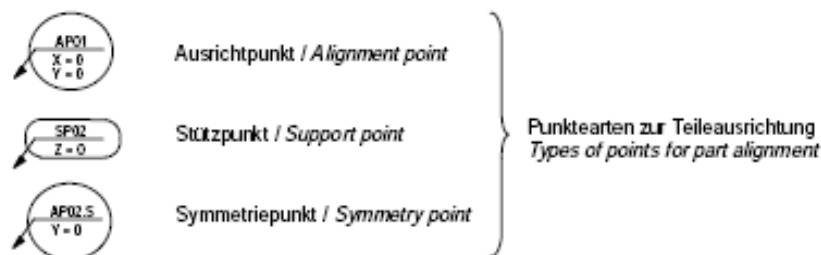
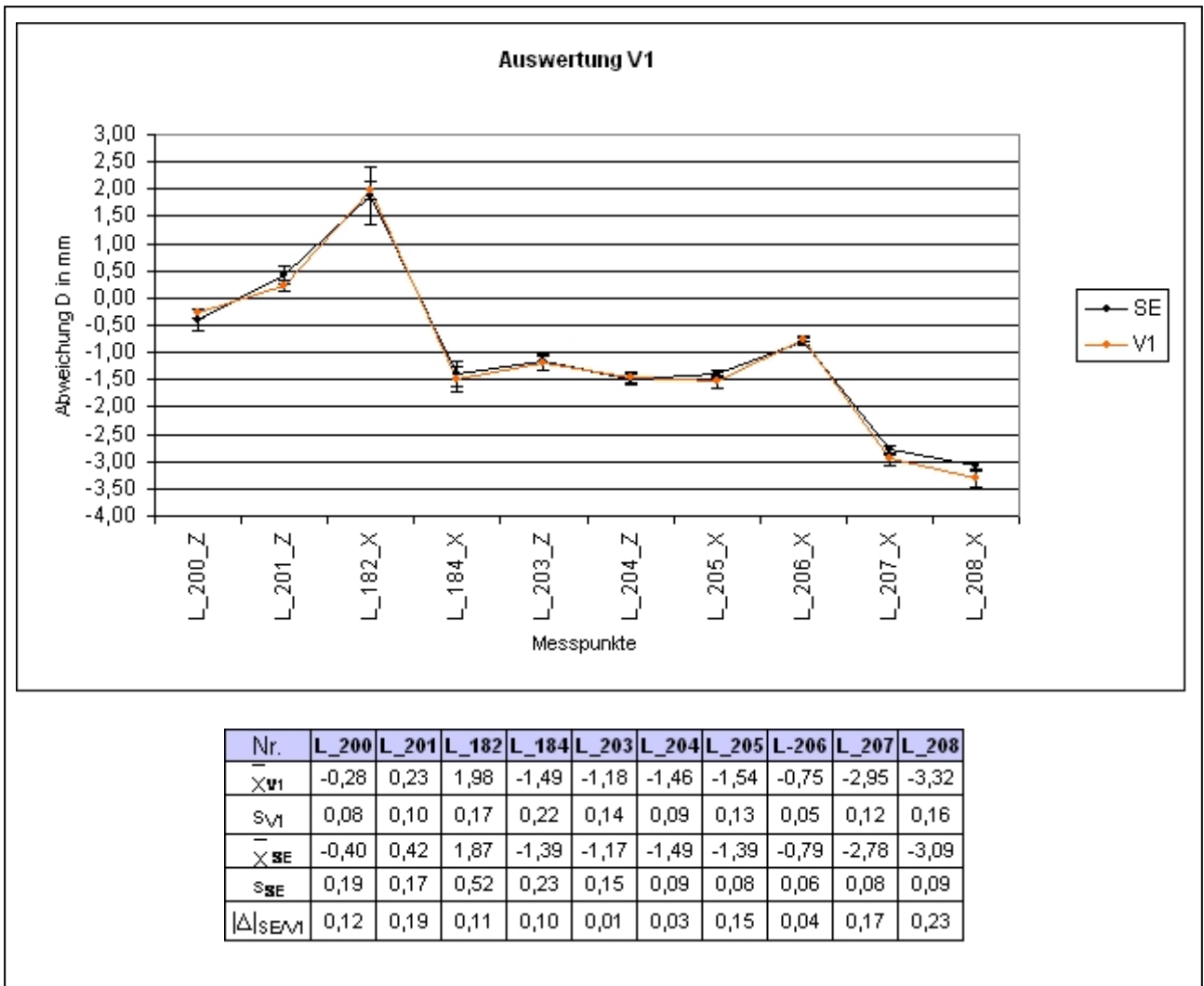


