

**VDA**

Umfang und Qualität von CAD/CAM-Daten

**4955**

Diese Empfehlung dient der Festlegung von grundlegenden gemeinsamen Anforderungen an die Qualität, den Umfang und die Prüfung von CAD-Daten.

Sie ist das Projektergebnis der VDA-Arbeitsgruppe „Umfang und Qualität von CAD/CAM-Daten“ sowie der SASIG-Arbeitsgruppe „Product Data Quality“, welche die SASIG PDQ Guideline erarbeitet und veröffentlicht hat.

Diese VDA-Empfehlung ist die Ableitung (teilweise Übersetzung) der "SASIG Product Data Quality Guidelines for the Global Automotive Industry", Version 2 revision 1.

Die SASIG PDQ Guideline V2.1 wurde von der International Organization for Standardization (ISO), dem Technical Committee 184 / Subcommittee 4 "Industrial data", am 29.09.2005 mit dem Dokument N1998 als ISO Publicly Available Specification (PAS) veröffentlicht.

**Version 4.1 vom Dezember 2006**

ersetzt Version 4 vom November 2004

**Arbeitskreis "CAD/CAM"**

Herausgeber: Verband der Automobilindustrie  
Westendstraße 61  
Postfach 17 05 63  
60079 Frankfurt  
Telefon 069/97507-284  
Telefax 069/97507-300  
Internet: [www.vda.de](http://www.vda.de)

Copyright  
Nachdruck und jede sonstige Form  
der Vervielfältigung ist nur mit  
Angabe der Quelle gestattet.

**VDA**

Verband der  
Automobilindustrie

## **Haftungsausschluss**

Die VDA-Empfehlungen sind Empfehlungen, die jedermann frei zur Anwendung stehen. Wer sie anwendet, hat für die richtige Anwendung im konkreten Fall Sorge zu tragen.

Sie berücksichtigen den zum Zeitpunkt der jeweiligen Ausgabe herrschenden Stand der Technik. Durch das Anwenden der VDA-Empfehlungen entzieht sich niemand der Verantwortung für sein eigenes Handeln. Jeder handelt insoweit auf eigene Gefahr. Eine Haftung des VDA und derjenigen, die an den VDA-Empfehlungen beteiligt sind, ist ausgeschlossen.

Jeder wird gebeten, wenn er bei der Anwendung der VDA-Empfehlungen auf Unrichtigkeiten oder die Möglichkeit einer unrichtigen Auslegung stößt, dies dem VDA umgehend mitzuteilen, damit etwaige Mängel beseitigt werden können.

## Inhaltsverzeichnis

1	Allgemein.....	9
1.1	Vorwort.....	9
1.2	Ziele der Empfehlung .....	9
1.3	Änderungen gegenüber der Vorversion .....	10
1.4	Kompatibilität zu Vorversionen .....	10
1.5	Struktur der Empfehlung .....	10
1.6	Abkürzungen, Begriffe, Definitionen .....	10
1.7	Literaturverweise .....	10
2	Abschnitt II: PDQ- Kriterien .....	12
2.1	Kodierungssystem für PDQ- Kriterien .....	12
3	CAD- Daten.....	15
3.1	Beschreibung der geometrischen Qualitätskriterien.....	15
3.1.1	Kurven.....	19
3.1.1.1	Large segment Gap (G0 discontinuity): G-CU-LG [Lageunstetigkeit]	19
3.1.1.2	Non-tangent segments (G1 discontinuity): G-CU-NT [Tangentenunstetigkeit].....	20
3.1.1.3	Non-smooth segments (G2 discontinuity): G-CU-NS [Krümmungsunstetigkeit] .....	20
3.1.1.4	High-degree curve: G-CU-HD [hoher Polynomgrad der Kurve .....	21
3.1.1.5	Indistinct curve knots: G-CU-IK [zu kleine Knotenabstände].....	21
3.1.1.6	self- intersecting curve: G-CU-IS [Selbstdurchdringung einer Kurve].	22
3.1.1.7	Fragmented curve: G-CU-FG [hohe Segmentanzahl].....	22
3.1.1.8	Embedded curves: G-CU-EM [identische Kurven].....	23
3.1.1.9	Curve with a small radius of curvature: G-CU-CR [kleiner Krümmungsradius].....	23
3.1.1.10	Tiny curve or segment: G-CU-TI [Minikurve oder –Kurvensegment]..	24
3.1.1.11	Wavy planar curve: G-CU-WV [Welligkeit ebener Kurven].....	24
3.1.1.12	Inappropriate degree linear curve: G- CU- ID [zu hoher Polynomrad bei gerader Kurve] .....	25
3.1.2	Trägerfläche (Surface) .....	26
3.1.2.1	Large patch gap (G0 discontinuity): G-SU-LG [Lage- Unstetigkeit]...	26
3.1.2.2	Non-tangent patches (G1 discontinuity): G-SU-NT Tangenten- Unstetigkeit].....	27
3.1.2.3	Non-smooth patches (G2 discontinuity): G-SU-NS [Krümmungs- Unstetigkeit].....	27
3.1.2.4	Degenerate surface boundary: G-SU-DC [Degenerierte Randkurve]	28
3.1.2.5	Degenerate surface corner: G-SU-DP [degenerierte Trägerflächen- Ecke] .....	28
3.1.2.6	High- degree surface: G-SU-HD [Zu hoher Polynomgrad].....	29
3.1.2.7	Indistinct surface knots: G-SU-IK [geringe Knotenabstände] .....	29
3.1.2.8	Self- intersecting surface: G-SU-IS [Selbstdurchdringung] .....	30
3.1.2.9	Fragmented surface: G-SU-FG [hohe Patchanzahl] .....	30
3.1.2.10	Narrow surface or patch: G-SU-NA [schmale Fläche oder Segment]	31
3.1.2.11	Relatively narrow neighbouring patches: G-SU-RN [relativ schmales Nachbar-Segment].....	31
3.1.2.12	Tiny surface or patch: G-SU-TI [Mini-Trägerfläche oder Segment]....	32

3.1.2.13	Embedded surfaces: G-SU-EM [(teilweise) identische Surfaces].....	32
3.1.2.14	Surface with a small radius of curvature: G-SU-CR [kleiner Krümmungsradius].....	33
3.1.2.15	Unused patches: G-SU- UN [Unbelegte Patchreihen].....	33
3.1.2.16	Wavy surface: G-SU-WV [Welligkeit in der Fläche].....	34
3.1.2.17	Multi- face surface: G- SU- MU [mehr als eine Face pro Surface].....	34
3.1.2.18	Folded surface: G-SU-FO [Normalenumklappung].....	35
3.1.2.19	Inappropriate degree planar surface : G- SU- ID [zu hoher Polynomgrad bei ebener Fläche] .....	36
3.1.3	Berandungskurve (Edge).....	37
3.1.3.1	Analytical edge: G-ED-AN [Analytische Berandungskurve].....	37
3.1.3.2	Closed edge: G-ED-CL [geschlossene Berandungskurve].....	37
3.1.3.3	Inconsistent edge on curve: G-ED-IT [inkonsistente Orientierung von Edge und Kurve].....	38
3.1.3.4	Fragmented edge: G-ED-FG [(unangemessene) Segmentanzahl in einer Berandungskurve] .....	38
3.1.3.5	Tiny edge: G-ED-TI [Mini-Berandungskurve].....	39
3.1.4	Berandungskurvenzug (Edge loop) .....	40
3.1.4.1	Large edge gap (G0 discontinuity): G-LO-LG [Lageunstetigkeit].....	40
3.1.4.2	Inconsistent edge in loop: G- LO- IT [inkonsistente Orientierung im Berandungskurvenzug] .....	40
3.1.4.3	Self- intersecting loop: G-LO-IS [Selbstdurchdringung im Berandungskurvenzug] .....	41
3.1.4.4	Sharp edge angle: G-LO-SA [spitzer Winkel zwischen Berandungskurven] .....	41
3.1.5	Begrenzte Fläche (Bounded/ Trimmed Surface, Face) .....	42
3.1.5.1	Large edge face gap: G-FA-EG [großer Abstand von Berandungskurve und Trägerfläche] .....	43
3.1.5.2	Large vertex gap: G-FA-VG [großer Abstand von Eckpunkt und Berandungskurve oder Trägerfläche].....	43
3.1.5.3	Analytical Face: G-FA-AN [Analytische begrenzte Fläche].....	44
3.1.5.4	Closed face: G-FA-CL [geschlossene begrenzte Fläche].....	45
3.1.5.5	Inconsistent face on surface: G-FA-IT [Inkonsistente Normalenrichtung von Face und Surface] .....	45
3.1.5.6	Intersecting loops: G-FA-IS [Durchdringung oder Berührung von Berandungskurven] .....	46
3.1.5.7	Narrow face: G-FA-NA [schmale begrenzte Fläche] .....	46
3.1.5.8	Narrow region: G-FA-RN [schmaler Bereich in einer Face].....	47
3.1.5.9	Tiny face: G-FA-TI [Minimale begrenzte Fläche].....	47
3.1.5.10	Embedded faces: G-FA-EM [(teilweise) identische begrenzte Flächen] .....	47
3.1.6	Topologie (Shell) .....	48
3.1.6.1	Large face gap (G0 discontinuity): G-SH-LG [Lage-Unstetigkeit].....	48
3.1.6.2	Non-tangent faces (G <sub>1</sub> discontinuity): G-SH-NT [Tangenten-Unstetigkeit] .....	49
3.1.6.3	Non-smooth faces (G <sub>2</sub> discontinuity): G-SH-NS [Krümmungs-Unstetigkeit] .....	49
3.1.6.4	Free Edge: G-SH-FR [Freie Berandungskurve].....	50
3.1.6.5	Inconsistent face in shell: G-SH-IT [Inkonsistente Orientierung] .....	50
3.1.6.6	Self- intersecting shell: G-SH-IS [Selbstdurchdringung einer Topologie] .....	51

3.1.6.7	Over-used edge: G-SH-NM	[Über-belegte Berandungskurve]	51
3.1.6.8	Over-used vertex: G-SH-OU	[Über-belegter Eckpunkt]	52
3.1.6.9	Sharp face angle: G-SH-SA	[Messerkante]	52
3.1.7	Volumenkörper (Solid)		53
3.1.7.1	Intersecting shells: G-SO-IS	[Durchdringung von Topologien]	53
3.1.7.2	Multi-volume solid: G-SO-MU	[Solid mit verschiedenen Bereichen]	53
3.1.7.3	Embedded solids: G-SO-EM	[eingeschlossene Körper]	54
3.1.7.4	Tiny solid: G-SO-TI	[Mini-Solid]	54
3.1.7.5	Solid void: G-SO-VO	[unerwünschter Hohlraum]	54
3.2	Beschreibung der nicht - geometrischen Qualitätskriterien		55
3.2.1	CAD- Modell		55
3.2.1.1	Non-standard CAD version : O-CM-CV	[Nicht standardmäßige CAD-Version]	55
3.2.1.2	Wrong CAD startup environment : O-CM-SE	[Falsche CAD-Umgebung beim Start]	55
3.2.1.3	Non standard accuracy parameter: O-CM-AP	[Nicht standardmäßiger Genauigkeitsparameter]	56
3.2.1.4	Hybrid model: O-CM-HY	[Hybrides Modell]	56
3.2.1.5	Multi-solid model: O-CM-MU	[Modell mit mehreren Solids]	56
3.2.1.6	Special character used in CAD model name: O-CM-SC	[Sonderzeichen im Namen des CAD-Modells]	57
3.2.1.7	Non-standard item name : O-CM-IN	[Nicht standardmäßiger Objektname]	57
3.2.1.8	Non-standard physical file name : O-CM-PN	[Nicht standardmäßiger physischer Filename]	57
3.2.1.9	Too large physical file size: O-CM-FS	[Zu großes physisches File]	58
3.2.1.10	Non-standard item property: O-CM-IP	[Eigenschaften des Modells nicht gemäß Standard]	58
3.2.1.11	Item data consistency incorrect: O-CM-IC	[Fehlerhafte Datenkonsistenz eines Modells]	58
3.2.1.12	Non-standard reference set: O-CM-RS	[Nicht standardmäßige Referenzsets]	59
3.2.1.13	Encapsulated entities used: O-CM-EE	[Verwendung von geschachtelten Elementen]	59
3.2.1.14	Unused encapsulated entities present : O-CM-UP	[Existenz von nicht verwendeten geschachtelten Elementen]	59
3.2.1.15	Identical encapsulated entity: O-CM-IE	[Identische geschachtelte Elemente]	59
3.2.1.16	Empty encapsulated entities present: O-CM-EP	[Existenz von leeren geschachtelten Elementen]	60
3.2.1.17	External item reference : O-CM-EI	[Referenz auf externes Element]	60
3.2.1.18	Inconsistent item reference : O-CM-IR	[Inkonsistente Referenz]	60
3.2.1.19	Non-standard simplified part : O-CM-SP	[Vereinfachtes Modell nicht gemäß Standard]	61
3.2.1.20	Element outside bounding box : O-CM-OB	[Element außerhalb des umhüllenden Quaders]	61
3.2.2	Gruppe / Layer		61
3.2.2.1	Group used: O-GL-GU	[Verwendung von Gruppen]	61
3.2.2.2	Number of groups exceeded: O-GL-IG	[Anzahl der Gruppen überschritten]	61

3.2.2.3	The same element registered with more than one group: O-GL-IG [Dasselbe Element kommt in mehr als einer Gruppe vor] .....	62
3.2.2.4	Non-standard grouping of elements : O-GL-IE [Elementgruppierung nicht gemäß Standard] .....	62
3.2.2.5	Non-standard group name : O-GL-GN [Nicht standardmäßiger Gruppenname] .....	62
3.2.2.6	Layer used: O-GL-LY [Verwendung von Layern].....	63
3.2.2.7	Number of layers exceeded : O-GL-NL [Layeranzahl zu groß].....	63
3.2.2.8	Wrong layer distribution of instances : O-GL-WL [Falsche Layerbelegung bei Wiederholteilen] .....	63
3.2.2.9	Non-standard layer usage : O-GL-LU [Nicht standardmäßige Layerbelegung] .....	63
3.2.2.10	Non-standard layer name : O-GL-LN [Layername nicht gemäß Standard] .....	64
3.2.2.11	Layer group used : O-GL-GL [Verwendung von Layergruppen] .....	64
3.2.2.12	Empty layer group : O-GL-EL [Leere Layergruppe].....	64
3.2.2.13	Non-standard layer group : O-GL-LA [Layergruppe nicht gemäß Standard] .....	65
3.2.3	Koordinatensysteme.....	65
3.2.3.1	Local co-ordinate system used : O-CS-LS [Lokales Koordinatensystem verwendet] .....	65
3.2.3.2	Non-reference co-ordinate system active: O-CS-NR [Aktives Koordinatensystem ist nicht das Referenzsystem].....	65
3.2.3.3	Non-standard co-ordinate system orientation : O-CS-NO [Koordinatensystem- Orientierung nicht gemäß Standard].....	66
3.2.3.4	Non-standard co-ordinate system name : O-CS-CN [Name des Koordinatensystems nicht gemäß Standard].....	66
3.2.3.5	Non-standard unit : O-CS-SU [Maßeinheit nicht gemäß Standard] .	66
3.2.3.6	Non- standard scale : O-CS-SS [Maßstab nicht gemäß Standard] .	66
3.2.3.7	Transformation stored : O-CS-TS [Transformation im Modell gespeichert].....	67
3.2.4	Zusammenbau.....	67
3.2.4.1	Assembly relationship used : O-AR-AR [Verwendung von Zusammenbauten] .....	67
3.2.4.2	Undefined assembly constrains : O-AR-UC [Undefinierte Einschränkungen im Zusammenbau].....	67
3.2.5	Solid .....	68
3.2.5.1	History not used : O-SO-HN [Entstehungsgeschichte nicht verwendet].....	68
3.2.5.2	History not updated : O- SO-HU [Entstehungsgeschichte nicht aktualisiert] .....	68
3.2.5.3	Missing solid construction history : O-SO-MH [Fehlende Konstruktionshistorie des Solids] .....	68
3.2.5.4	Unused solid construction history : O-SO-UH [ keine Verwendung der Solid- Entstehungsgeschichte] .....	69
3.2.6	Formfeatures .....	69
3.2.6.1	Unresolved feature used : O-FE-UF [Nicht aufgelöste Referenz auf Formfeatures].....	69
3.2.6.2	Inactive feature used: O-FE-IF [Verwendung eines nicht aktiven Formfeatures].....	69
3.2.7	Elemente .....	70

3.2.7.1	Non-standard element name : O-EL-EN	[Nicht standardmäßiger Elementname]	70
3.2.7.2	Unused element present : O-EL-UE	[Nicht verwendetes Element vorhanden]	70
3.2.7.3	Prohibited element used : O-EL-PE	[Verbotenes Element verwendet]	70
3.2.7.4	User- defined element used : O-EL-UD	[Verwendung von benutzerdefinierten Elementen]	71
3.2.8	Darstellung		71
3.2.8.1	Non-standard colour settings : O-PR-CO	[Nicht standardmäßige Farbeinstellungen]	71
3.2.8.2	Non-standard element colour : O-PR-EC	[Nicht standardmäßige Elementfarbe]	71
3.2.8.3	Non- standard point marker symbol : O-PR-PT	[Nicht standardmäßiges Symbol zur Punktmarkierung]	71
3.2.8.4	Non-standard line type : O-PR-LT	[Nicht standardmäßiger Linientyp]	72
3.2.8.5	Non-standard line width : O-PR-LW	[Nicht standardmäßige Strichbreite]	72
3.2.8.6	Non-standard element visibility :O-PR-VE	[Nicht standardmäßige Sichtbarkeit der Elemente]	72
3.2.8.7	Non-standard display mode : O-PR-DM	[Nicht standardmäßiger Darstellungsmodus]	72
3.2.8.8	Element identifier display : O-PR-ED	[Anzeige des Elementnamens]	73
3.2.8.9	Screen refit not performed : O-PR-SR	[Anpassung an Bildschirmgröße nicht durchgeführt]	73
3.2.9	Skizze		73
3.2.9.1	Wrong degree of detail in a sketch: O-SK-WD	[Falscher Detaillierungsgrad in einer Skizze]	73
3.2.9.2	Not fully constrained sketch: O-SK-NC	[Skizze ist nicht vollständig eingeschränkt]	74
3.3	Beschreibung der Qualitätskriterien für Zeichnungsdaten		75
3.3.1	Tiny elements : D-GE-TI	[sehr kleine Elemente]	75
3.3.2	Embedded elements : D-GE-EM	[doppelte / nahezu doppelte Elemente]	75
3.3.3	ISO conformable texts : D-OR-SC	[Texte nicht konform zur ISO]	76
3.3.4	CAD source notice: D-OR-SN	[Angabe des CAD- Quellensystems]	76
3.3.5	References on external databases and libraries: D-OR-ER	[Verweise auf externe Datenbanken und Bibliotheken]	76
3.3.6	External 2D drawing present : D-OR-XD	[Externe 2D-Zeichnung vorhanden]	77
3.3.7	2D/3D linkage not present : D-OR-DL	[2D/3D-Verknüpfung nicht vorhanden]	77
3.3.8	2D drawing not updated: D-OR-DU	[2D-Zeichnung ist nicht aktualisiert]	77
3.3.9	Number of drawing sheets exceeded: D-OR-ND	[Anzahl der Zeichnungsblätter überschritten]	78
3.3.10	Missing plot frame points: D-OR-PF	[Fehlende Zeichnungsrahmenpunkte]	78
3.3.11	Unlimited size of view frames: D-OR-VF	[Unbeschränkte Größe von Ansichtsrahmen]	78
3.3.12	Empty drawing view: D-OR-EV	[leere Zeichnungsansicht]	78