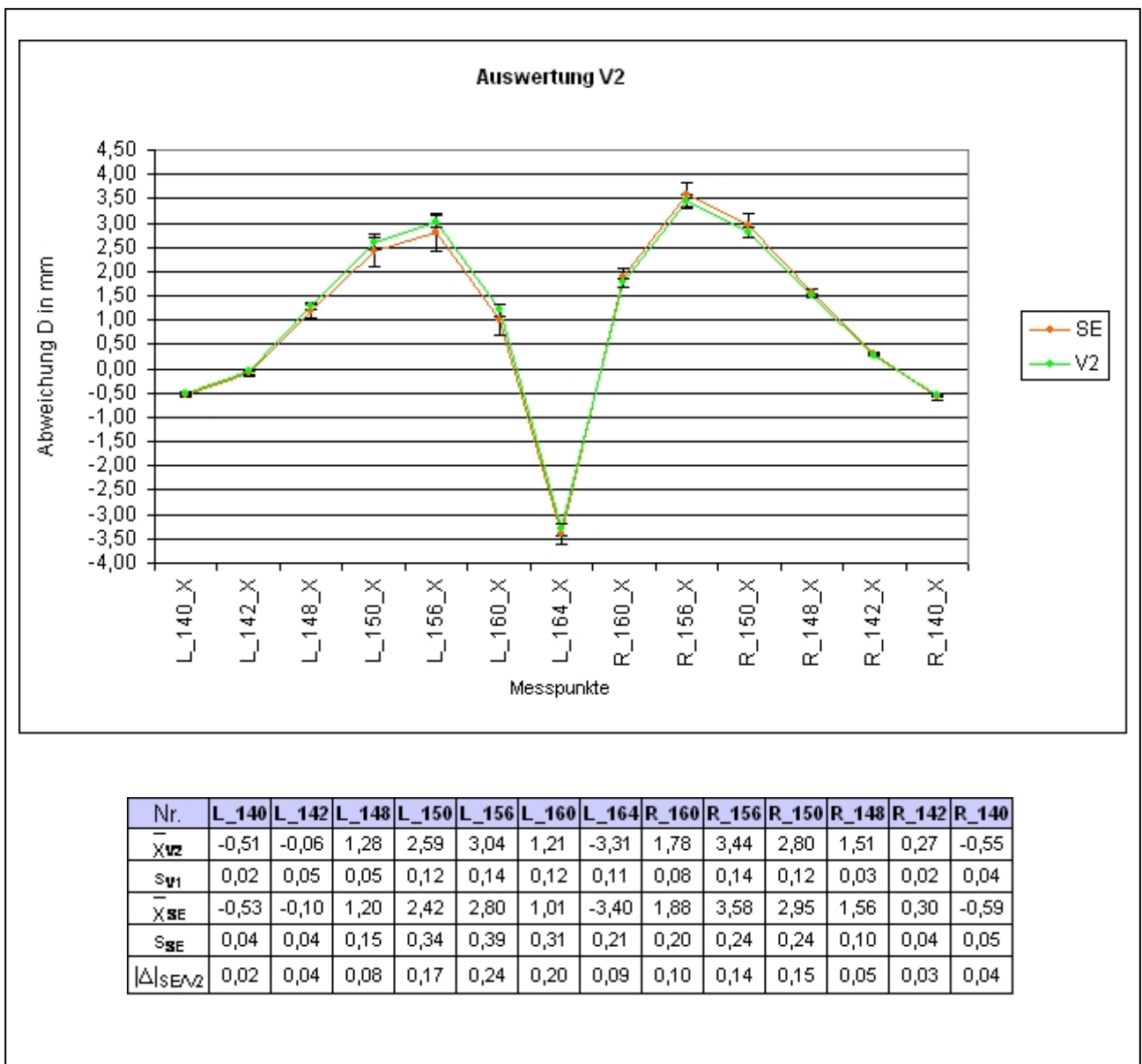
Bild 1. Symbolik für Punkte zur Teileausrichtung