3.3.13	Non-standard view name : D-OR-VN [Ansichtsname nicht gemäß Standard] .....	79
3.3.14	More than one 2D co-ordinate system present: D-OR-CS [mehr als ein 2D-Koordinatensystem vorhanden].....	79
3.3.15	Fake dimensions: D-OR-FD [Überschriebene Maße] .....	79
3.3.16	Non-standard display accuracy of dimensions: D-OR-DI [Darstellungsgenauigkeit der Maße nicht gemäß Standard] .....	80
3.3.17	Associative dimension not present: D-OR-AD [Assoziative Bemaßung nicht vorhanden] .....	80
3.3.18	Non-standard view dependent object: D-OR-VD [Nicht standardmäßiges ansichtsabhängiges Objekt].....	80
3.3.19	Wrong view projection method: D-OR-VP [Falsche Projektionsmethode für die Ansichten].....	80
4	CAE Daten.....	81
4.1	Tiny finite element: [kleines Element] A-TR-TI A-QU-TI A-TE-TI A-PE-TI A-PY-TI A-HE-TI .....	88
4.2	Minimum angle of triangular element: [kleiner Winkel] A-TR-MA A-TE-MA A-PE-MA A-PY-MA .....	88
4.3	Warpness: [Verformung] A-QU-WA A-PE-WA A-PY-WA A-HE-WA.....	89
4.4	Skew angle: [schiefer Winkel] A-QU-SK A-PE-SK A-PY-SK A-HE-SK.....	89
4.5	Taper: [konisches Viereck] A-QU-TA A-PE-TA A-PY-TA A-HE-TA .....	90
4.6	Aspect Ratio: [Längenverhältnis der Edges] A-TR-AS A-QU-AS A-TE-AS A-PE-AS A-PY-AS A-HE-AS.....	90
4.7	Free faces: [freie Flächen] A-TE-FR A-PE-FR A-PY-FR A-HE-FR .....	91
4.8	Continuity: [Kontinuität] A-TR-CO A-QU-CO .....	91
4.9	Stretch: [Dehnung] A-TE-ST.....	91
4.10	Size of the model: [Bauteilgröße] A-TR-SM A-QU-SM A-TE-SM A-PE-SM A-PY-SM A-HE-SM .....	92
4.11	Jacobian: [Jacobi-Elemente] A-TE-JA A-PE-JA A-PY-JA A-HE-JA.....	92
4.12	Middle point deviation: [Abweichung vom Mittelpunkt] A-TR-PD A-QU-PD A-TE-PD A-PE-PD A-PY-PD A-HE-PD.....	92
4.13	Middle point alignment: [Ausrichtung des Mittelpunktes] A-TR-PA A-QU-PA A-TE-PA A-PE-PA A-PY-PA A-HE-PA.....	92

# 1 Allgemein

## 1.1 Vorwort

Die Strategic Automotive product data Standards Industry Group (SASIG) umfasst Organisationen der Automobilindustrie aus aller Welt. Sie wurde ursprünglich 1994 zur Förderung der Entwicklung und Umsetzung des internationalen Produktdatenaustausch-Standards STEP (ISO 10303) in der Automobilindustrie gegründet. Unabhängig voneinander haben die SASIG Mitgliedsorganisationen festgestellt, dass auch der beste Austauschprozess nur unzureichende Ergebnisse bringt, wenn die Qualität der ausgetauschten Produktdaten schlecht ist. Sie stellten ebenso fest, dass Probleme mit der Produktdaten-Qualität weit verbreitet sind und Kosten verursachen. Jede einzelne Organisation entwickelte deshalb eigene Richtlinien und Empfehlungen zur Verbesserung der Produktdaten-Qualität.

1999 stellten die SASIG Mitgliedsorganisationen ihr gemeinsames Interesse an der Produktdaten-Qualität fest. Der Verband der Automobilindustrie (VDA) initiierte einen Sondierworkshop ob und wie SASIG eine Arbeitsbasis für dieses gemeinsame Thema bilden könnte. Im Rahmen dieses Workshops haben die Organisationen beschlossen ein gemeinsames Richtlinienpaket zu erarbeiten, welches auf der existierenden VDA Empfehlung zu CAD Daten (VDA 4955) und Dokumenten der anderen Organisationen basieren sollte. Das erwartete Ergebnis sollte die effektivste und flächendeckend nutzbare Produktdaten-Qualität für die globale Automobilindustrie ermöglichen. Diese Vereinbarung führte zu einer Reihe von Arbeitstreffen, welche das vorliegende Empfehlungspaket hervorbrachten.

Auch diese Version bietet noch nicht Empfehlungen für alle identifizierten Bereiche der Produktdaten-Qualität an. Im Interesse der Anwender haben die beteiligten Organisation aber entschieden, die bisher vorliegenden Ergebnisse zu veröffentlichen. Die erwarteten zusätzlichen Themen für zukünftige Versionen wurden deshalb als Kapitel mit lediglich einer kurzen Beschreibung eingefügt.

Neue Versionen des Empfehlungspaketes werden in dem Falle veröffentlicht, dass Korrekturen oder Erweiterungen die Qualität des Dokumentes selbst erhöhen. SASIG und seine Arbeitsgruppe Product Data Quality bittet um Beiträge zur Verbesserung dieses Empfehlungspaketes. Bitte benutzen Sie dazu das Formblatt im Anhang G.

SASIG lädt die nationalen Automobilorganisationen aller Länder zur Mitarbeit in dieser sowie seinen anderen Aktivitäten ein.

## 1.2 Ziele der Empfehlung

Ziel dieses Dokuments ist es, eine Vereinbarung hinsichtlich der Qualitätsanforderungen an ein CAD-Modell zu ermöglichen und die Prüfung von deren Einhaltung zu erleichtern. Die Verbesserung der Datenqualität soll die Nutzbarkeit von CAD-Daten über alle Entwicklungs- und Fertigungsstufen sicherstellen und Aufwände zur Korrektur oder Neuerzeugung von CAD-Daten vermeiden.

Sie ist an Anwender von CAD-Systemen sowie Entwickler von Prüfprogrammen sowohl als auch Entwickler von CAD-Systemen selbst gerichtet.

### 1.3 Änderungen gegenüber der Vorversion

Version	Datum	Änderung	Kapitel	Seite
1	Okt. 1993	keine, Erstausgabe		
2	Sept. 1999	Geltungsbereich erweitert (VDMA, ODETTE), Flächenkriterien überarbeitet und neue hinzugefügt, Solidkriterien hinzugefügt, Allgemeine, System- und Anwendungsspezifische Toleranzinformationen hinzugefügt, Systemneutrales Pflichtenheft für Prüfprogramme integriert (Kap.3), Formblätter überarbeitet, Anwendungsbeispiele für Formblätter entfernt.		
3	Dez. 2002	Inhalte der SASIG-PDQ-Guideline Version 1 übersetzt und übernommen (inkl. Qualitätskriterien), Dokument umgebaut zum „Dokumentpaket“ bestehend aus: SASIG-PDQ-Guideline Version 1 (Originaldokument in englischer Sprache) VDA-Empfehlung 4955 Version 3 (teilweise Übersetzung des SASIG Originaldokuments) VDA-Empfehlung 4955 Version 3 Anhänge (Ergänzungen/Korrekturen für den Geltungsbereich VDA)		
4	Nov. 2004	Inhalte der SASIG-PDQ-Guideline Version 2 übersetzt und übernommen, Paketstruktur beibehalten		
4.1	Dez. 2006	Inhalte der SASIG-PDQ-Guideline Version 2.1 übersetzt und übernommen, Kapitel 4 CAE-Daten aufgenommen.		

### 1.4 Kompatibilität zu Vorversionen

Die Version 4.1 stellt eine Ergänzung der Vorversion dar.

### 1.5 Struktur der Empfehlung

Diese Empfehlung ist eine (teilweise) Übersetzung der SASIG PDQ Guideline V2.1. Sie soll die Umsetzung dieser globalen Empfehlung im deutschsprachigen Raum unterstützen und im Paket mit dem englischen Originaldokument verteilt und genutzt werden.

### 1.6 Abkürzungen, Begriffe, Definitionen

Begriffe etc. werden im Anhang A "Glossary" des SASIG Originaldokumentes erläutert.

### 1.7 Literaturverweise

SASIG PDQ Guideline V2.1, erhältlich unter <http://www.sasig-pdq.com>

## Überblick über das Originaldokument SASIG PDQ V2.1

*Executive Summary*

**Foreword**

*Acknowledgements*

*Section I: Introduction and Background*

*1 Introduction*

*2 Data Applicability*

**Section II: PDQ Criteria**

**3 CAD Data**

**3.1 Geometric Quality Criteria descriptions**

**3.2 Non-Geometric Quality Criteria descriptions**

**3.3 Drawing Quality Criteria descriptions**

**4 CAE Data**

*5 PDM Data*

*6 Inspection Data*

*7 Prototyping Data*

*8 Manufacturing Data*

*9 Quality Stamp*

*10 Other Data*

*Section III: Improving PDQ*

*11 Improving Product Data Quality*

Attachments

Attachment A – Glossary

Attachment B – Mapping Between Element Types

Attachment C – Recommended Values

Attachment D – Formsheets

Attachment E – SASIG-Odette Cross-Reference

Attachment F – Business Case

Attachment G – Revision Request

Die in dieser Übersicht **fett** gedruckten Kapitel wurden in die VDA 4955 V4.1 übersetzt, auf die Übersetzung der *kursiv* gedruckten Kapitel wurde verzichtet.

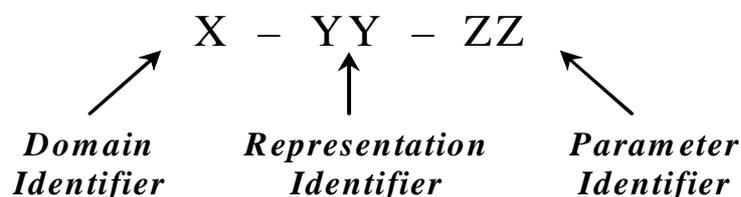
## 2 Abschnitt II: PDQ- Kriterien

In diesem Kapitel werden die spezifischen Qualitätskriterien beschrieben, die auf die verschiedenen Arten von Produktdaten anzuwenden sind. Diese Version der Richtlinie ist inhaltlich insbesondere für CAD-Daten gedacht. Zukünftige Versionen werden daneben auch noch Kriterien für andere Arten von Produktdaten enthalten, wie bereits jetzt aus den Überschriften der einzelnen Kapitel ersichtlich ist.

### 2.1 Kodierungssystem für PDQ- Kriterien

Diese Gruppe von Richtlinien bezieht sich auf viele verschiedene Typen von produktdefinierenden Daten. Zur besseren Übersicht und um den möglichen Gebrauch des Inhalts in anderen Formaten als einem gedruckten Dokument zu unterstützen, ist ein Kodierungssystem eingerichtet worden, das jedes einzelne Prüfkriterium explizit identifiziert. Dieses System wird durchgängig im ganzen Dokument verwendet.

Das Kodierungssystem verwendet die im folgenden erläuterte Struktur:



Struktur der Kriterien- Kodierung

Zulässige Werte für den Bereichskürzel (Domain Identifier):

<b>A</b>	Analysis	<b>M</b>	Manufacturing
<b>D</b>	Drawing	<b>N</b>	Numerical control
<b>G</b>	Geometry - CAD data	<b>O</b>	NO n-geometric
<b>I</b>	Inspection	<b>P</b>	Product data management

Zulässige Werte für den Kürzel der Darstellung (Representation Identifier):

<b>AR</b>	Assembly Representation	<b>OR</b>	OtheR
<b>CM</b>	CAD Model	<b>PE</b>	PEntahedron
<b>CS</b>	Co-ordinate System	<b>PR</b>	PResentation
<b>CU</b>	CURve	<b>PY</b>	PYramid
<b>ED</b>	EDge	<b>QU</b>	QUadrilateral
<b>EL</b>	ELements	<b>SH</b>	SHell
<b>FA</b>	Face	<b>SK</b>	SKetch
<b>FE</b>	Features	<b>SO</b>	SOLid representation
<b>GE</b>	Geometry	<b>SU</b>	SURface representation
<b>GL</b>	Group / Layer	<b>TE</b>	TEtrahedron
<b>HE</b>	HExahedron	<b>TR</b>	TRiangle
<b>LO</b>	Edge Loop		

## Zulässige Werte für den Parameter – Kürzel (Parameter Identifier):

<b>AD</b>	<b>A</b> ssociative <b>D</b> imension	<b>LU</b>	<b>L</b> ayer <b>U</b> usage
<b>AN</b>	<b>A</b> Nalytical (previously non-nurbs)	<b>LW</b>	<b>L</b> ine <b>W</b> idth
<b>AP</b>	<b>A</b> ccuracy <b>P</b> arameter	<b>LY</b>	<b>L</b> ayer <b>U</b> sed
<b>AR</b>	<b>A</b> ssembly <b>R</b> elationship	<b>MA</b>	<b>M</b> inimum <b>A</b> ngle
<b>AS</b>	<b>A</b> spect ratio	<b>MH</b>	<b>M</b> issing <b>H</b> istory
<b>CL</b>	<b>C</b> losed element	<b>MU</b>	<b>M</b> ultiple elements
<b>CN</b>	<b>C</b> o-ordinate system <b>N</b> ame	<b>NA</b>	<b>N</b> arrow element
<b>CO</b>	<b>C</b> olour settings	<b>NC</b>	<b>N</b> ot fully <b>C</b> onstrained sketch
	<b>C</b> ontinuity	<b>ND</b>	<b>N</b> umber of <b>D</b> rawing sheets
<b>CR</b>	<b>C</b> urvature <b>R</b> adius	<b>NG</b>	<b>N</b> umber of <b>G</b> roups
<b>CS</b>	More than one <b>C</b> o-ordinate <b>S</b> ystem	<b>NL</b>	<b>N</b> umber of <b>L</b> ayers
<b>CV</b>	<b>C</b> AD <b>V</b> ersion	<b>NM</b>	<b>N</b> on- <b>M</b> anifold
<b>DC</b>	<b>D</b> egenerate <b>C</b> urve	<b>NO</b>	co-ordinate system orientation
<b>DI</b>	<b>D</b> imensions	<b>NR</b>	<b>N</b> on- <b>R</b> eference co-ordinate system active
<b>DL</b>	<b>2D/3D</b> Linkage	<b>NS</b>	<b>N</b> on- <b>S</b> mooth curvature between elements - ( $G_2$ discontinuity)
<b>DM</b>	<b>D</b> isplay <b>M</b> ode	<b>NT</b>	<b>N</b> on- <b>T</b> angent angle between elements - ( $G_1$ discontinuity)
<b>DP</b>	<b>D</b> egenerate at <b>P</b> oint	<b>OB</b>	<b>O</b> utside bounding <b>B</b> ox
<b>DR</b>	<b>N</b> umber of <b>D</b> rawing sheets	<b>OU</b>	<b>O</b> ver- <b>U</b> sed element
<b>DU</b>	<b>2D</b> <b>D</b> rawing not <b>U</b> psided	<b>PA</b>	<b>M</b> iddle <b>P</b> oint <b>A</b> lignment
<b>EC</b>	<b>E</b> lement <b>C</b> olour	<b>PD</b>	<b>M</b> iddle <b>P</b> oint <b>D</b> eviation
<b>ED</b>	<b>E</b> lement identifier <b>D</b> isplay	<b>PE</b>	<b>P</b> rohibited <b>E</b> lement
<b>EE</b>	<b>E</b> ncapsulated <b>E</b> ntities	<b>PF</b>	<b>P</b> lot <b>F</b> rame points
<b>EG</b>	<b>E</b> dge <b>G</b> ap	<b>PN</b>	<b>P</b> hysical file <b>N</b> ame
<b>EI</b>	<b>E</b> xternal <b>I</b> tem reference	<b>PT</b>	<b>P</b> oint marker <b>S</b> ymbol
<b>EL</b>	<b>E</b> mpy <b>L</b> ayer group	<b>RN</b>	<b>R</b> elatively <b>N</b> arrow
<b>EM</b>	<b>E</b> mbedded elements	<b>RS</b>	<b>R</b> eference <b>S</b> et
<b>EN</b>	<b>E</b> lement <b>N</b> ame	<b>SA</b>	<b>S</b> harp <b>A</b> ngle
<b>EP</b>	<b>E</b> mpy encapsulated entities <b>P</b> resent	<b>SC</b>	<b>S</b> pecial <b>C</b> haracter
<b>ER</b>	<b>E</b> xplicit <b>R</b> eference		<b>I</b> SO <b>C</b> onformable text
	<b>E</b> xternal database <b>R</b> eference	<b>SE</b>	cad <b>S</b> tartup <b>E</b> nvironment
<b>EV</b>	<b>E</b> mpy drawing <b>V</b> iew	<b>SK</b>	<b>S</b> kew angle
<b>FD</b>	<b>F</b> ake <b>D</b> imensions	<b>SM</b>	<b>S</b> ize of <b>M</b> odel
<b>FG</b>	<b>F</b> ra <b>G</b> mented	<b>SN</b>	cad <b>S</b> ource <b>N</b> otice
<b>FO</b>	<b>F</b> olded element	<b>SP</b>	<b>S</b> implified <b>P</b> art
<b>FR</b>	<b>F</b> ree element	<b>SR</b>	<b>S</b> creen <b>R</b> efit
	<b>F</b> ree faces	<b>SS</b>	<b>S</b> cale
<b>FS</b>	<b>F</b> ile <b>S</b> ize	<b>ST</b>	<b>S</b> tretch
<b>GL</b>	<b>L</b> ayer <b>G</b> roup	<b>su</b>	<b>U</b> nit
<b>GN</b>	<b>G</b> roup <b>N</b> ame	<b>TA</b>	<b>T</b> aper

<b>GU</b>	<b>Group Used</b>	<b>TI</b>	<b>Tiny elements</b>
<b>HD</b>	<b>High degree</b>	<b>ts</b>	<b>Transformation Stored</b>
<b>HN</b>	<b>History not Used</b>	<b>uc</b>	<b>Undefined assembly Constraints</b>
<b>HU</b>	<b>History not Updated</b>	<b>ud</b>	<b>User-Defined element</b>
<b>HY</b>	<b>Hybrid</b>	<b>ue</b>	<b>Unused Element</b>
<b>IC</b>	<b>Item data Consistency</b>	<b>uf</b>	<b>Unresolved Feature</b>
<b>ID</b>	<b>Inappropriate Degree</b>	<b>UH</b>	<b>Unused history</b>
<b>IE</b>	<b>Identical encapsulated Entity</b>	<b>UN</b>	<b>Unused elements</b>
<b>if</b>	<b>Inactive Feature</b>	<b>uP</b>	<b>Unused encapsulated entities</b>
<b>IG</b>	<b>Identical element within many groups</b>	<b>vD</b>	<b>View Dependent object</b>
<b>IK</b>	<b>Indistinct knots</b>	<b>ve</b>	<b>Element Visibility</b>
<b>IN</b>	<b>Item Name</b>	<b>vf</b>	<b>View Frames</b>
<b>IP</b>	<b>Item Property</b>	<b>VG</b>	<b>Vertex Gap</b>
<b>ir</b>	<b>Item Reference</b>	<b>vn</b>	<b>View Name</b>
<b>IS</b>	<b>InterSection</b>	<b>VO</b>	<b>Void</b>
<b>IT</b>	<b>Inconsistent Topology</b>	<b>VP</b>	<b>View Projection</b>
<b>JA</b>	<b>JAcobian</b>	<b>WA</b>	<b>WArpness</b>
<b>LA</b>	<b>LAYer group</b>	<b>WD</b>	<b>Wrong Degree</b>
<b>LG</b>	<b>Large gap between elements - (G0 discontinuity)</b>	<b>WL</b>	<b>Wrong Layer distribution of instances</b>
<b>ln</b>	<b>Layer Name</b>	<b>WV</b>	<b>Wavy element</b>
<b>ls</b>	<b>Local co-ordinate System</b>	<b>Xd</b>	<b>EXternal 2D Drawing</b>
<b>LT</b>	<b>Line Type</b>		

## 3 CAD- Daten

In diesem Kapitel werden die Kriterien für die Qualität von Produktdaten bezogen auf CAD-Daten beschrieben. Es gliedert sich in drei Abschnitte:

- 3.1 Beschreibung der geometrischen Qualitätskriterien
- 3.2 Beschreibung der nicht-geometrischen Qualitätskriterien
- 3.3 Beschreibung der Qualitätskriterien für Zeichnungsdaten

**Hinweis:** Alle Angaben zu Abständen in den Kriterien für CAD-Daten in diesem Kapitel beziehen sich auf geometrische Abstände (und nicht Parameterabstände), sofern nicht ausdrücklich etwas anderes spezifiziert ist.

### 3.1 Beschreibung der geometrischen Qualitätskriterien

Die geometrische Datenqualität gibt Informationen darüber, wie und mit welcher Genauigkeit geometrische Elemente generiert werden sollen, so dass diese Elemente anschließend in der Prozesskette genutzt werden können. Dieses Kapitel richtet sich nach der natürlichen Datenhierarchie, beginnend mit Kurven über die Flächen zu den Solids. In allen Fällen wird beim Umgang mit komplexeren Geometrien vorausgesetzt, dass die zu Grunde liegende Geometrie ebenfalls die entsprechenden Kriterien erfüllt. So wird beispielsweise bei der Anwendung der Kriterien für Solidmodelle vorausgesetzt, dass das Modell ebenfalls die Kriterien für Kurven, Trägerflächen, Berandungskurven, begrenzten Flächen und Flächenverbänden erfüllt.

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der Kriterien, die in diesem Kapitel beschrieben sind. Jede Zeile der Matrix beschreibt eine Problemkategorie. Die Spalten der Matrix repräsentieren die verschiedenen Kategorien von geometrischen Elementen. Jede Zelle der Matrix enthält den Titel für ein Qualitätskriterium (sofern vorhanden), das sich mit der Problemkategorie dieser Zeile im Zusammenhang mit dem geometrischen Element dieser Spalte befasst. Durch die Kombination der Codes aus Spaltenüberschrift und Zeilenüberschrift ergibt sich die Kodierung für das spezifische Kriterium. So ist z.B. das geometrische Kriterium "Entgegengesetzt gerichtete Normalen von Face und Surface" das mit dem dazu gehörigen Code „G-FA-IT“<sup>1</sup>. Die folgenden Kapitel beziehen sich jeweils auf eine Spalte der Matrix.

---

<sup>1</sup> Anmerkung VDA: In dieser Übersetzung der SASIG PDQ Guideline werden ausschließlich die Original-SASIG-Kodierungen und keine Übersetzungen benutzt. Für die „Langform“ der Kriterienbeschreibung werden ebenso bevorzugt die Originalversionen genutzt, es wird aber im jeweiligen Kapitel eine deutsche Übersetzung angeboten. Die Nutzung der Original-Kodierung und -Beschreibung soll die Verwendung einer einheitlichen „Sprache“ fördern.

Tabelle 5 Geometrische Kriterien (Nummer und Kodierung, in Reihen und Spalten) Seite 1 von 3

		ENTITY CATEGORY and CRITERIA NUMBER						
CATEGORY	Quality	Curve	Surface	Edge	Edge Loop	Face	Shell	Solid
NAME	CODE	G-CU	G-SU	G-ED	G-LO	G-FA	G-SH	G-SO
G0 Discontinuity	LG	Large segment gap 3.1.1.1	Large patch gap 3.1.2.1		Large edge gap 3.1.4.1		Large face gap 3.1.6.1	
G1 Discontinuity	NT	Non-tangent segments 3.1.1.2	Non-tangent patches 3.1.2.2				Non-tangent faces 3.1.6.2	
G2 Discontinuity	NS	Non-smooth segments 3.1.1.3	Non-smooth patches 3.1.2.3				Non-smooth faces 3.1.6.3	
Edge Gap	EG					Large edge face gap 3.1.5.1		
Vertex Gap	VG					Large vertex gap 3.1.5.2		
Small Curvature Radius	CR	Curve with a small radius of curvature 3.1.1.9	Surface with a small radius of curvature 3.1.2.14					
Wavy	WV	Wavy planar curve 3.1.1.11	Wavy surface 3.1.2.16					
Folded	FO		Folded surface 3.1.2.18					
Degenerate Curve	DC		Degenerate surface boundary 3.1.2.4					
Degenerate at Point	DP		Degenerate surface corner 3.1.2.5					
Sharp Angle	SA				Sharp edge angle 3.1.4.4		Sharp face angle 3.1.6.9	

Tabelle 5 Geometrische Kriterien (Nummer und Kodierung, in Reihen und Spalten) Seite 2 von 3

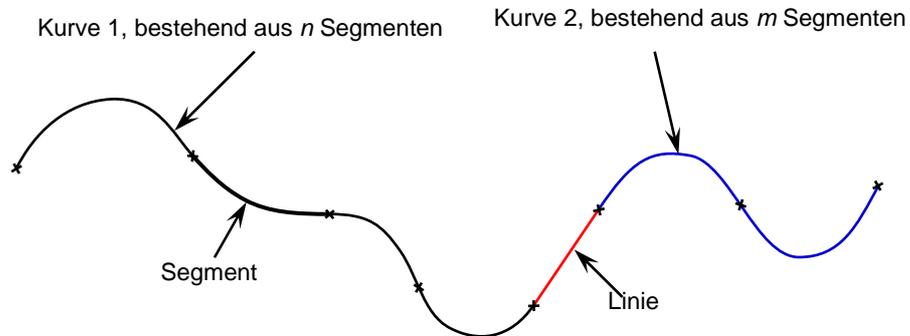
CATEGORY NAME	Quality CODE	Curve	Surface	Edge	Edge Loop	Face	Shell	Solid
		G-CU	G-SU	G-ED	G-LO	G-FA	G-SH	G-SO
Tiny	TI	Tiny curve or segment 3.1.1.10	Tiny surface or patch 3.1.2.12	Tiny edge 3.1.3.5		Tiny face 3.1.5.10		Tiny solid 3.1.7.4
Narrow	NA		Narrow surface or patch 3.1.2.10			Narrow face 3.1.5.8		
Relatively Narrow	RN		Relatively narrow neighboring patches 3.1.2.11			Narrow Region 3.1.5.9		
Intersection	IS	Self-intersecting curve 3.1.1.6	Self-intersecting surface 3.1.2.8		Self-intersecting loop 3.1.4.3	Intersecting loops 3.1.5.6	Self-intersecting shell 3.1.6.6	Intersecting shells 3.1.7.1
Analytical	AN			Analytical edge 3.1.3.1		Analytical face 3.1.5.3		
Indistinct Knots	IK	Indistinct curve knots 3.1.1.5	Indistinct surface knots 3.1.2.7					
Inappropriate Degree	ID	Inappropriate degree linear curve 3.1.1.12	Inappropriate degree planar surface 3.1.2.19					
High-Degree	HD	High-degree curve 3.1.1.4	High-degree surface 3.1.2.6					
Fragmented	FG	Fragmented curve 3.1.1.7	Fragmented surface 3.1.2.9	Fragmented edge 3.1.3.4				
Closed	CL			Closed edge 3.1.3.2		Closed face 3.1.5.4		
Inconsistent Topology	IT			Inconsistent edge on curve 3.1.3.3	Inconsistent edge in loop 3.1.4.2	Inconsistent face on surface 3.1.5.5	Inconsistent face in shell 3.1.6.5	

Tabelle 5 Geometrische Kriterien (Nummer und Kodierung, in Reihen und Spalten) Seite 3 von 3

CATEGORY	Quality	Curve	Surface	Edge	Edge Loop	Face	Shell	Solid
NAME	CODE	G-CU	G-SU	G-ED	G-LO	G-FA	G-SH	G-SO
Free	FR						Free Edge 3.1.6.4	
Non-Manifold	NM						Over used edge 3.1.6.7	
Over-used	OU						Over used Vertex 3.1.6.8	
Multiple	MU		Multi-face surface 3.1.2.17					Multi-volume solid 3.1.7.2
Embedded	EM	Embedded curves 3.1.1.8	Embedded surfaces 3.1.2.13			Embedded Faces 3.1.5.11		Embedded solids 3.1.7.3
Unused	UN		Unused patches 3.1.2.15					
Void	VO							Solid void 3.1.7.5

### 3.1.1 Kurven

Punkte, Kurven und Linien bilden die Drahtgeometrien. Sie dienen beispielsweise als Hilfsgeometrien bei der Generierung von Flächen und Solids, als Konturen für die NC-Programmierung oder für Zeichnungen.



Beispiel: Kurven

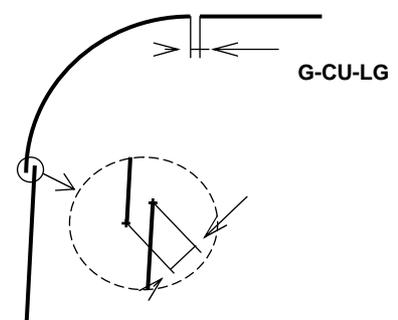
#### 3.1.1.1 Large segment Gap (G0 discontinuity): G-CU-LG [Lageunstetigkeit]

**Problembeschreibung:** Ein großer Abstand bzw. eine Überlappung von benachbarten Kurvenabschnitten bilden eine Lageunstetigkeit.

**Messgröße:** Abstand im Raum der Endpunkte zweier Kurvensegmente oder Kurven (bei topologisch zusammenhängenden Kurven) im Bereich des Übergangs.

**Zusatzinformationen:** Die erste und wichtigste Stetigkeit ist die Lagestetigkeit, d.h. der Übergang von Kurven und Kurvensegmenten ohne Lücken und/oder Überlappungen. Eine Unstetigkeit der Lage gefährdet Folgeoperationen, die auf der Geschlossenheit von Kurvenzügen aufbauen, vor allem nach Skalierungen und Übertragungen in Systemumgebungen höherer Genauigkeit.

**Empfehlung:** Lageunstetigkeiten sind innerhalb der Toleranz für identische Elemente durch Begrenzen der betreffenden Kurven aneinander zu beheben. Eine evtl. notwendige Verlängerung eines oder beider Elemente ist dem Einfügen eines kleinen Füllstückes (evtl. Minielement) vorzuziehen.



Beispiel: Lageunstetigkeit von Kurven

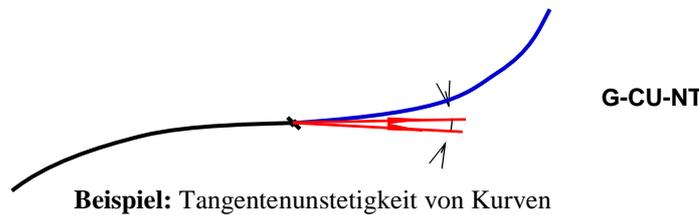
### 3.1.1.2 Non-tangent segments (G1 discontinuity): G-CU-NT [Tangentenunstetigkeit]

**Problembeschreibung:** Eine Winkeldifferenz (Knick) zwischen benachbarten Kurvenabschnitten bildet eine Tangentenunstetigkeit.

**Messgröße:** Winkeldifferenz der Tangentenvektoren in den Endpunkten zweier Kurvensegmente im Bereich des Übergangs.

**Zusatzinformationen:** Tangentenstetigkeit (bei gegebener Lagestetigkeit) bedeutet den knickfreien Übergang zweier Kurven ohne Tangentenwinkeländerung. Im fertigen Produkt ist eine Tangentenunstetigkeit meist fühl- und sichtbar. In einem voll verrundeten Modell ist sie i.d.R. ungewollt. Daneben kann es aber auch gewollte, konstruktiv bedingte Tangentenunstetigkeiten (z.B. Fasen, Charakterlinien) geben.

**Empfehlung:** Kurven interaktiv korrigieren, mit identischen Tangentialbedingungen neu aufbauen oder mit einer weiteren Kurve mit entsprechenden Tangentialvorgaben „verrunden“ (z.B. zwei Geraden mit einem Radius verrunden).



### 3.1.1.3 Non-smooth segments (G2 discontinuity): G-CU-NS [Krümmungsunstetigkeit]

**Problembeschreibung:** Eine sprunghafte Krümmungsveränderung in einer definierbaren Größenordnung beim Übergang von benachbarten Kurvensegmenten bildet eine Krümmungsunstetigkeit.

**Messgröße:** Kontinuität der Krümmung am Kontaktpunkt zweier Kurvensegmente:

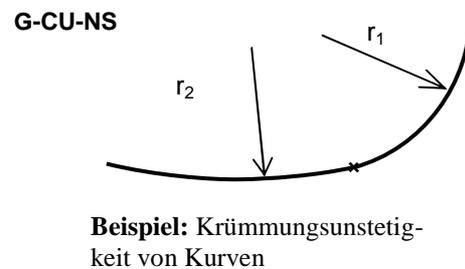
Die Mittelpunkte der Krümmungsradien liegen auf der gleichen Seite der Kurve.

Die Differenz der Absolutwerte der Radien, dividiert durch den Mittelwert der Radien, liegt unterhalb einer vorgegebenen Genauigkeit:  $2 |r_1 - r_2| / (|r_1| + |r_2|) < Tol$

(Hinweis: G-CU-NS ist immer positiv)

**Zusatzinformationen:** Krümmungsstetigkeit (bei gegebener Lage-/Tangentenstetigkeit) bedeutet Gleichheit der Krümmungsradien an der Berührstelle und damit den harmonischen Krümmungsübergang zweier Kurven. Krümmungsstetigkeit von Kurven wird normalerweise nur bei der Konturbeschreibung von Bauteilen mit besonderer Funktion (z.B. Nocken, Schnecken, etc.) oder bei stilistischen Elementen (z.B. Karosserie-Außenhaut, etc.) gefordert.

**Empfehlung:** Die beteiligten Elemente durch Elemente mit entsprechenden Krümmungsbedingungen an den Enden ersetzen, z.B. benachbarte Elemente mit jeweils konstanten Krümmungen (Gerade, Kreis, etc.) durch eine Freiformkurve ersetzen.



$$G-CU-NS = \frac{2|r_1 - r_2|}{|r_1| + |r_2|}$$

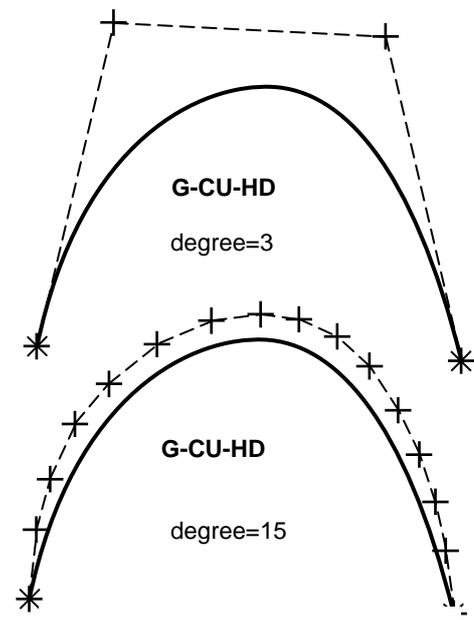
### 3.1.1.4 High-degree curve: G-CU-HD [hoher Polynomgrad der Kurve]

**Problembeschreibung:** Der Grad der Polynomkurve ist unnötig hoch.

**Messgröße:** Polynomgrad der Kurve.

**Zusatzinformationen:** Der Grad der Polynomdarstellung für ein Kurvensegment bestimmt die Anzahl der Freiheitsgrade einer Kurve. Je höher der Grad, desto höher die Komplexität der Kurve. Kurven mit hohem Polynomgrad sind anfällig für unerwünschte Krümmung und müssen beim Wechsel in ein anderes CAD-System evtl. approximiert, d.h. im Rahmen einer Toleranz angenähert werden. Beide Vorkommnisse bedeuten i.d.R. „schlechte“ Datenqualität.

**Empfehlung:** Hohe Polynomgrade vermeiden. Unnötig komplexe Kurven sinnvoll, z.B. krümmungsabhängig in Einzelkurven niedrigeren Grades unterteilen.



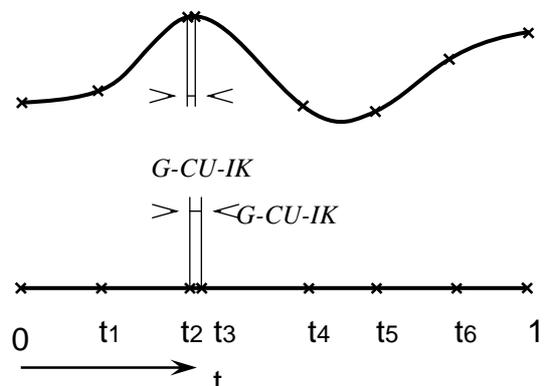
**Beispiel:** gleiche Kurven unterschiedlichen Polynomgrades

### 3.1.1.5 Indistinct curve knots: G-CU-IK [zu kleine Knotenabstände]

**Problembeschreibung:** Die Kurve weist aufeinander folgende Knoten auf, die keine Mehrfachknoten sein sollen, aber sehr eng beieinander liegen.

**Messgröße:** Abstände aufeinander folgender Knoten eines bestimmten Wertebereiches ( $0 < \text{Abst.} < \text{Tol}$ ).

**Zusatzinformationen:** Bei NURBS- und B-Spline-Kurven wird zur Definition ein Knotenvektor benötigt. Dieser definiert u.a. die Zahl der Kurvensegmente und die Stetigkeit der Übergänge zwischen den einzelnen Kurvensegmenten. Der Knotenvektor wird durch eine Folge reeller Zahlen definiert. Einzelne Knoten können aufeinander fallen, man nennt dies auch „Mehrfach-Gewichtung von Knoten“ oder kurz „Mehrfachknoten“. Kurven mit eng benachbarten Knoten können durch Übertragung in eine Systemumgebung mit größeren Toleranzen durch „Zusammenfallen“ von Knoten ihre internen Stetigkeitseigenschaften verringern!