Fig. 1. Symbols for points for part alignment

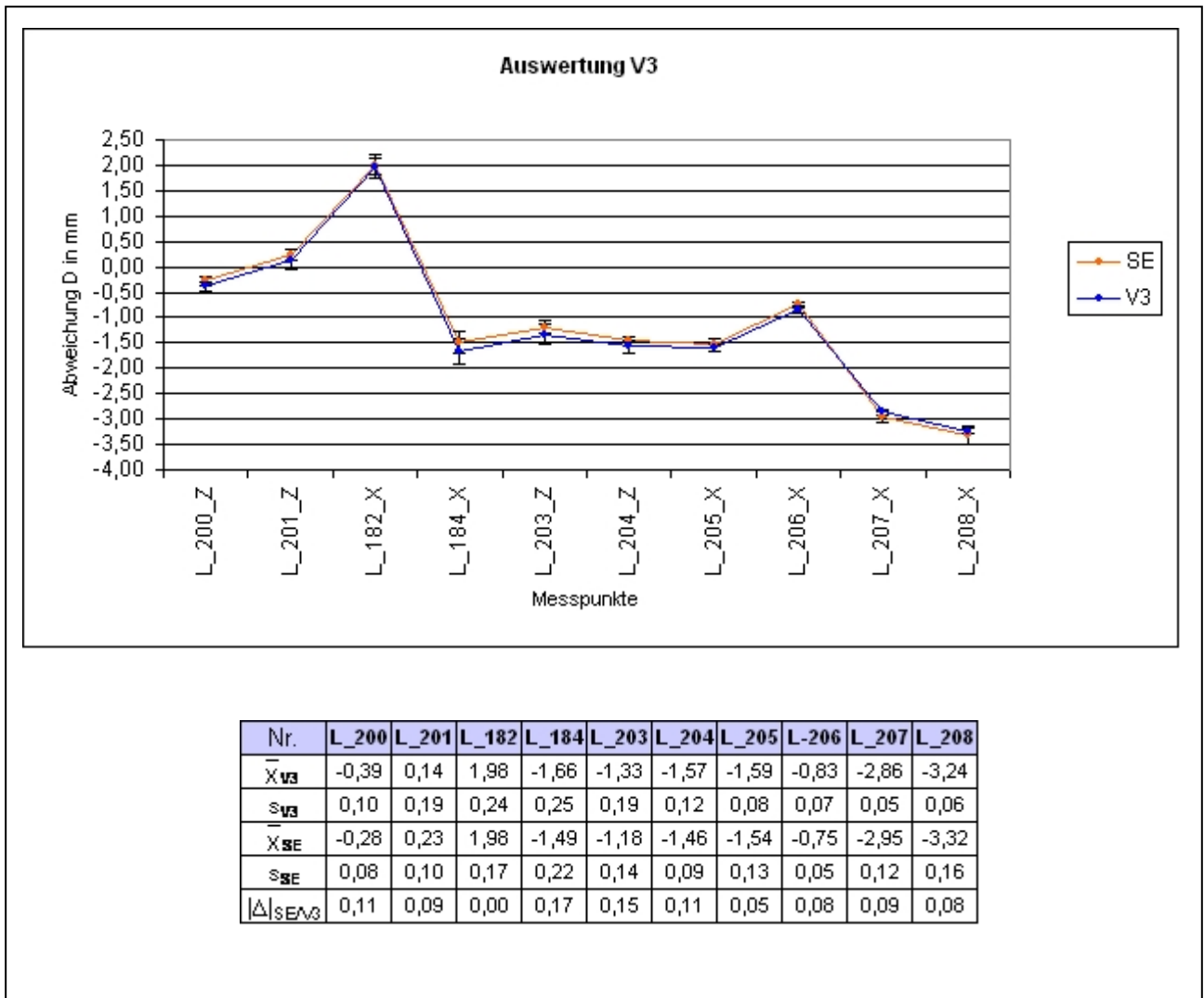
Anhang 4: Versuch V1 Bereich 3



Anhang 5: Versuch V2 Bereich 2



Anhang 6: Versuch V3 Bereich 3



Anhang 7: 3.1 Prüfzeugnis Voestalpine

Voestalpine Stahl GmbH		A02 Abnahmeprüfzeugnis 3.1 - EN 10204		Seite 1 von 2 Z02 13-11-2008 Datum		voestalpine-Stralke 3 4020 Linz, Austria www.voestalpine.com/stahl	
M0529433		8931189		13-11-2008		3F	
A03	Bezeichnung-Nr.:	A08	Auftrags-Nr.:	A07	Bestell-Nr.:	Versanddatum:	
A06	MA Automotive Deutsch, TREUEN	B01	FEDERWERKZINKTES STAHLBAND				
A07	Besteller	B02	DX56D+Z100MC				
	Best-Nr.:	B03	Norm	EN 10327-04+Z/+ZF			
A06	MA Automotive Deutsch, TREUEN						
	Zapflinger						
	Sachnummer	7 060 577					
B03 - Zusätzliche Anforderungen							
Z01 - Beschichtung und Maßprüfung: keine Beanspruchung. Wir bestätigen, dass die oben bezeichnete Lieferung den Bestellvorschriften (Normvorschriften) entspricht. Z01 - Kennzeichnung: Eismelzungsart (wenn spezifiziert), Markenbezeichnung, Schmelznummer, Band/Blechnummer.							
Umfang der Lieferung							
B07	B06	Dimensionen		B08	B12	B13	A09
Schmelze	Blech-Nr	B09	B10	B11	Brutto	Netto	Liebs-Nr
		Pos Dicke	Breite	Länge	kg	kg	11 44
		mm	mm	mm			
970133	556377	20	,80	1490,0	1	28.492	28.480
					1	28.492	28.480
C70 - Eismelzungsverfahren: LD							
Chemische Zusammensetzung (Schmelzanalyse)							
B07	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti
Schmelze	%	%	%	%	%	%	%
970133	.002	.006	.110	.005	.0120	.039	.063

66943

A04
 Herstellerzeichen
 voestalpine

Z02
 Abnahmebeauftragter(r) des Herstellers
 Qualitätslenkung
 Billensticker

voestalpine
 EINEN SCHRITT VORAUSS.

A03
Bestellungs-Nr.:

M0529433

A08
Auftrags-Nr.:

8931189

Z02
Datum

13-11-2008

Seite

2

von

2

Ergebnisse der Prüfungen

Verstuch	ZUGPROBE	C11	C12	C13	
B06	C02		Rm	A	r-20 n10-18
Blech-Nr	Lage l0	Rp0,2	N/mm ²	N/mm ²	%
556377	Q	80	159	296	49.1 2.20 .241

C99 - Ergänzende Angaben
Zm Haftung 1. O.

A04
Herstellerzeichen
voestalpine

Z02
Abnahmebeauftragter(s) des Herstellers
Qualitätslenkung
Billenstein

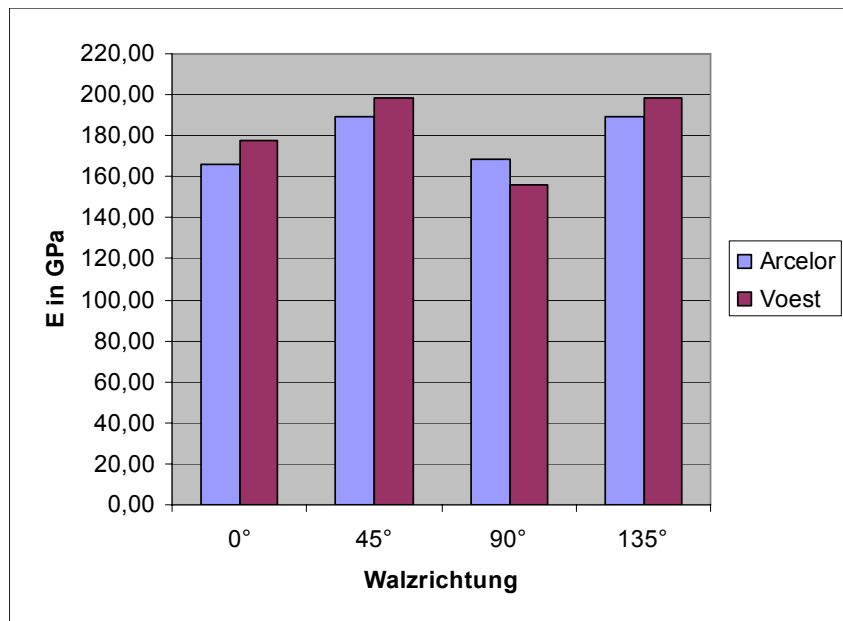
voestalpine
EINEN SCHRITT VORAN

Anhang 8: 3.1 Prüfzeugnis Arcelor Mittal

66541.