**Beispiel:** kleine Knotenabstände

Beispiel eines Knotenvektors einer NURBS-Kurve vom Grad 3:

(0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.3333, 0.3334, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0)

Knotentoleranz  $< 0.0001$ : - Kurve besteht aus 3 Kurvensegmenten, Innere Segmentübergänge sind G2-stetig

Knotentoleranz  $> 0.0001$ : - Kurve besteht aus 2 Kurvensegmenten, Innerer Segmentübergang ist nicht G2-stetig

**Empfehlung:** Kurve mit ausreichend großem Knotenabstand neu erzeugen.

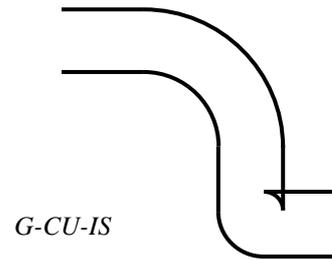
### 3.1.1.6 self- intersecting curve: G-CU-IS [Selbstdurchdringung einer Kurve]

**Problembeschreibung:** Die Kurve weist an einem oder mehreren Punkten, die nicht Endpunkte sind, einen Schnittpunkt mit sich selbst auf.

**Messgröße:** Schnittpunkt oder Berührungspunkt mit sich selbst im Rahmen einer spezifizierten Genauigkeit (Systemgenauigkeit oder anderweitig vorgegeben).

**Zusatzinformationen:** Eine Selbstdurchdringung (die Existenz eines Schnittpunktes der Kurve mit sich selbst) ist in jedem Fall ungewollt, d.h. hat keine konstruktive Absicht. Dieser Fehler bereitet Schwierigkeiten bei weiteren geometrischen Operationen wie Offsetbildung oder Flächenerzeugung sowie bei der NC-Programmierung.

**Empfehlung:** Eine Selbstdurchdringung, resultierend z.B. aus fehlerhafter Offsetbildung (Offsetabstand ist größer als der Innenradius) oder Projektion (Raumkurve in eine Ebene), möglichst vermeiden. Ggf. nachträglich die Kurve korrigieren, d.h. die Selbstdurchdringung entfernen.



**Beispiel:** Selbstdurchdringung einer Kurve

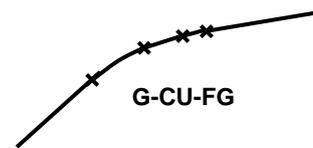
### 3.1.1.7 Fragmented curve: G-CU-FG [hohe Segmentanzahl]

**Problembeschreibung:** Zur Kurvendefinition werden unnötig viele Segmente benutzt.

**Messgröße:** Anzahl der Segmente je Kurve.

**Zusatzinformationen:** Eine unangemessen hohe Zahl von Segmenten innerhalb einer Kurve ist i.d.R. ein Zeichen ungünstiger Komplexität einer Kurve. Dies entsteht z.B. durch eine schlechte Approximation einer Kurve höheren Grades zu einer niedrigen Grades oder durch Zusammenfassung von Bereichen mit völlig unterschiedlicher Krümmung in einer Kurve.

**Empfehlung:** Ersetzen Sie die Kurve durch eine andere Kurve, die so wenig Segmente wie möglich aufweisen sollte. Eine Kurve mit harmonischer Krümmungsverteilung und hoher Anzahl (kleiner) Segmente kann durch eine Kurve mit weniger Segmenten, evtl. höherem Grad ersetzt werden. Dazu kann ggf. eine Neuberechnung unter Berücksichtigung der erforderlichen Genauigkeit notwendig sein.



**Beispiel:** hohe Segmentanzahl

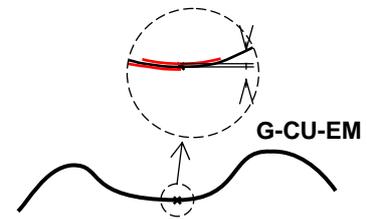
### 3.1.1.8 Embedded curves: G-CU-EM [identische Kurven]

**Problembeschreibung:** Eine bestimmte Menge an Kurven (oder andere Drahtgeometrie), von denen eine die andere(n) vollständig überdeckt. Dies können Kurven beliebigen Typs (z.B. analytisch oder polynomisch) sein. Das beinhaltet auch den Vergleich unterschiedlicher Drahtgeometrie-Typen, z.B. den Vergleich einer Kurve mit einem Kreis und einer Linie.<sup>2</sup>

**Messgröße:** Ist die Kurve innerhalb einer vorgegebenen Genauigkeit vollständig in eine andere Kurve eingebettet?

**Zusatzinformationen:** Bei verschiedenen geometrischen Operationen oder durch Kopieren externer Geometrie ins Modell können (näherungsweise) identische Elemente entstehen, die den Platzbedarf des Modells unnötig vergrößern und die Eindeutigkeit, d.h. die Gültigkeit dieser Elemente aufheben. Identische Elemente, auch doppelte Elemente genannt, verhindern z.B. oft die automatische Erkennung von kontinuierlichen Kurvenzügen oder behindern z.B. NC und FEM-Operationen. Als identisch werden auch Elemente verstanden, die komplett in einem größeren liegen.

**Empfehlung:** Löschen eines der Doppelemente. Es ist wichtig, darauf zu achten, welches der beiden Doppelemente gelöscht werden soll; denn dabei ist die jeweilige Verwendung sowie die Vorgänger/Nachfolger-Beziehung zu berücksichtigen.



**Beispiel:** identische Kurve(n)

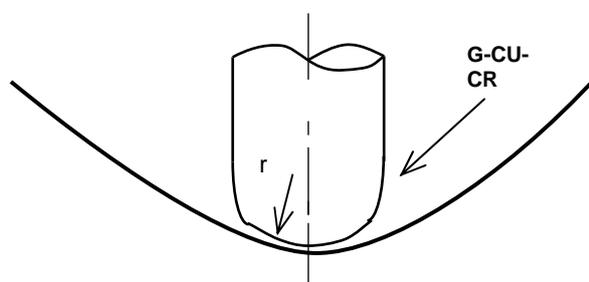
### 3.1.1.9 Curve with a small radius of curvature: G-CU-CR [kleiner Krümmungsradius]

**Problembeschreibung:** Eine Kurve weist einen Krümmungsradius (unterhalb einer Toleranz) auf, der im Produkt oder Produktionshilfsmittel nur sehr schwer oder gar nicht herstellbar ist.

**Messgröße:** Krümmungsradius entlang der Kurve.

**Zusatzinformationen:** Kurven mit kleinem Krümmungsradius können Probleme bei der Erzeugung von Offsetkurven verursachen. Auf Basis von Kurven (mit kleinem Krümmungsradius) erzeugte Surfaces können Fehler aufweisen, die zu Problemen in späteren Prozessschritten, z.B. bei der FEM-Netzgenerierung oder der NC-Bearbeitung führen können.

**Empfehlung:** Kurven mit Krümmungsradien unterhalb einem gegebenen Mindestwert müssen neu erstellt werden, z. B. durch Annäherung einschließlich Glättung.



**Beispiel:** kleiner Krümmungsradius

<sup>2</sup> An dieser Stelle wurde der Originaltext von der VDA-AG Datenqualität korrigiert, präzisiert oder erweitert.

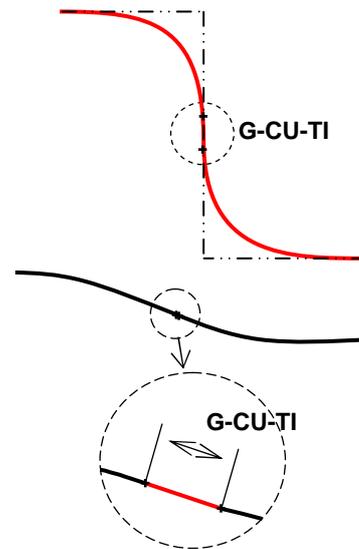
### 3.1.1.10 Tiny curve or segment: G-CU-TI [Minikurve oder –Kurvensegment]

**Problembeschreibung:** Die Gesamtausdehnung einer Kurve oder eines Kurvensegmentes ist zu klein.

**Messgröße:** Länge der Kurvensegmente.

**Zusatzinformationen:** Elemente, die eine bestimmte Ausdehnung unterschreiten, können bei bestimmten geometrischen Operationen (z.B. Skalierung, Offsetbildung), beim Datenaustausch (in ein System geringerer Genauigkeit) oder bei der Weiterverarbeitung (NC) zu ungültigen, degenerierten Elementen und damit Lücken führen. Die Überarbeitung dieser Elemente bedeutet einen erheblichen Mehraufwand. Diese Elemente entstehen oft ungewollt durch Verrunden, aber auch durch „Schließautomatismen“ beim Überbrücken kleiner Lücken oder Überlappungen.

**Empfehlung:** Minielemente durch geeignete Verlängerung (Extrapolation) der zu verbindenden Elemente überflüssig machen und löschen, oder vergrößern und die anschließenden Elemente entsprechend verkürzen.



**Beispiel:** Minikurve/-segment

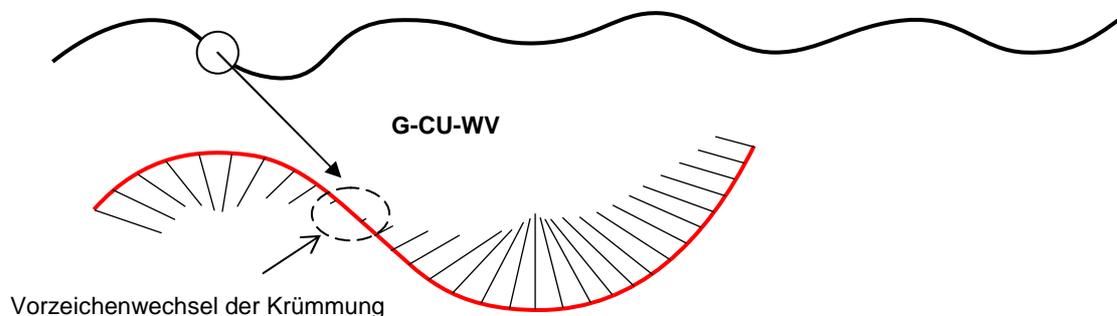
### 3.1.1.11 Wavy planar curve: G-CU-WV [Welligkeit ebener Kurven]

**Problembeschreibung:** Eine Kurve hat zu viele Vorzeichenwechsel der Krümmung.

**Messgröße:** Anzahl der Vorzeichenwechsel.

**Zusatzinformationen:** Welligkeit, d.h. eine erhöhte Anzahl von Vorzeichenwechseln der Krümmung einer Freiform-Kurve, ist oft unbeabsichtigt und möglicherweise kritisch für Folgeoperationen wie z.B. die Offsetbildung oder die NC-Bearbeitung. Welligkeit tritt auch bei nichtplanaren Raumkurven auf, ist dort aber nur sehr mühsam prüfbar. Darum wurde das Kriterium auf planare Kurven beschränkt.

**Empfehlung:** Die Tangential- und Stützpunktbedingungen der Kurve analysieren, korrigieren oder evtl. erneuern. Bei Schnittkurven auch die erzeugenden Flächen untersuchen und ggf. korrigieren.



**Beispiel:** Welligkeit ebener Kurven

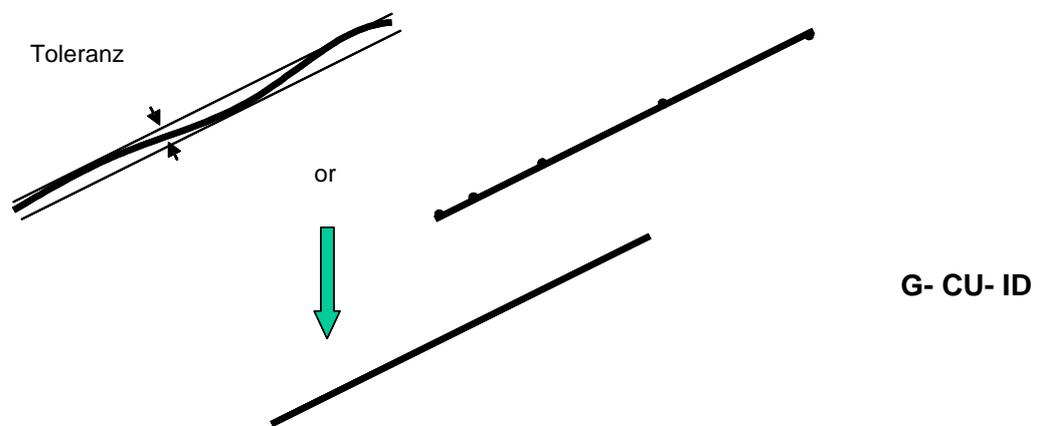
### 3.1.1.12 Inappropriate degree linear curve: G- CU- ID [zu hoher Polynomrad bei gerader Kurve]

**Problembeschreibung** : Eine gerade oder fast gerade Kurve ist mit zu hohem Polynomgrad definiert.

**Messgröße** : Innerhalb einer gegebenen Genauigkeit der Polynomgrad der fast geraden oder geraden Kurve.

**Zusatzinformation** : Überspezifizierte Polynomkurven können mehrfache Fehler verursachen, wenn sie von benachbarten Elementen im Modell verwendet oder in andere Systeme übersetzt werden. Nach der Übersetzung könnte das Ergebnis eine Kurve mit lokalen Bereichen hoher Krümmung oder sogar mit Selbstdurchdringung sein.

**Empfehlung** : Ersetzung der Polynomkurve durch eine Gerade, oder Reduktion des Kurvengrades auf Eins.

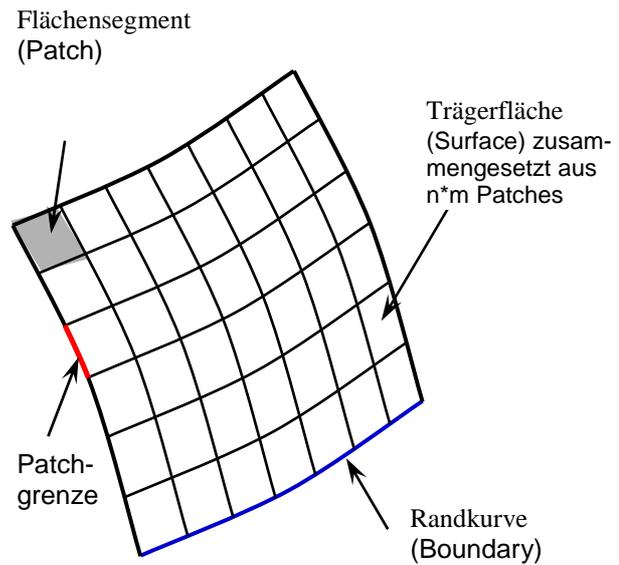


**Beispiel:** zu hoher Grad bei gerader Kurve

### 3.1.2 Trägerfläche (Surface)

Als Trägerfläche bezeichnet man die grundlegende mathematischen Darstellung eines geometrischen Flächenelementes, die von Randkurven begrenzt wird. Die Trägerflächen eines Teils können über seine tatsächlichen Konturen hinausragen.

Trägerflächen können aus mehreren Segmentflächen bestehen, genannt Patches. Diese können im Rahmen einer internen Toleranz für Lage und Steigung miteinander verbunden sein. In Abhängigkeit von der Segmentanzahl (n, m) der Randkurven bildet ein Verband aus n mal m Patches eine Trägerfläche.



Beispiel: Trägerfläche

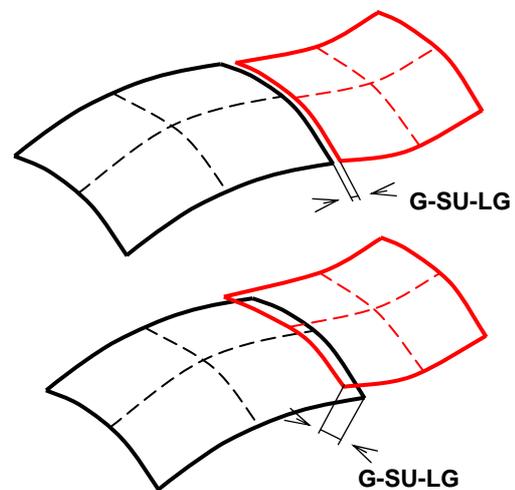
#### 3.1.2.1 Large patch gap (G0 discontinuity): G-SU-LG [Lage- Unstetigkeit]

**Problembeschreibung:** Großer Abstand oder Überlappung von benachbarten Patches einer Trägerfläche - eine G<sub>0</sub>-Unstetigkeit.

**Messgröße:** Maximaler Abstand zwischen Paaren von Randkurven-Punkten an benachbarten Patchgrenzen.

**Zusatzinformationen:** Analog zu den Stetigkeiten der Kurven sind die Lage-/Tangenten-/ und Krümmungsstetigkeit von Trägerflächen für ihre Eigenschaft als Basisgeometrie (z.B. für begrenzte Flächen oder Schnittkurven) von wesentlicher Bedeutung. Dieser Fall tritt häufig auf, wenn benachbarte Patches unter Verwendung unterschiedlicher Kurven generiert werden. Für dieses Kriterium wird nur die Kontinuität zwischen den Flächensegmenten (Patches) betrachtet.

**Empfehlung:** Natürlich begrenzte Flächen, die eine Unstetigkeit der Patches aufweisen, müssen über geeignete Randbedingungen korrigiert oder neu generiert werden.



Beispiel(e) : Lageunstetigkeit (G<sub>0</sub>-Unstetigkeit)

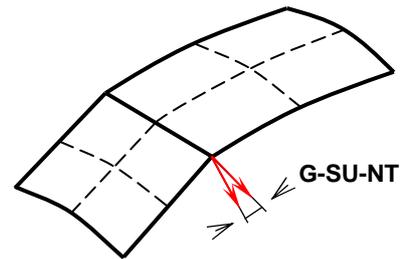
### 3.1.2.2 Non-tangent patches (G1 discontinuity): G-SU-NT [Tangenten-Unstetigkeit]

**Problembeschreibung:** Tangenten-unstetiger Winkel zwischen benachbarten Segmenten einer Trägerfläche - eine G<sub>1</sub>-Unstetigkeit.

**Messgröße:** Maximaler Winkel zwischen Patch-Tangenten, gemessen an gemeinsamen Punkten der Patchgrenzen (unter der Voraussetzung, dass die G<sub>0</sub>-Stetigkeit gegeben ist).

**Zusatzinformationen:** Die Tangentenstetigkeit (bei gegebener Lage-Stetigkeit) ist der knickfreie Übergang zweier benachbarter Patches, d.h. Tangentialwinkel-Änderung unterhalb eines vorgegebenen Toleranzwertes. Eine Tangenten-Unstetigkeit kann sich im Bauteil sichtbar oder fühlbar auswirken. In der praktischen Anwendung hängt der akzeptable Winkelunterschied von der Größe des benachbarten Patches ab (größere Winkel können bei kleineren Patches akzeptabel sein).

**Empfehlung:** Korrigieren Sie die Fläche interaktiv, indem Sie diese anhand der gewünschten Tangentialbedingungen modifizieren oder neu erstellen.