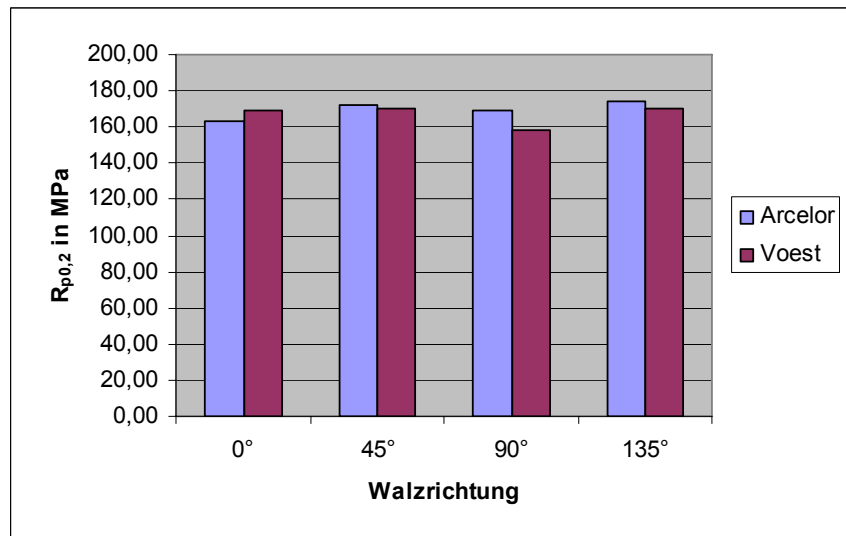
Abnahmeprüfzeugnis / Inspection certificate										Werks-Registrierenummer/Works order no: 1181153369	
nach / according to EN 10204 - 3.1										Werks-Lieferantennummer/Works order no: SDDMATA1032/69	
Nr./No.: 2008183509/000 Datum/Date: 15.11.2008										Kundenbestell-Nr./Cust. order no: A100000916018	
Besteller/ MA Automotive Deutschland GmbH										Empfänger/ MA Automotive Deutschland GmbH	
Customer: Treuener Höhe 1										Consignee: Treuener Höhe 1	
Treuen D-08233										Treuen D-08233	
Erzeugnis/Product: Feinblech feuerverzinkt in Rollen										EN 10327 (00-10-2004)	
Stahlsorte/Steel grade: DX56D+Z100-M-CO											
Lieferbedingungen/ Feuerverzinkte Coils										Zinkauflage: Z 100 Konservierungsart: geölt	
Terms of delivery:											
Anzahl/ Quantity	Abmessung, mm/ Dimension, mm	Bund-Nr./ Coil no.	Schmelz-Nr./ Cast no.								
1	0,80 x 1490,00	341212	107740								
Schmelzanalyse / ladle analysis (%)											
Schmelz-Nr./ Cast no.	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	N2			
107740	0,002	0,010	0,100	0,009	0,006	0,035	0,050	0,0023			
Prüfergebnisse / Test results											
Bund-Nr./ Coil no.	Probier- richtung Sample direction	Messlänge L0 mm	Streckgrenze Rp0,2 MPa	Zugfestigkeit Rm MPa	Dehnung A50mm %	n-Wert	n-Wert	Zinkauflage bedeckende Fläche cm ²			
341212	2	80	165	290	41,2	2,84	0,242	103			
1) Probierrichtung/Sample direction 1-längs/longitudinal 2-quers/querswise 3-längs/lateral 2) Härteanforderungen nach EN ISO 14553-1:2006 1-HRB 150, 2-HRB 100, 3-HRB 90, 4-HR15T, 5-HR30T, 6-HR15T, 7-HV10, 8-HVS											
ArcelorMittal Eisenhüttenstadt GmbH D-15888 Eisenhüttenstadt										Es wird bestätigt, dass die Lieferung den Anforderungen der Lieferbedingungen entspricht. / We hereby certify that the material described above complies with the terms of order contract. Diese Bescheinigung wurde rechnerisch erstellt und ist nach EN 10204, Abschnitt 5, ohne Handschrift gültig. / This certificate is drawn up by computer and acc. to EN 10204, part 5, valid without signature.	
										Qualitätsstelle Werksachverständiger Dipl.-Ing. L. Werk	

Anhang 9: Materialkennwerte aus dem Zugversuch



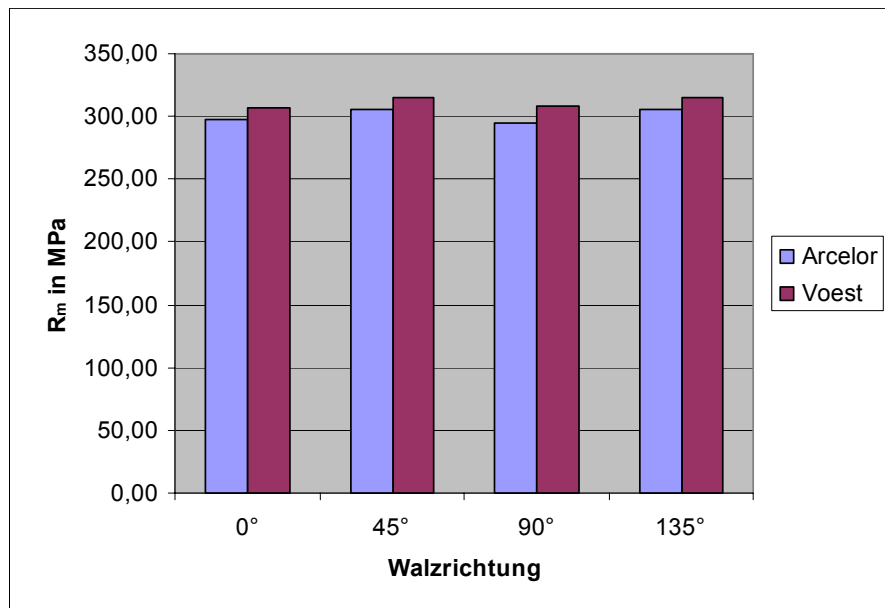
Arcelor				
E in GPa				
Probe	0°	45°	90°	135°
1	176,00	192,00	159,00	192,00
2	176,00	181,00	174,00	181,00
3	145,00	194,00	173,00	194,00
\bar{E}	165,67	189,00	168,67	189,00

Voest				
E in GPa				
Probe	0°	45°	90°	135°
1	176,00	195,00	175,00	195,00
2	191,00	213,00	156,00	213,00
3	166,00	187,00	137,00	187,00
\bar{E}	177,67	198,33	156,00	198,33



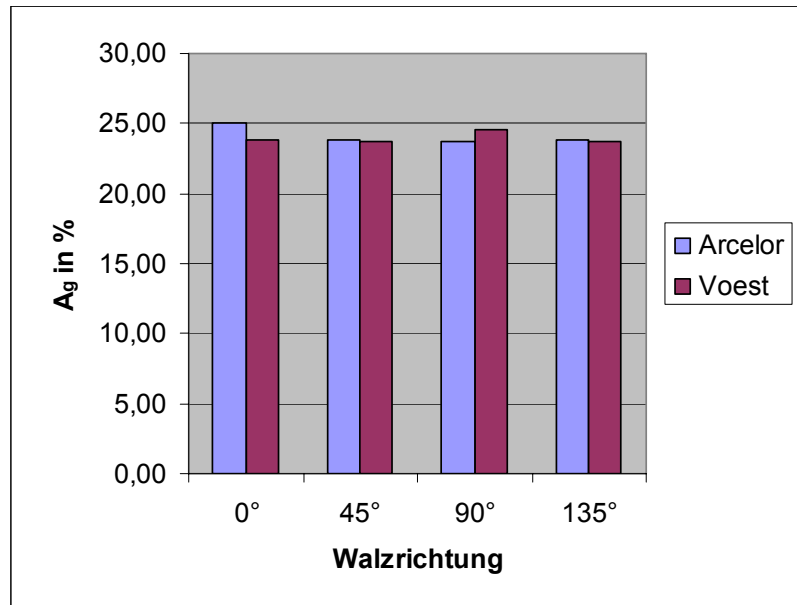
Arcelor				
R _m in MPa				
Probe	0°	45°	90°	135°
1	295,00	307,00	294,00	307,00
2	303,00	307,00	294,00	307,00
3	296,00	304,00	295,00	304,00
\bar{R}_m	298,00	306,00	294,33	306,00