**Beispiel:** Tangenten-unstetige Patches (G<sub>1</sub> Unstetigkeit) (der Übersicht halber ist hier die Normalenwinkeldifferenz statt der Tangentenwinkeldifferenz dargestellt)

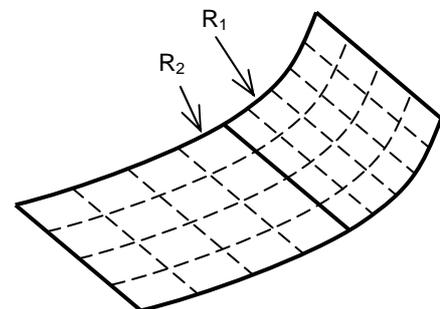
### 3.1.2.3 Non-smooth patches (G2 discontinuity): G-SU-NS [Krümmungs-Unstetigkeit]

**Problembeschreibung:** Große Krümmungsveränderung zwischen benachbarten Segmenten einer Trägerfläche - eine G<sub>2</sub>-Unstetigkeit.

**Messgröße:** Krümmungsstetigkeit, gemessen an gemeinsamen Punkten der Patchgrenzen (unter der Voraussetzung, dass die G<sub>0</sub>- und G<sub>1</sub>-Stetigkeit gegeben ist), heißt:

- Prüfe die Krümmungsstetigkeit in fortlaufenden Schnittebenen in Normalenrichtung zur Fläche
- Die Mittelpunkte der Krümmungsradien liegen auf der gleichen Seite der Patches.
- Die absolute Differenz der Radien, geteilt durch den Mittelwert der Radien, liegt unterhalb der vorgegebenen Genauigkeit:

$$G-SU-NS = \frac{2|r_1 - r_2|}{|r_1| + |r_2|}$$



G-SU-NS

**Beispiel:** Krümmungs-unstetige Patches (G<sub>2</sub> Unstetigkeit)

(Hinweis: G-SU-NS ist immer positiv)

**Zusatzinformationen:** Die Forderung der Krümmungsstetigkeit von Trägerflächen ist in der Praxis nur in Darstellungen von Bauteilen mit besonderen Funktionen (Nocken, Schnecken, etc.,) oder bei Styling-Elementen üblich.

**Empfehlung:** Ersetzen Sie die betroffenen Elemente durch Elemente mit geeigneten Krümmungsbedingungen an den gemeinsamen Patchgrenzen. Z.B. können benachbarte Elemente, die eine konstante Krümmung aufweisen (Zylinder, (Teil-)Kugeln, planare Elemente, etc.), und dadurch automatisch einen Krümmungssprung aufweisen, durch Freiform-Flächen ersetzt werden.

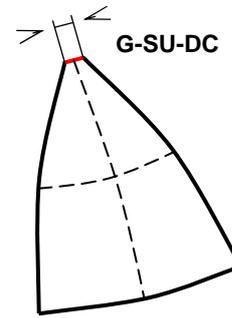
### 3.1.2.4 Degenerate surface boundary: G-SU-DC [Degenerierte Randkurve]

**Problembeschreibung:** Eine Trägerfläche bzw. ein Patch weist eine zu kurze Randkurve auf. Bitte beachten Sie, dass manche Systeme eine gültige Dreiecksfläche definieren, in dem sie die Länge der Grenzlinie unterhalb eines spezifizierten Grenzwertes einstellen.

**Messgröße:** Länge der degenerierten Segmentrand bzw. Randkurve, wobei diese Länge zwischen der vorgegebenen Genauigkeit für „Mini“ und der gewählten Genauigkeit für „Länge Null“ liegt.

**Zusatzinformationen:** Ein Trägerflächen-Segment (Patch), mit genau einem Segmentrand innerhalb der relevanten Messgröße (‘‘Quasi- Dreieckspatch’’), kann zu einem nicht definierten Normalvektor führen und auf diese Weise die Nutzbarkeit der Surface beeinträchtigen (z.B. Surface-Offset).

**Empfehlung:** Manuell für Segmentrandgrößen größer als die Minielement-Toleranz sorgen oder durch ein ‘‘echtes Dreieckspatch’’ (bitte beachten Sie dabei, dass einige Systeme dreieckige Patches nicht unterstützen). Eine andere Lösung besteht darin, eine größere rechteckige Trägerfläche zu erstellen und darauf die gewünschte Fläche als ‘‘begrenzte Fläche (Face)‘‘ zu erstellen.



**Beispiel:** degenerierter Segmentrand

### 3.1.2.5 Degenerate surface corner: G-SU-DP [degenerierte Trägerflächen-Ecke]

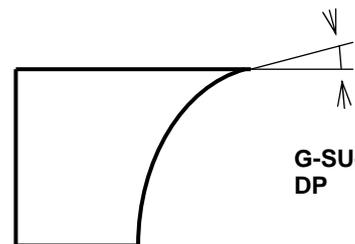
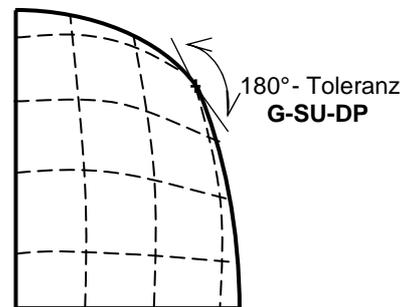
**Problembeschreibung:** Die Flächenecke bildet einen spitzen Winkel oder einen solchen von nahezu 180°.

**Messgröße:** Der Winkel zwischen den Tangenten geometrisch benachbarter Randkurven bzw. Segmentränder an einer Flächenecke.

**Zusatzinformationen:** Wenn der Winkel zwischen zwei benachbarten Segmenträndern einer Trägerfläche unterhalb eines Mindestwinkels (nahe 0°) oder oberhalb eines Maximalwinkels (nahe 180°) liegt, kann sich dies in einer undefinierten Flächennormale an diesem Eckpunkt auswirken.

**Empfehlung:** Teilen Sie die Fläche (z.B. sternförmig von der Mitte der Fläche in drei Flächen) oder vergrößern Sie die Fläche und generieren Sie den geforderten Bereich als begrenzte Fläche (Face).

Wenn die Normalen in den Flächenecken trotz eines kritischen Winkels korrekt definiert sind, können diese Fälle gegebenenfalls akzeptabel sein.



**Beispiel:** degenerierte Trägerflächen-Ecke

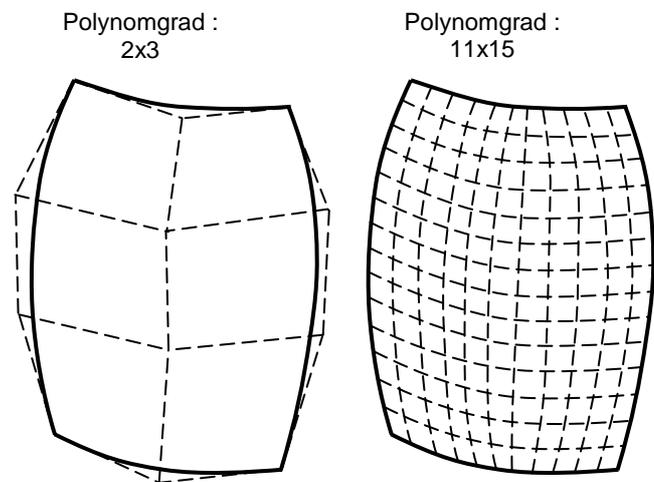
### 3.1.2.6 High-degree surface: G-SU-HD [Zu hoher Polynomgrad]

**Problembeschreibung:** Der Polynomgrad einer Trägerfläche ist zu hoch.

**Messgröße:** Polynomgrad der Trägerfläche.

**Zusatzinformationen:** Der Grad der Polynomdarstellung für jedes Patch bestimmt die Anzahl der Freiheitsgrade einer Fläche. Ein zu hoher Polynomgrad kann zu Schwingungen, oder im Falle der Gradreduzierung durch Approximation zur Verschlechterung der Datenqualität bezüglich Formtreue, Speicherbedarf und Stetigkeiten führen.

**Empfehlung:** Hohe Polynomgrade möglichst vermeiden. Unnötig komplexe Surfaces vermeiden, oder sinnvoll, z.B. krümmungsabhängig in Einzelflächen niedrigeren Grades unterteilen.



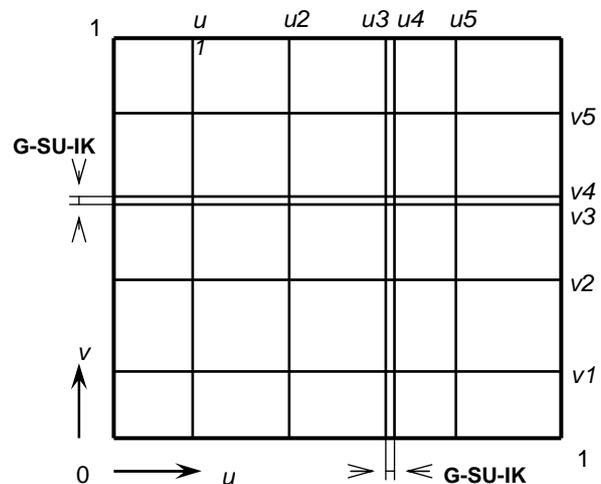
**Beispiel:** Polynomgrad von Trägerflächen G-SU-HD

### 3.1.2.7 Indistinct surface knots: G-SU-IK [geringe Knotenabstände]

**Problembeschreibung:** Die Trägerfläche weist aufeinander folgende, nicht-multiple Knoten auf, wobei die Knoten sehr nah beieinander liegen.

**Messgröße:** Der Mindestabstand, ungleich Null, zwischen aufeinander folgenden Knotenwerten.

**Zusatzinformationen:** Wie bei NURBS- und B-Spline-Kurven wird zur Definition von NURBS und B-Spline-Flächen ein Knotenvektor für jede Parameterrichtung benötigt. Dieser definiert die Zahl der Flächensegmente in den Parameterrichtungen  $u$  und  $v$  und die Stetigkeit der Übergänge zwischen ihnen. Der Knotenvektor wird durch eine monotone Folge reeller Zahlen definiert. Einzelne Knoten können auch identisch sein, man nennt dies auch „Mehrfach-Gewichtung von Knoten“ oder kurz „Mehrfachknoten“.



**Beispiel:** Knotenabstände

Eng benachbarte Knoten können nach der Übertragung in eine Systemumgebung mit größeren Toleranzen dort identisch sein und infolgedessen die internen Stetigkeiten innerhalb der Fläche in unerwünschter Weise ändern!

**Empfehlung:** Knotenabstand der Flächen vergrößern oder und ggf. löschen und neu erzeugen.

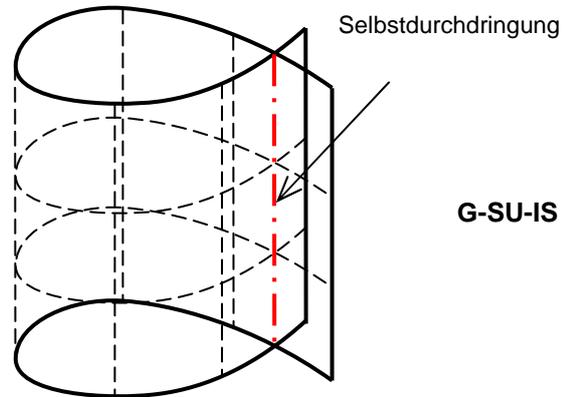
### 3.1.2.8 Self- intersecting surface: G-SU-IS [Selbstdurchdringung]

**Problembeschreibung:** Eine Trägerfläche oder ein Patch hat eine Selbstdurchdringung. Bei Unterschreitung eines Grenzwertes gilt dabei auch eine Annäherung bzw. Berührung (Ausnahme: Anfangs-/Endpunkte) als Selbstdurchdringung<sup>2</sup>.

**Messgröße:** Binäre Entscheidung, ob eine Surface oder ein Patch, innerhalb der vorgegebenen Genauigkeit (Systemgenauigkeit oder sonstige), eine Selbstdurchdringung/Berührung hat oder nicht. Nicht als fehlerhaft markiert werden soll der Fall, dass das Element „geschlossen“ ist, d.h. zwei Randkurven identisch sind (z.B. Zylinder aus einer Fläche)<sup>2</sup>.

**Zusatzinformationen:** Eine Selbstdurchdringung ist die Existenz einer Kurve in zwei verschiedenen Bereichen des Parameterbereiches einer Fläche. Dieser Fall ist i.d.R. unbeabsichtigt. Er verursacht z.B. Probleme in Solids (da er zu begrenzten Flächen (Faces) mit Selbstdurchdringung führt), bei anderen geometrischen Operationen, wie der Generierung von Offsets oder begrenzten Flächen (Faces), und bei der nachgeschalteten Datennutzung wie Finite-Elemente-Analyse oder NC-Programmierung. Selbstdurchdringung entsteht u.a. bei der Erzeugung von Offsets (Offsetabstand größer als der Innenradius) und ist möglichst zu vermeiden.

**Empfehlung:** Erzeugen Sie die Fläche korrekt neu.



**Beispiel:** Selbstdurchdringung einer Fläche

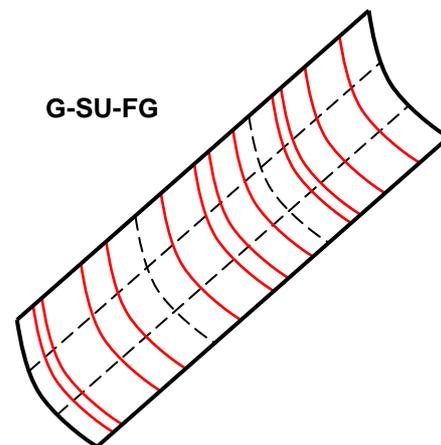
### 3.1.2.9 Fragmented surface: G-SU-FG [hohe Patchanzahl]

**Problembeschreibung:** Die Trägerfläche besteht aus unnötig vielen Segmenten.

**Messgröße:** Zahl der Segmente.

**Zusatzinformationen:** Eine unangemessen hohe Zahl von Patches innerhalb einer Trägerfläche ist i.d.R. ein Zeichen ungünstiger Komplexität einer Trägerfläche. Dies entsteht z.B. durch eine schlechte Approximation einer Fläche höheren Grades zu einer niedrigen Grades oder durch Zusammenfassung von Bereichen mit völlig unterschiedlicher Krümmung zu einer Fläche.

**Empfehlung:** Trägerflächen mit großen Krümmungsunterschieden aufteilen. Eine Trägerfläche mit harmonischer Krümmungsverteilung und hoher Anzahl (kleiner) Segmente kann durch eine Trägerflächen mit sinnvollem, evtl. höherem Grad ersetzt werden.



**Beispiel:** hohe Patchanzahl

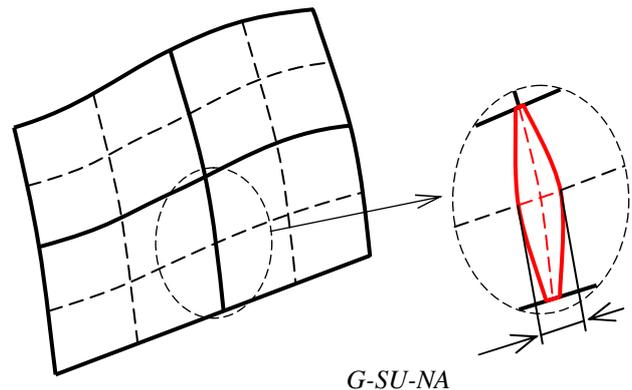
<sup>2</sup> An dieser Stelle wurde der Originaltext von der VDA-AG Datenqualität korrigiert, präzisiert oder erweitert.

### 3.1.2.10 Narrow surface or patch: G-SU-NA [schmale Fläche oder Segment]

**Problembeschreibung:** Die Fläche bzw. das Patch ist in einer Richtung bezogen auf einen gegebenen Grenzwert, zu schmal.

**Messgröße:** Maximaler Abstand (in Parameterrichtung) zwischen Patchgrenzen.

**Zusatzinformationen:** Sehr schmale Trägerflächen oder Patches können erhebliche Probleme bei der weiteren geometrischen Bearbeitung oder bei nachgeschalteten Anwendungen verursachen. Aus Patches, die in mindestens einer Richtung eine vorgegebene Ausdehnung unterschreiten, können zu ungültigen Elementen führen. Änderungen im System oder im Genauigkeitsgrad können dieses Problem verursachen und zu Lücken in der Topologie führen. Die Überarbeitung dieser Elemente ist äußerst aufwendig.



**Beispiel:** schmales Segment

Schmale Elemente erhöhen außerdem den Speicherbedarf (Dateigröße), sie erhöhen den Aufwand für Änderungen sowie die Gefahr von Stetigkeitsproblemen. Sie treten oft bei automatischen Funktionen ohne Kenntnis oder Absicht des Nutzers auf. Das automatische Schließen von Lücken beim Datenimport aus Fremdsystemen kann ebenfalls diese Art von Fehlern verursachen.

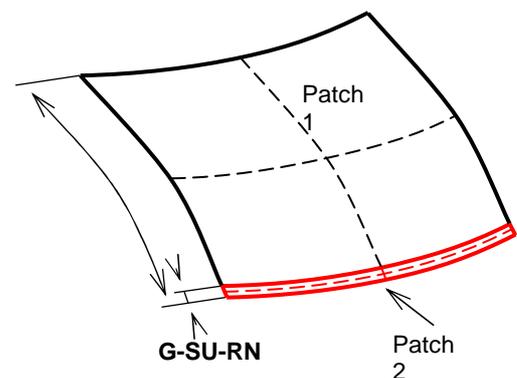
**Empfehlung:** Schmale Flächen oder Segmente sollten vermieden, ggf. durch die entsprechende Vergrößerung und Aufteilung benachbarter Elemente eliminiert und anschließend gelöscht werden.

### 3.1.2.11 Relatively narrow neighbouring patches: G-SU-RN [relativ schmales Nachbar-Segment]

**Problembeschreibung:** Ein Patch ist im Vergleich zu einem benachbarten Patch zu schmal.

**Messgröße:** Das Verhältnis der Patchausdehnungen zweier benachbarter Patches in einer Parameterrichtung bzw. in beiden Parameterrichtungen<sup>2</sup>.

**Zusatzinformationen:** Ein Patch sollte nicht erheblich schmäler sein als die benachbarten Patches. Derartige Größenverhältnisse sind ein Zeichen für eine schlechte Aufteilung. Sie können Probleme bei der Generierung von Netzen oder bei der Modifikation von Flächen verursachen.



**Beispiel:** relativ schmales Patch

**Empfehlung:** Schmale Patches sollten vermieden, ggf. durch entsprechende Vergrößerung und Aufteilung der benachbarten Elemente überflüssig gemacht und anschließend gelöscht werden.

<sup>2</sup> An dieser Stelle wurde der Originaltext von der VDA-AG Datenqualität korrigiert, präzisiert oder erweitert.

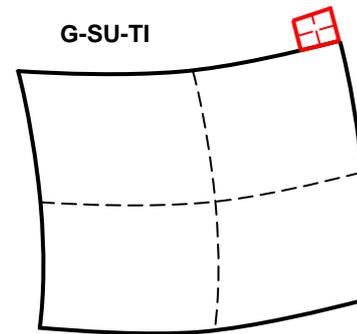
### 3.1.2.12 Tiny surface or patch: G-SU-TI [Mini-Trägerfläche oder Segment]

**Problembeschreibung:** Die Gesamfläche einer Fläche oder eines Patches ist zu klein.

**Messgröße:** Flächeninhalt der Fläche bzw. des Patches.

**Zusatzinformationen:** Elemente unterhalb einer bestimmten Ausdehnung können zu ungültigen, entarteten Elementen und damit zu Lücken führen. Dies kann bei bestimmten geometrischen Operationen (z.B. Skalierung, Offset), beim Datenaustausch (in ein System mit geringerer Genauigkeit) oder bei der Weiterverarbeitung (Finite-Elemente-Analyse, NC, etc.) vorkommen. Die Überarbeitung dieser Elemente stellt einen erheblichen Mehraufwand dar.

**Empfehlung:** Eliminieren Sie kleine Elemente durch entsprechende Ausdehnung (Extrapolation) der zu verbindenden Elemente und löschen Sie die entsprechenden kleinen Flächen oder Patches. Alternativ dazu können Sie auch die kleinen Elemente vergrößern und mit den Nachbarelementen verbinden.



**Beispiel:** Minifläche

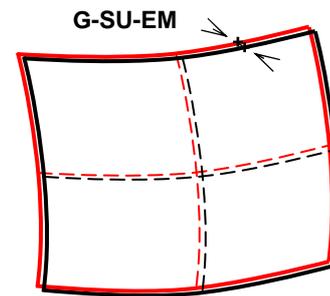
### 3.1.2.13 Embedded surfaces: G-SU-EM [(teilweise) identische Surfaces]

**Problembeschreibung:** Eine Menge an Flächen, von denen eine die andere(n) komplett überdeckt. D.h. eine Fläche enthält die andere(n) ganz oder teilweise. Diese Flächen können von unterschiedlichem Typ sein (z.B. „analytisch“ oder „polynomisch“).

**Messgröße:** Ist eine Fläche innerhalb einer vorgegebenen Toleranz komplett in einer anderen Fläche enthalten?

**Zusatzinformationen:** Identische/doppelte Elemente erhöhen unnötig den Speicherbedarf und heben die Eindeutigkeit, d.h. die Gültigkeit dieser Elemente auf. Sie behindern die Bearbeitung des Modells, z.B. bei der automatischen Topologieerzeugung. Als identisch werden auch Elemente verstanden, die komplett in einem größeren liegen.

**Empfehlung:** Löschen der doppelten Elemente. Dabei darauf achten, dass das „benötigte“ Element erhalten bleibt.



**Beispiel:** identische Surfaces

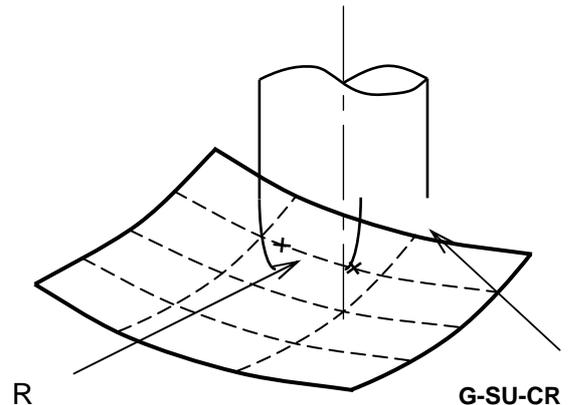
### 3.1.2.14 Surface with a small radius of curvature: G-SU-CR [kleiner Krümmungsradius]

**Problembeschreibung:** Die Fläche weist einen kleinen Krümmungsradius auf.

**Messgröße:** Kleinster Krümmungsradius einer Fläche in allen Richtungen.

**Zusatzinformationen:** Um die Möglichkeit zur Änderung einer Fläche, zur Erstellung einer Offset-Fläche und zur Nutzung dieser Fläche in nachgeschalteten Anwendungen zu gewährleisten, darf der Krümmungsradius in beliebiger Position und Richtung nicht unter einen bestimmten Mindestwert fallen. Die akzeptable Mindestkrümmung hängt von der beabsichtigten Nutzung der Fläche ab. Wenn sie beispielsweise zur Erzeugung einer Offset-Fläche dient, muss der Krümmungsradius groß genug sein, so dass eine Selbstdurchdringung ausgeschlossen wird. Falls die Fläche eine zu bearbeitende Fläche definiert, muss die Mindestkrümmung groß genug sein, um Bearbeitungsfehler (z.B. Frässhäden) zu vermeiden.

**Empfehlung:** Trägerflächen, die den vorgegebenen Mindest-Krümmungsradius nicht einhalten, müssen korrigiert oder neu erstellt werden, z.B. durch Annäherung oder Glättung.



**Beispiel:** Problem durch kleinen Krümmungsradius

### 3.1.2.15 Unused patches: G-SU-UN [Unbelegte Patchreihen]

**Problembeschreibung:** Die Trägerfläche enthält Patchreihen, die nicht zur Definition einer begrenzten Fläche genutzt werden.

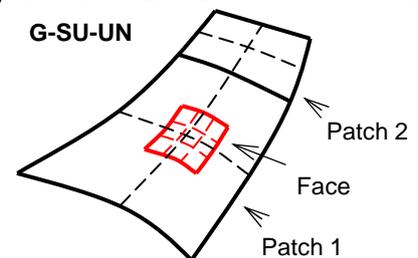
**Messgröße:** Anzahl der ungenutzten Patchreihen.

**Zusatzinformationen:** Der von einer begrenzten Fläche belegte Bereich einer Trägerfläche kann in einzelnen Fällen so klein sein, dass ganze Patchreihen unbelegt sind. Diese unbelegten Patchreihen kosten evtl. unnötig Speicherplatz und können i.d.R. ohne Probleme entfernt werden.

Über dieses Kriterium werden auch die Trägerflächen ~~genutzt~~ ~~die nicht zur Definition von begrenzten Flächen dienen~~ und deshalb überflüssig sein können.

Manchmal werden die unbelegten Flächenbereiche in späteren Bearbeitungsschritten aber noch benötigt. Ihre Rekonstruktion ist dann nur mühsam und angenähert möglich. Aus diesem Grund wird keine generelle Empfehlung zur Beseitigung unbelegter Patchreihen ausgesprochen.

**Empfehlung:** Wenn gewünscht, die Trägerfläche entlang einer geeigneten Patchgrenze teilen und den überflüssigen Teil löschen. Bei vollständig unbelegter Trägerfläche diese komplett löschen.



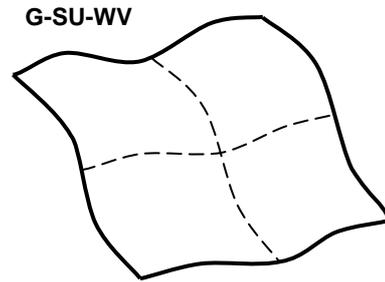
**Beispiel:** unbelegte Patchreihen

### 3.1.2.16 Wavy surface: G-SU-WV [Welligkeit in der Fläche]

**Problembeschreibung:** Die Fläche weist zu viele Vorzeichenänderungen der Krümmung auf.

**Messgröße:** Zahl der Krümmungsvorzeichen-Änderungen entlang einer beliebigen isoparametrischen Kurve auf der Fläche bzw. dem Patch.

**Zusatzinformationen:** Ein ungewollter Krümmungsverlauf einer Trägerfläche ist evtl. kritisch für das Styling, die Erzeugung von Offsets und Folgeoperationen wie z.B. NC-Bearbeitung.



**Beispiel:** wellige Fläche

Es können auch interne Probleme im CAD-System entstehen.

**Empfehlung:** Surface mit geeigneten Randbedingungen (Grad, Randkurven oder Stützpunkte) korrigieren oder neu erzeugen.

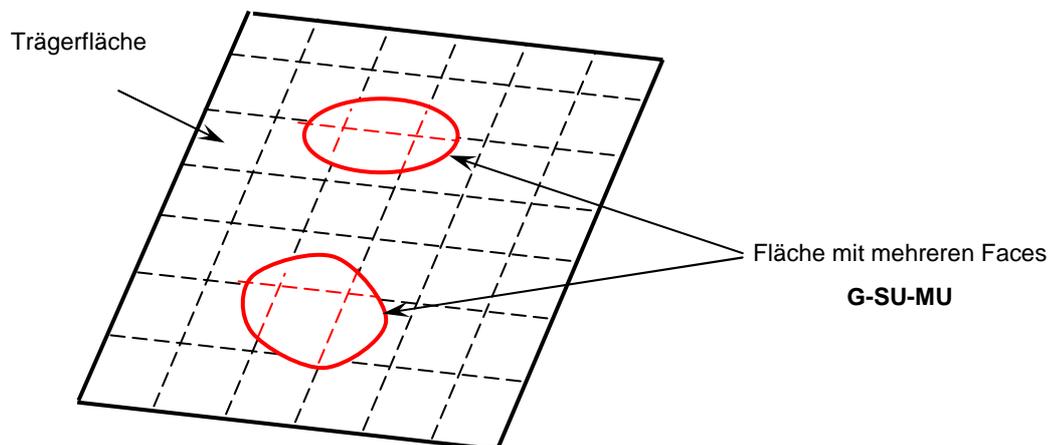
### 3.1.2.17 Multi- face surface: G- SU- MU [mehr als eine Face pro Surface]

**Problembeschreibung:** Eine Trägerfläche wird verwendet (oder referenziert) von mehr als einer Face.

**Messgröße:** Anzahl der Faces, die auf dieser Trägerfläche liegen.

**Zusatzinformation:** Verschiedene CAD- Systeme und Schnittstellenprogramme benötigen eine Eins- zu Eins- Beziehung zwischen Trägerflächen und Faces.

**Empfehlung:** Erzeugung einer unabhängigen Trägerfläche für jede Face, vorzugsweise durch Aufteilung der existierenden Trägerfläche.



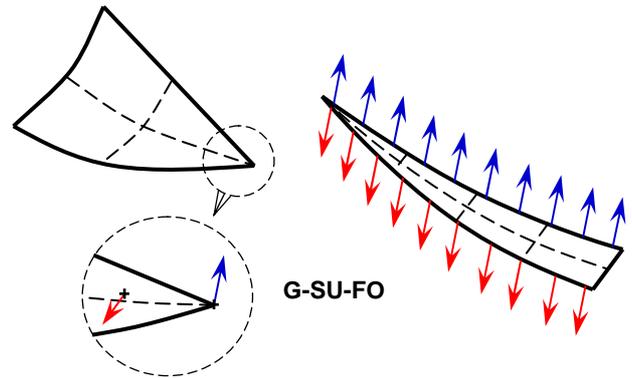
**Beispiel: Trägerfläche mit zwei Faces**

### 3.1.2.18 Folded surface: G-SU-FO [Normalenumklappung]

**Problembeschreibung:** Die Fläche enthält in einer oder zwei Parameter-Richtungen eine Falte, d.h. eine „plötzliche“ Normalenumklappung.

**Messgröße:** Maximaler Winkel zwischen Normalvektor-Paaren in einer Parameter-Richtung eines Patches einer nicht-kanonischen Trägerfläche.

**Zusatzinformationen:** Üblicherweise zeigt die Normale einer Trägerfläche in jedem ihrer Punkte einheitlich entweder in das Bauteil hinein oder heraus. Am Rand von Trägerflächen werden gelegentlich Abweichungen von diesem Verhalten festgestellt. Dadurch können z.B. Beschädigungen des Werkstücks entstehen, da das Werkzeug in die Fläche eindringen kann.



**Beispiel:** Normalenumklappung am Rand

Ein Spezialfall der umklappenden Normalen am Rand findet sich häufig in der Spitze eines „Quasi-Dreieckspatches“. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die beiden auf die Ecke zulaufenden Randkurven geringfügig über den Schnittpunkt hinausragen.

**Empfehlung:** Flächen mit umklappenden Normalen sollten neu erzeugt werden (unter besonderer Berücksichtigung der Tangentialbedingungen am Rand). Im Falle des Umklappens in der Spitze eines Dreieckspatches kann (im Rahmen der zulässigen Lücken und Minielemente) die Spitze abgeschnitten werden, so dass der neue, vierte Rand des Patches eine zulässige Länge bekommt. Alternativ kann eine dreiseitige, begrenzte Fläche mit korrekter Normalen erzeugt werden.

### 3.1.2.19 Inappropriate degree planar surface : G- SU- ID [zu hoher Polynomgrad bei ebener Fläche]

**Problembeschreibung:** Eine ebene oder nahezu ebene Fläche ist mit zu hohem Polynomgrad definiert.

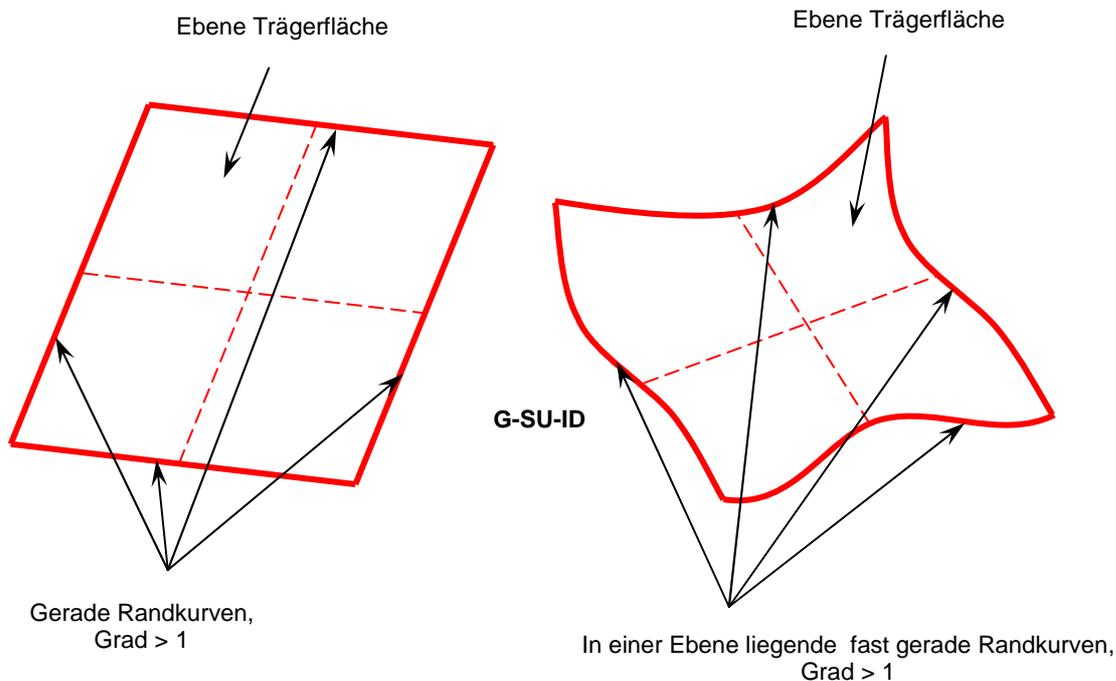
**Messgröße:** Zwei Messungen sind notwendig:

1. ob die Fläche eben oder nahezu eben ist: Eine Trägerfläche ist eben, falls (bezogen auf eine Ausgleichsebene, bestimmt durch Least- Squares- Fit zur Fläche) kein Punkt auf der Fläche weiter von dieser Ebene entfernt ist als die gegebene Toleranz. Die gegebene Toleranz ist ein im Modell definierter Wert.
2. ob der Grad der Fläche zu hoch ist: dazu muss der höchste Polynomgrad in der u und v- Richtung betrachtet werden.

**Zusatzinformation:** Überspezifizierte Polynomflächen können mehrfache Fehler verursachen, wenn sie als Basiselemente zum Aufbau des digitalen Modells verwendet oder in andere Systeme übertragen werden. Nach dem Datenaustausch kann das Ergebnis eine nicht mehr ebene Fläche sein und möglicherweise ein Element voll schwerer Fehler.

**Empfehlung:** Verschiedene Fälle sind möglich:

- Falls die Gradverringern auf 1 x 1 die Topologie um nicht mehr als eine gegebene Toleranz verändert, kann man die polynomiale ebene Fläche durch eine Ebene ersetzen oder den Grad der Fläche auf 1 x 1 reduzieren.
- Falls die Gradverringern auf 1 x 1 die Topologie um mehr als die gegebene Toleranz verändert, sollte man – abhängig vom Willen des Anwenders-
  - die Fläche entweder als ebene Face neu aufbauen auf Basis der Ausgleichsebene und limitiert von den Flächenrändern,
  - oder die Fläche so lassen, wie sie ist.



**Beispiel:** Zu hohe Polynomordnung bei ebener Fläche

### 3.1.3 Berandungskurve (Edge)

Eine Edge ist eine Randkurve im Parameterbereich  $(u, v)$  einer begrenzten Fläche (Face). Als Edge wird auch die Verbindung zwischen zwei Eckpunkten (Vertices) einer Topologie (z.B. Solid) bezeichnet.

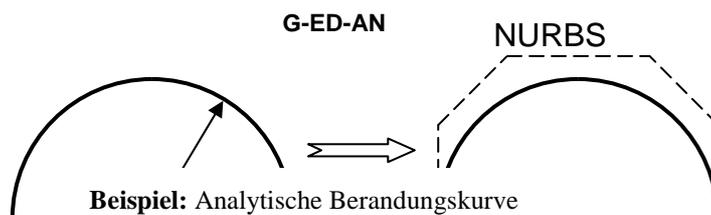
#### 3.1.3.1 Analytical edge: G-ED-AN [Analytische Berandungskurve]

**Problembeschreibung:** Weil viele Systeme nur NURBS- Geometrien verarbeiten, können analytische Berandungskurven, d.h. solche, die nicht durch NURBS approximiert werden können, in NURBS- basierten Zielsystemen nicht verwendet werden<sup>2</sup>.

**Messgröße:** Prüfung, ob die Berandungskurve analytisch ist oder nicht.

**Zusatzinformationen:** Wenn eine analytische Berandungskurve in die NURBS- Darstellung übersetzt wird, sind Start- und Endpunkt definiert, aber diese Punkte werden wahrscheinlich nicht mit denen der Berandungskurve zusammenfallen. Das System kann Fehler verursachen bei der Berechnung eines Punktes auf der Berandungskurve. Die Ableitung von Berandungskurven und einzelnen begrenzte Flächen eines Solids wird während des gesamten Konstruktionsprozesses erforderlich sein. Sie stellt oft neue Original- oder Hilfsgeometrie für weitere Konstruktionsschritte dar. Es kann vorkommen, dass die systemeigenen API- Funktionen für eine NURBS - Approximation an einigen Berandungskurven versagen.

**Empfehlung:** Alle Berandungskurven sollten in NURBS- Darstellung übersetzbar sein.



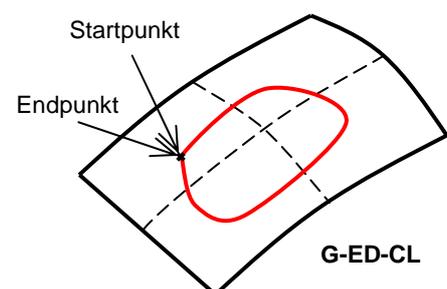
#### 3.1.3.2 Closed edge: G-ED-CL [geschlossene Berandungskurve]

**Problembeschreibung:** Start- und Endpunkt einer Berandungskurve sind identisch.

**Messgröße:** Koordinaten von Start- und Endpunkt.

**Zusatzinformationen:** Viele aktuelle CAD-Systeme erstellen eine runde oder elliptische Berandungskurve, indem sie diese in zwei Halbkurven aufteilen, um Probleme mit zusammenfallenden Endpunkten zu vermeiden. Da es CAD-Systeme gibt, welche, z.B. nach dem Import einer solchen Geometrie (via neutraler Formate), diese Situation nicht mit Hilfe interner Mechanismen korrigieren können, besteht dann die Gefahr eines ungewollten Verhaltens (z.B. Inkonsistenz bei Kontur-Suchalgorithmen).