Voest				
R _m in Mpa				
Probe	0°	45°	90°	135°
1	307,00	317,00	310,00	317,00
2	308,00	316,00	311,00	316,00
3	305,00	314,00	302,00	314,00
\bar{R}_m	306,67	315,67	307,67	315,67



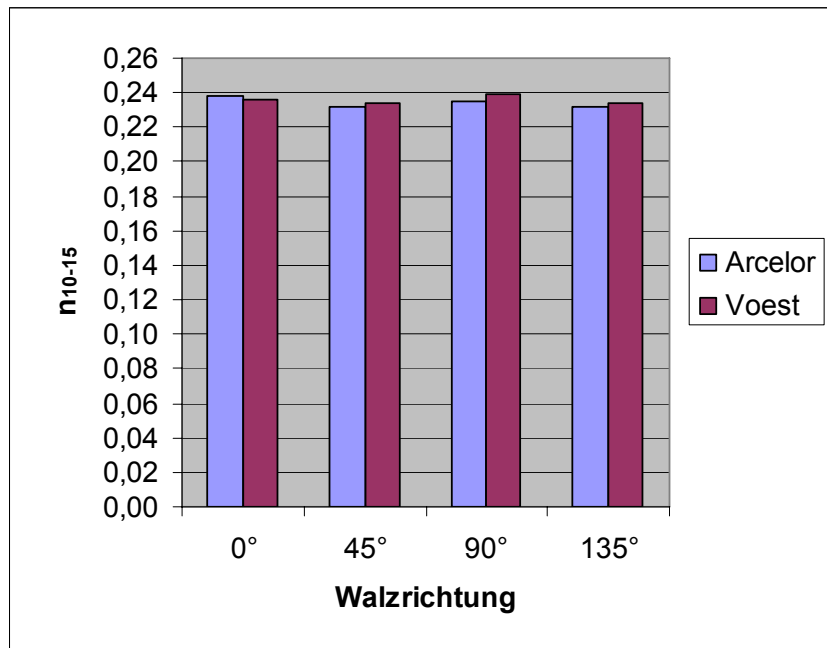
Arcelor				
A _g in %				
Probe	0°	45°	90°	135°
1	24,90	23,90	23,50	23,90
2	25,00	23,70	23,80	23,70
3	25,10	24,00	24,00	24,00
A _g	25,00	23,87	23,77	23,87

Voest				
A _g in %				
Probe	0°	45°	90°	135°
1	23,20	23,60	24,90	23,60
2	24,00	23,70	24,40	23,70
3	24,20	24,00	24,30	24,00
A _g	23,80	23,77	24,53	23,77



Arcelor				
A ₈₀ in %				
Probe	0°	45°	90°	135°
1	43,80	41,20	39,00	41,20
2	44,20	41,40	39,00	41,40
3	45,30	41,20	40,70	41,20
\bar{A}_{80}	44,43	41,27	39,57	41,27

Voest				
A ₈₀ in %				
Probe	0°	45°	90°	135°
1	41,30	42,80	41,40	42,80
2	41,20	42,30	42,50	42,30
3	40,70	41,10	41,50	41,10
\bar{A}_{80}	41,07	42,07	41,80	42,07



Arcelor					
n ₁₀₋₁₅					
Probe	0°	45°	90°	135°	n _m
1	0,24	0,23	0,24	0,23	0,23
2	0,24	0,23	0,24	0,23	0,23
3	0,24	0,23	0,24	0,23	0,23
Mittelwert	0,24	0,23	0,24	0,23	0,23

Voest					
n ₁₀₋₁₅					
Probe	0°	45°	90°	135°	n _m
1	0,24	0,23	0,24	0,23	0,24
2	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
3	0,24	0,23	0,24	0,23	0,23
Mittelwert	0,24	0,23	0,24	0,23	0,24