**Empfehlung:** Bei Bedarf interaktives Aufteilen einer solchen Berandungskurve in Teilkurven.



**Beispiel:**  
geschlossene Berandungskurve

<sup>2</sup> An dieser Stelle wurde der Originaltext von der VDA-AG Datenqualität korrigiert, präzisiert oder erweitert.

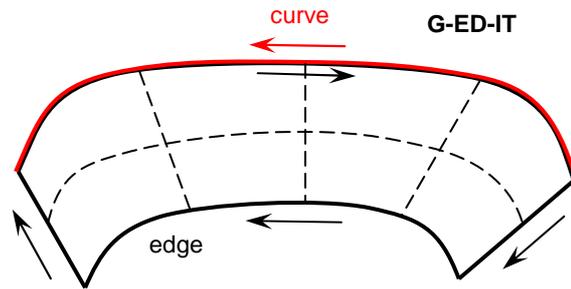
### 3.1.3.3 Inconsistent edge on curve: G-ED-IT [inkonsistente Orientierung von Edge und Kurve]

**Problembeschreibung:** Die Parametrierung der Berandungskurve widerspricht der ihrer zu Grunde liegenden Kurve.

**Messgröße:** Ist die Orientierung der Edge im Parameterbereich konsistent mit der Orientierung ihrer entsprechenden 3D-Kurve?

**Zusatzinformationen:** Es kann in einigen CAD-Systemen vorkommen, dass diese beiden Orientierungen entgegengesetzt auftreten. Für wiederum andere Systeme ist die Definition der Berandungskurve nicht korrekt, und es können Probleme nach dem Datenaustausch auftreten. Beachten Sie, dass dieses Problem nicht identisch ist mit dem Problem in Kap. 3.2.4.2 (G-LO-IT), bei dem die Richtung einer Berandungskurve innerhalb eines Berandungskurvenzuges widersprüchlich ist.

**Empfehlung:** Bei Bedarf Korrektur der ungewünschten Kurvenrichtung und Neuerzeugung der entsprechenden Fläche(n).



**Beispiel:** inkonsistente Orientierung von Edge und Kurve

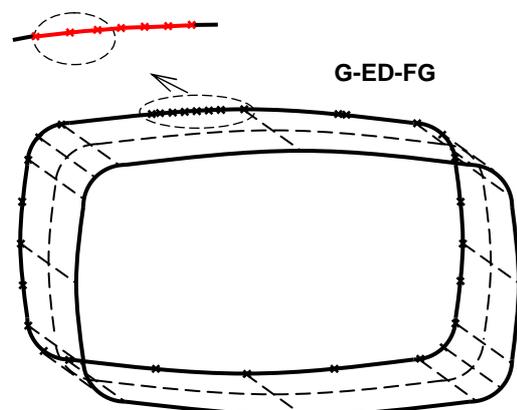
### 3.1.3.4 Fragmented edge: G-ED-FG [(unangemessene) Segmentanzahl in einer Berandungskurve]

**Problembeschreibung:** Die einer Berandungskurve zu Grunde liegende Kurve ist fragmentiert, d.h. besteht aus unnötig vielen Segmenten. Dieses Kriterium findet keine Anwendung, wenn die Edge ein rein topologisches Element ist.

**Messgröße:** Anzahl der Kurvensegmente eines Teiles oder der gesamten Länge des genutzten (getrimmten) Kurvenbereiches.

**Zusatzinformationen:** Eine unproportional hohe Anzahl an Segmenten innerhalb einer Berandungskurve birgt die Gefahr, dass es zu Mini-Elementen oder zu einer Diskontinuität kommt, erschwert die Durchführung von Änderungen sowie die Ableitung neuer geometrischer Elemente wie „gezogene“ Flächen, die dann aus fragmentierten Patches bestehen.

**Empfehlung:** Korrektur der Kurve durch Approximation innerhalb der gegebenen Genauigkeit und Neuerstellung der begrenzten Fläche (Face) mit der verbesserten Kurve.



**Beispiel:** (unangemessene) Segmentzahl in einer Berandungskurve

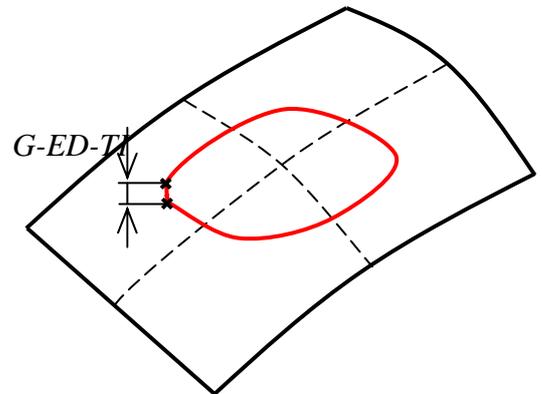
### 3.1.3.5 Tiny edge: G-ED-TI [Mini-Berandungskurve]

**Problembeschreibung:** Die Gesamtausdehnung einer Berandungskurve liegt unterhalb eines vorgegebenen Mindestwerts.

**Messgröße:** Länge der Berandungskurve bzw. des zugehörigen Kurvenstückes.

**Zusatzinformationen:** Berandungskurven, die unterhalb einer bestimmten Ausdehnung liegen, können beim Datenaustausch (in ein System geringerer Genauigkeit) zu ungültigen Elementen führen. Dadurch kann die Definition von begrenzten Flächen und darüber hinaus die korrekten Topologie-Informationen verloren gehen, so dass nur die unbegrenzten Flächen übertragen werden.

**Empfehlung:** Für eine neue begrenzte Fläche die Randkurve mit angrenzenden Randkurven zusammenfassen, oder Mini-Randkurve löschen/vergrößern und die anschließenden Elemente entsprechend korrigieren.



**Beispiel:** Mini-Berandungskurve

### 3.1.4 Berandungskurvenzug (Edge loop)

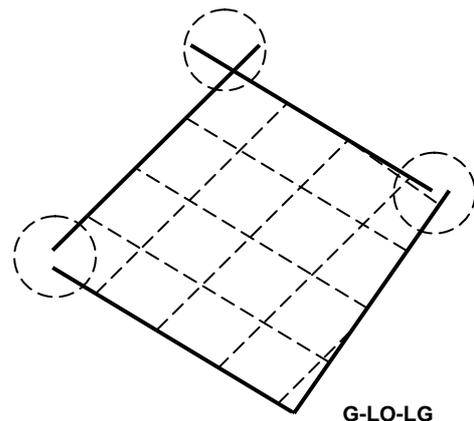
Ein Berandungskurvenzug (in einigen CAD-Systemen *domain* genannt) ist die geschlossene Menge von aneinandergefügten Berandungskurven, die zur Definition einer begrenzten Fläche (Face) auf die zu Grunde liegende Trägerfläche projiziert wird. Ein Berandungskurvenzug muss verschiedene Qualitätskriterien erfüllen, die eng an die Qualitätskriterien für Berandungskurven angelehnt sind.

#### 3.1.4.1 Large edge gap (G0 discontinuity): G-LO-LG [Lageunstetigkeit]

**Problembeschreibung:** Ein großer Abstand bzw. eine Überlappung von benachbarten Berandungskurven bilden eine Lageunstetigkeit.

**Messgröße:** Abstand im Raum der Endpunkte zweier Berandungskurven am gemeinsamen Eckpunkt.

**Zusatzinformationen:** Bei der Lageunstetigkeit von Berandungskurven führen die Lücken bzw. die überlappenden Berandungskurven zu Problemen bei der Definition der begrenzten Fläche, die zu deren Verlust beim Datenaustausch, d.h. zur Übertragung nur der unbegrenzten Fläche führen kann.



Beispiel: Lageunstetigkeit

**Empfehlung:** Neubegrenzung der Berandungskurven-Enden aneinander innerhalb der Genauigkeit für identische Punkte. Dabei ist die Neubegrenzung der bestehenden Kurven dem Einfügen eines kleinen Kurvenstückes vorzuziehen, da dabei die Gefahr einer ungewollten Schlinge besteht.

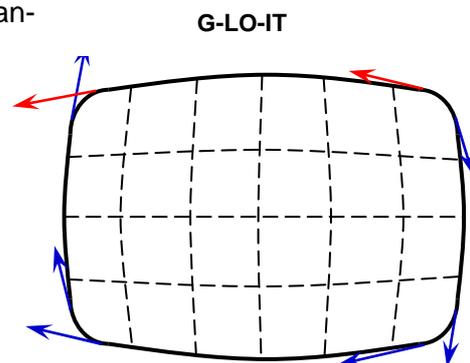
#### 3.1.4.2 Inconsistent edge in loop: G- LO- IT [inkonsistente Orientierung im Berandungskurvenzug]

**Problembeschreibung:** Die Parameterrichtung einer Berandungskurve innerhalb des Kurvenzuges widerspricht der Orientierung der zugehörigen anderen Berandungskurven.

**Messgröße:** Konsistenz der Richtung einer Berandungskurve zu den anderen.

**Zusatzinformationen:** Nicht gleichgerichtete Berandungskurven können nach dem Datenaustausch in einigen Systemen zu Selbstdurchdringungen und Face-Degeneration führen.

**Empfehlung:** Bei Bedarf Korrektur der ungewünschten Kurvenrichtung und Neuerzeugung der entsprechenden begrenzten Fläche(n).



Beispiel: inkonsistente Orientierung im Berandungskurvenzug

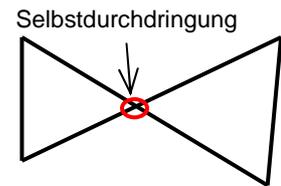
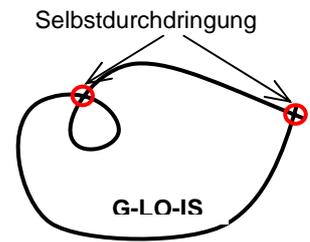
### 3.1.4.3 Self- intersecting loop: G-LO-IS [Selbstdurchdringung im Berandungskurvenzug]

**Problembeschreibung:** Der Berandungskurvenzug weist an einem oder mehreren Punkten, die nicht zwei Berandungskurven-Endpunkte sind, einen Schnittpunkt mit sich selbst auf. Bei Unterschreitung eines Grenzwertes gilt dabei auch eine Annäherung bzw. Berührung (Ausnahme: Anfangs-/Endpunkte) als Selbstdurchdringung<sup>2</sup>.

**Messgröße:** Die Existenz eines Schnittpunktes oder Berührungspunktes mit sich selbst im Rahmen einer spezifizierten Genauigkeit.

**Zusatzinformationen:** Die korrekte Definition einer begrenzten Fläche wird gefährdet, wenn ein Berandungskurvenzug eine Selbstdurchdringung aufweist. Als Selbstdurchdringung wird auch der Fall angesehen, bei dem ein Berandungskurvenzug sich selbst so nahe kommt, dass ein vorgegebener Genauigkeitswert (z.B. der Wert für identische Elemente) unterschritten wird (Tol. > Abstand > 0)<sup>2</sup>.

**Empfehlung:** Siehe Empfehlung zur Selbstdurchdringung einer Kurve (G-CU-IS).



**Beispiel:** Selbstdurchdringung im Berandungskurvenzug

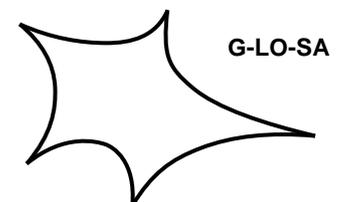
### 3.1.4.4 Sharp edge angle: G-LO-SA [spitzer Winkel zwischen Berandungskurven]

**Problembeschreibung:** Der Winkel zwischen aneinander grenzenden Elementen eines Berandungskurvenzuges liegt unterhalb eines vorgegebenen Wertes. Dies kann ein absichtliches Konstruktionsmerkmal sein, um einen spitzen Winkel einer Trägerfläche zu vermeiden, der dort für die korrekte Flächendefinition noch problematischer sein kann.

**Messgröße:** Der Winkel zwischen den Tangentenvektoren am gemeinsamen Eckpunkt.

**Zusatzinformationen:** Ein spitzer Winkel wird nicht zusätzlich als Fall unbeabsichtigter Annäherung (siehe G-LO-IS) angesehen.

**Empfehlung:** Eine Korrektur, d.h. eine Winkelveränderung ist nicht durchzuführen, wenn die Konstruktion den spitzen Winkel erfordert.



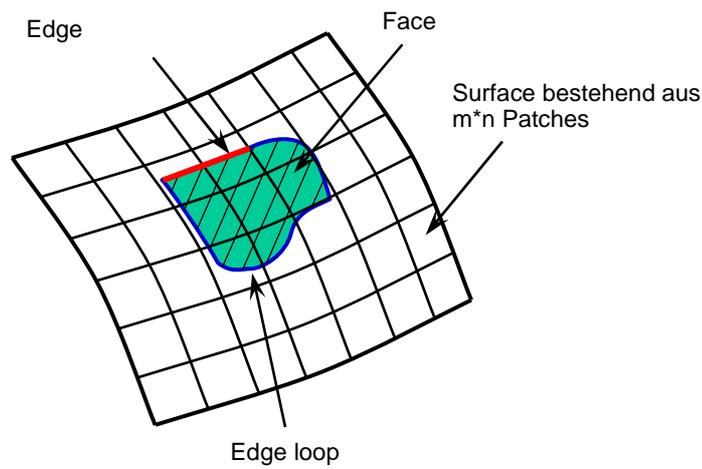
**Beispiel:** spitzer Winkel zwischen Berandungskurven

<sup>2</sup> An dieser Stelle wurde der Originaltext von der VDA-AG Datenqualität korrigiert, präzisiert oder erweitert.

### 3.1.5 Begrenzte Fläche (Bounded/ Trimmed Surface, Face)

Trägerflächen (Surfaces) werden benutzt, um mit Hilfe von Berandungskurven begrenzte Flächen zu definieren. Begrenzte Flächen, auch „bounded Surface“ oder einfach „Face“ genannt, beschreiben die geometrische Oberfläche eines Objektes, ggf. inklusive Löcher, Einschnitte, o.ä. auf der zugrunde liegenden Trägerfläche mit der darauf projizierten, (beliebig komplexen) Berandungskurve. Die Berandungskurve soll hier als geschlossener Kurvenzug verstanden werden.

Diese Assoziativität zwischen Trägerflächen und begrenzten Flächen führt dazu, dass viele Qualitätskriterien grundsätzlich für beide gelten und hier nicht erneut aufgezählt werden (Polynomgrad, Krümmung, innere Stetigkeiten) oder sinngemäß auf die begrenzten Flächen angewendet werden müssen (Minielemente, identische Elemente). Zusätzlich gelten besondere Kriterien für die Berandungskurven der begrenzten Flächen.



**Beispiel:** Trägerfläche mit einer begrenzten Fläche

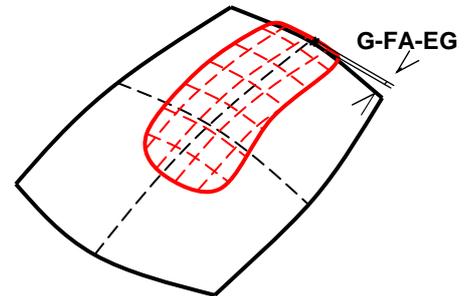
### 3.1.5.1 Large edge face gap: G-FA-EG [großer Abstand von Berandungskurve und Trägerfläche]

**Problembeschreibung:** Der Abstand zwischen einer Berandungskurve und einer zugehörigen Trägerfläche liegt über einem vorgegebenen Wert.

**Messgröße:** Maximaler Abstand zwischen jedem Punkt der Berandungskurve und dem zugehörigen Punkt auf der Trägerfläche.

**Zusatzinformationen:** Berandungskurven mit zu großem Abstand zur Trägerfläche ( normal oder seitlich ) verhindern die korrekte Definition der begrenzten Fläche. Sie erfordern in Systemen oder Umgebungen größerer Genauigkeit die erneute Projektion auf die Trägerfläche.

**Empfehlung:** Berandungskurven immer im Toleranzbereich identischer Elemente als Schnittkurven oder Projektionen bilden; evtl. entsprechend neu erzeugen.

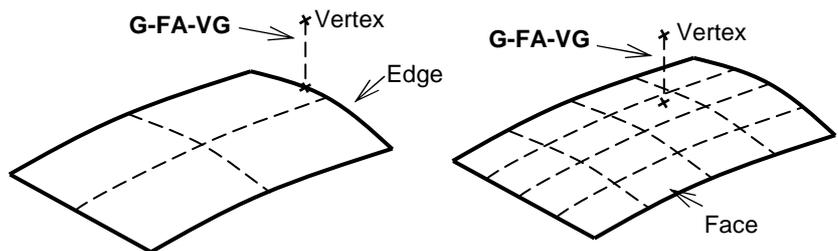


**Beispiel:** Abstand von Berandungskurve und Trägerfläche

### 3.1.5.2 Large vertex gap: G-FA-VG [großer Abstand von Eckpunkt und Berandungskurve oder Trägerfläche]

**Problembeschreibung:** Der Abstand zwischen einem Eckpunkt und einer zugehörigen Berandungskurve oder Trägerfläche liegt über einem vorgegebenen Wert.

**Messgröße:** Maximaler Abstand zwischen dem Punkt dem zugehörigen Punkt der Berandungskurve oder dem zugehörigen Eckpunkt der begrenzten Fläche.



**Beispiel:** Abstand von Eckpunkt und Berandungskurve bzw. Eckpunkt und Trägerfläche

**Zusatzinformationen:** B-Rep-Solids bestehen aus den topologischen Elementen Vertex (Eckpunkt), Edge (Berandungskurve) und Face (begrenzte Fläche), denen die geometrischen Elemente Punkt, Kurve und begrenzte Fläche zugeordnet sind.

Der zu einem Vertex gehörende Punkt muss innerhalb einer festgelegten Toleranz auf der Kurve, die zur entsprechenden Edge gehört, liegen. Überschreitet der Abstand zwischen Punkt und Kurve diesen Wert, ist der Solid fehlerhaft.

**Empfehlung:** Wenn möglich, Projektion des Punktes auf die Kurve bzw. begrenzte Fläche, sonst Neuerzeugung.

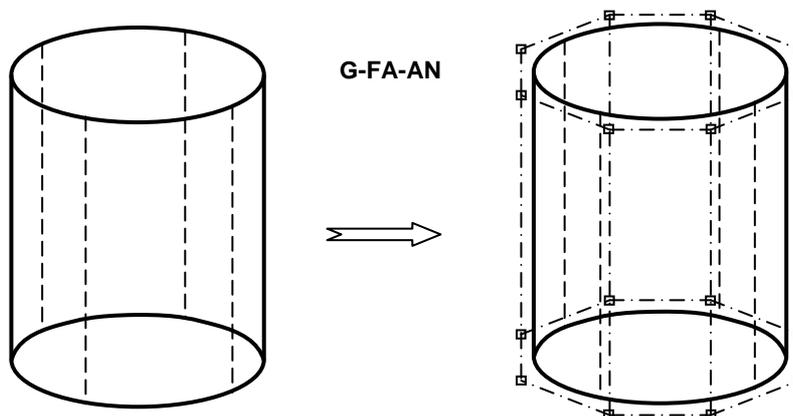
### 3.1.5.3 Analytical Face: G-FA-AN [Analytische begrenzte Fläche]

**Problembeschreibung:** Einige analytische begrenzte Flächen können nicht in NURBS übersetzt und deshalb nicht in NURBS- basierten Zielsystemen verwendet werden. Weil einige Systeme nur NURBS- Geometrien verarbeiten, können begrenzte Flächen, die nicht durch NURBS approximiert werden können, zu diesen Systemen nicht übertragen werden.

**Messgröße:** Prüfung, ob die begrenzte Fläche analytisch ist oder nicht.

**Zusatzinformationen:** Wenn eine analytische begrenzte Fläche in NURBS- Darstellung übersetzt wird, sind Anfangs- und Endberandung definiert, aber diese Berandungen sind möglicherweise verschieden von der Berandung der Face. Das System erzeugt eventuell Fehler bei der Bestimmung der Berandung der begrenzten Fläche. Während des gesamten Konstruktionsprozesses ist es wichtig, begrenzte Flächen von Solids ableiten zu können. Sie bildet in folgenden Entwicklungsschritten oft Original- oder Hilfsgeometrie. Bei der Approximation durch systemeigene Funktionen kann es vorkommen, dass diese Approximation bei manchen Flächen erfolglos abgebrochen wird. Ein solcher Abbruch ist ein deutlicher Hinweis auf Probleme bei der Flächendefinition und damit beim Datenaustausch<sup>2</sup>.

**Empfehlung:** Alle begrenzten Flächen sollten in NURBS- Darstellung übersetzbar sein.



Beispiel: Analytische begrenzte Fläche

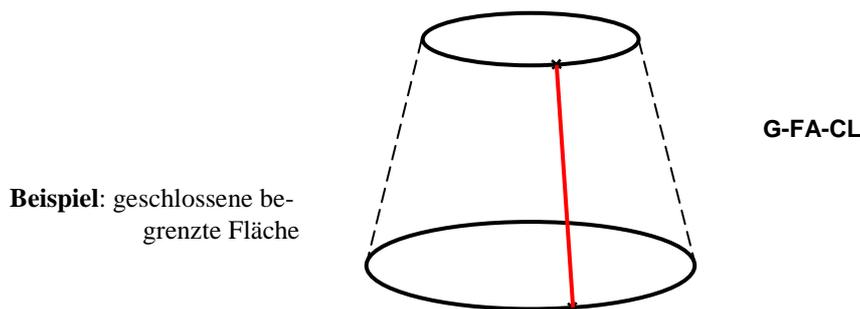
<sup>2</sup> An dieser Stelle wurde der Originaltext von der VDA-AG Datenqualität korrigiert, präzisiert oder erweitert.

### 3.1.5.4 Closed face: G-FA-CL [geschlossene begrenzte Fläche]

**Problembeschreibung:** Gegenüber liegende Berandungskurven einer begrenzten Fläche liegen aufeinander.

**Messgröße:** Prüfung, ob die Face topologisch, aber nicht geometrisch, „offen“ oder „geschlossen“ ist.

**Zusatzinformationen:** In einigen CAD-Systemen werden solche Elemente standardmäßig erzeugt, wenn z.B. Kegel oder Zylinder erzeugt werden. In anderen Systemen werden diese Elemente vermieden (z.B. durch die Erzeugung von zwei Halbelementen). Dadurch können beim Datenaustausch zu diesen Systemen Probleme auftreten.



**Empfehlung:** Unterteilen Sie geschlossene begrenzte Flächen, wenn nötig, in Halbelemente.

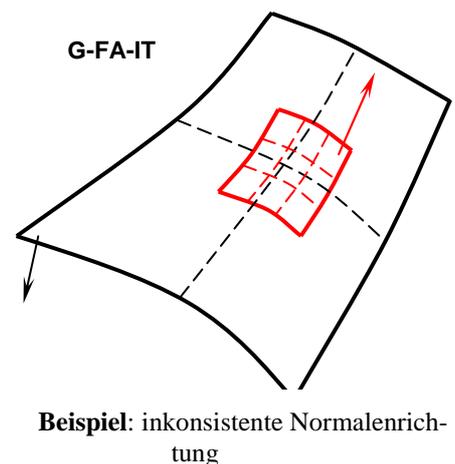
### 3.1.5.5 Inconsistent face on surface: G-FA-IT [Inkonsistente Normalenrichtung von Face und Surface]

**Problembeschreibung:** Die Ausrichtung der Flächennormalen einer begrenzten Fläche widerspricht der der zugehörigen Trägerfläche.

**Messgröße:** Konsistenz der Normalen von begrenzter Fläche und Trägerfläche.

**Zusatzinformationen:** In einigen CAD-Systemen hat eine begrenzte Fläche keine eigene Normalausrichtung, sie hat stattdessen die gleiche Normalausrichtung wie die zu Grunde liegende Trägerfläche, so dass die Normalenrichtung automatisch konsistent ist<sup>2</sup>.

**Empfehlung:** Erneuern der begrenzten Fläche in der Weise, daß die Normalen gleichgerichtet sind.



<sup>2</sup> An dieser Stelle wurde der Originaltext von der VDA-AG Datenqualität korrigiert, präzisiert oder erweitert.

### 3.1.5.6 Intersecting loops: G-FA-IS [Durchdringung oder Berührung von Berandungskurven]

**Problembeschreibung:** Zwei Berandungskurvenzüge, die zur gleichen begrenzten Fläche gehören, berühren oder schneiden sich.

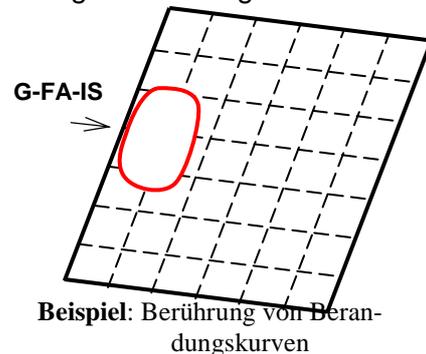
**Messgröße:** Die Existenz von Schnitt- oder Berührungspunkten zweier Berandungskurvenzüge einer Face im Rahmen der gegebenen Genauigkeit.

**Zusatzinformationen:** Durchdringung oder Berührung von Berandungskurven, in der Form von Unterschreitung eines minimalen Abstands, kann beim Wechsel der Toleranzumgebung zu ungültigen Flächen (Verlust der Flächendefinition) führen und zum Verlust der Geschlossenheit einer Topologie.

Dieses Kriterium umfasst die Durchdringung/Berührung von äußeren mit äußeren, äußeren mit inneren und inneren mit inneren Berandungskurven.

Der benutzte Genauigkeitswert zur Festlegung der Berührung sollte dem des Kriteriums G-LO-IS entsprechen.

**Empfehlung:** Abstand der Berandungskurven vergrößern, Schleifen entfernen, evtl. die Fläche teilen oder Berandungskurven zusammenfassen.



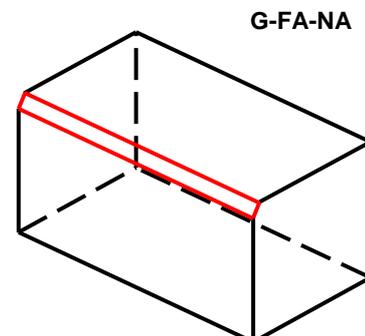
### 3.1.5.7 Narrow face: G-FA-NA [schmale begrenzte Fläche]

**Problembeschreibung:** Eine begrenzte Fläche ist durchgängig in **einer** Richtung zu schmal.

**Messgröße:** Maximale Ausdehnung in der „schmalen“ Richtung.

**Zusatzinformationen:** Flächen, die eine bestimmte Ausdehnung unterschreiten, können bei bestimmten geometrischen Operationen (z.B. Skalierung, Offsetbildung), beim Datenaustausch (in ein System geringerer Genauigkeit) oder bei der Weiterverarbeitung (NC) zu ungültigen Elementen und damit Lücken führen. Die Überarbeitung dieser Elemente bedeutet einen erheblichen Mehraufwand. Diese Elemente entstehen oft ungewollt durch Verrunden.

**Empfehlung:** Minimale begrenzte Flächen löschen oder vergrößern und die benachbarten Elemente entsprechend anpassen.

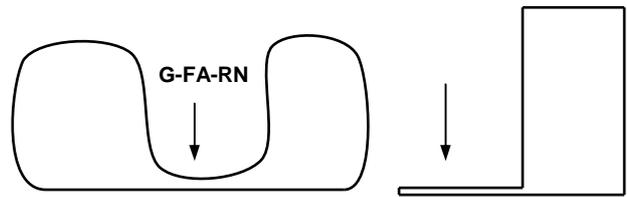


**Beispiel:** schmale begrenzte Fläche

### 3.1.5.8 Narrow region: G-FA-RN [schmaler Bereich in einer Face]

**Problembeschreibung:** Ein Bereich einer begrenzten Fläche ist zu schmal in Bezug auf einen vorgegebenen Wert.

**Messgröße:** Breite (Abstand) zwischen den beiden nächstliegenden Punkten eines Berandungskurvenzuges oder zwischen zwei Berandungskurvenzügen unter Berücksichtigung der Länge des schmalen Bereiches.



**Beispiel:** schmale Bereiche bei begrenzten Flächen

**Zusatzinformationen:** Bei diesem Kriterium G-FA-RN handelt es sich (im Gegensatz zu G-FA-IS und G-LO-IS) nicht um eine Verletzung der Gültigkeit der Flächendefinition, sondern um eine (für Folgeprozesse) unrealistische Konstruktion. Aus diesem Grund kann hier der Toleranzwert größer als bei G-FA-IS und G-LO-IS gewählt werden.<sup>2</sup>

**Empfehlung:** Splitten der begrenzten Fläche unter Beibehaltung der benötigten Bereiche und Löschen des schmalen Bereiches. Stellen Sie die Einhaltung der Kontinuitätskriterien für den neuen Berandungskurvenzug sicher.

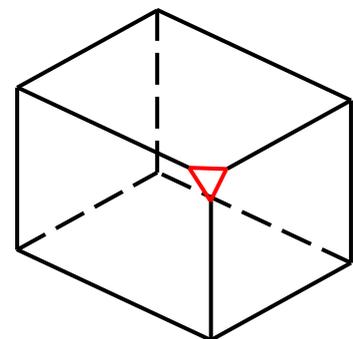
### 3.1.5.9 Tiny face: G-FA-TI [Minimale begrenzte Fläche]

**Problembeschreibung:** Die Gesamtausdehnung einer begrenzten Fläche ist zu klein.

**Messgröße:** Flächeninhalt der Mini-Fläche in Bezug zu einem vorgegebenen Minimalwert.

**Zusatzinformationen:** Flächen, die eine bestimmte Ausdehnung unterschreiten, können bei bestimmten geometrischen Operationen (z.B. Skalierung, Offsetbildung), beim Datenaustausch (in ein System geringerer Genauigkeit) oder bei der Weiterverarbeitung (NC) zu ungültigen, degenerierten Elementen und damit Lücken führen. Die Überarbeitung dieser Elemente bedeutet einen erheblichen Mehraufwand. Diese Elemente entstehen oft ungewollt durch Verrunden.

**Empfehlung:** Minimale begrenzte Flächen löschen oder vergrößern und die benachbarten Elemente entsprechend anpassen.



**Beispiel:** minimale begrenzte Fläche

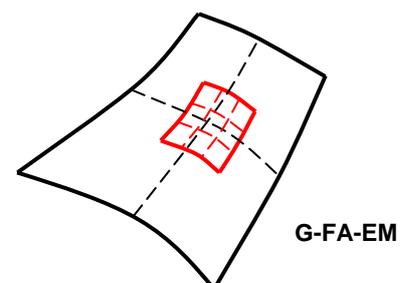
### 3.1.5.10 Embedded faces: G-FA-EM [(teilweise) identische begrenzte Flächen]

**Problembeschreibung:** Eine Menge begrenzter Flächen, bei denen eine die andere(n) vollständig einschließt bzw. überdeckt.

**Messgröße:** Minimaler Unterschied zwischen zwei begrenzten Flächen hinsichtlich Lage und/oder Ausdehnung.

**Zusatzinformationen:** Siehe auch G-SU-EM

**Empfehlung:** Löschen der überflüssigen Fläche.



**Beispiel:** (teilweise) identische begrenzte Flächen

<sup>2</sup> An dieser Stelle wurde der Originaltext von der VDA-AG Datenqualität korrigiert, präzisiert oder erweitert.

### 3.1.6 Topologie (Shell)

Aneinander grenzende begrenzte Flächen, die zusammen einen abgegrenzten Bereich oder die gesamte Oberfläche eines Objektes beschreiben, werden auch Flächenverbände oder Topologien genannt. Innerhalb einer Topologie gelten besondere Anforderungen an die Qualität der begrenzten Flächen.

Zur Prüfung der Kriterien in diesem Abschnitt wird der topologische Zusammenhang zwischen den Flächenberandungskurven ausgewertet. Falls diese Topologiebeziehungen noch nicht im CAD-Modell vorhanden sind, müssen sie vom Prüfprogramm hergestellt werden. Einzelheiten zum Verfahren der Topologie-Generierung werden hier nicht ausgeführt.

Die gegebenen oder neu berechneten Topologiebeziehungen enthalten die vollständige Nachbarschafts-information über alle Berandungskurven der Flächenelemente. Mit Hilfe dieser Information ("Soll-Beziehung") lassen sich die tatsächlichen geometrischen Eigenschaften ("Ist-Beziehung"), d.h. die Stetigkeit in Lage, Flächennormale und Krümmung, sowie die anderen in diesem Abschnitt zusammengefassten Kriterien, prüfen.<sup>2</sup>

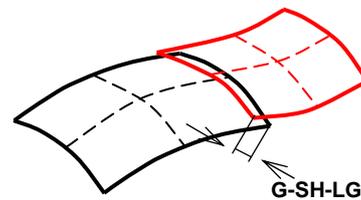
#### 3.1.6.1 Large face gap (G0 discontinuity): G-SH-LG [Lage-Unstetigkeit]

**Problembeschreibung:** Ein großer Abstand zwischen oder Überlappung von benachbarten begrenzten Flächen bilden eine Lage-Unstetigkeit (geometrische Bezeichnung: G<sub>0</sub>-Unstetigkeit).

**Messgröße:** Maximaler Abstand von Punktepaaren beider beteiligter Flächen entlang der gemeinsamen Berandungskurve.

**Zusatzinformationen:** Lagestetigkeit, d.h. „lückenloser“ Übergang von begrenzten Flächen innerhalb einer Topologie ist das wichtigste Qualitätsmerkmal innerhalb des Flächenverbandes. Eine im Rahmen der Toleranz zulässige Unstetigkeit kann beim System- bzw. Toleranzbereichswechsel zum Verlust der Topologie führen oder manche Systeme zur automatischen Korrektur (Healing) veranlassen. Dadurch können ungewollte Veränderungen oder neue (Mini-)Elemente auftreten.

**Empfehlung:** Im Falle von Lücken bei Flächenübergängen sollten die betroffenen Flächen mit einer gemeinsamen Berandungskurve neu erzeugt werden. Dabei müssen ggf. die Randbedingungen für Tangenten- oder Krümmungstetigkeit beachtet werden.



**Beispiel:** Lage-Unstetigkeit

<sup>2</sup> An dieser Stelle wurde der Originaltext von der VDA-AG Datenqualität korrigiert, präzisiert oder erweitert.

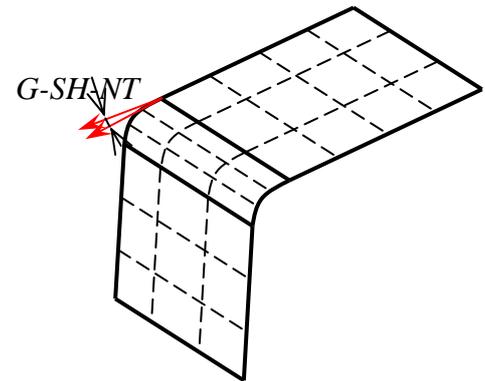
### 3.1.6.2 Non-tangent faces ( $G_1$ discontinuity): G-SH-NT [Tangenten-Unstetigkeit]

**Problembeschreibung:** Eine große Winkeldifferenz im Übergang benachbarter begrenzter Flächen bildet eine Tangenten-Unstetigkeit (geometrische Bezeichnung:  $G_1$ -Unstetigkeit).

**Messgröße:** Maximale Winkeldifferenz in Punktepaaren beider beteiligter Flächen entlang der gemeinsamen Berandungskurve.

**Zusatzinformationen:** Die Tangenten-Stetigkeit ist wichtig für das Styling, die Fräsbarkeit oder die Werkzeugherstellung.

**Empfehlung:** Die betroffenen Flächen sollten mit den korrekten Tangentialbedingungen neu erzeugt werden.



Beispiel: Tangenten-Unstetigkeit

### 3.1.6.3 Non-smooth faces ( $G_2$ discontinuity): G-SH-NS [Krümmungs-Unstetigkeit]

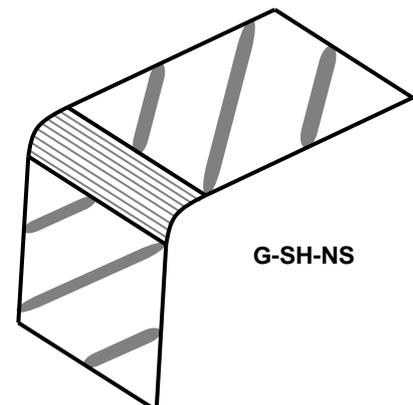
**Problembeschreibung:** Ein großer Wechsel der Krümmung im Übergang benachbarter begrenzter Flächen bildet eine Krümmungs-Unstetigkeit (geometrische Bezeichnung:  $G_2$ -Unstetigkeit).

**Messgröße:** Die Krümmungsstetigkeit in einem gemeinsamen Berührungspunkt zweier begrenzter Flächen (bei gegebener Lage- und Tangentenstetigkeit) bedeutet:

Die Mittelpunkte der Krümmungsradien liegen auf der gleichen Seite der Flächen,

Der Quotient aus der absoluten Differenz der Krümmungsradien und dem Mittelwert der beiden Radien liegt unter einem vorgegebenen Grenzwert<sup>2</sup>:

$$G - SH - NS = \frac{2|r_1 - r_2|}{|r_1| + |r_2|}$$



Beispiel: Krümmungs-unstetige Flächen

**Zusatzinformationen:** Die Krümmungs-Stetigkeit ist wichtig für das Hochgeschwindigkeitsfräsen und das Styling von sichtbaren Flächen.

**Empfehlung:** Die betroffenen Flächen sollten mit den korrekten Krümmungsbedingungen neu erzeugt werden.

<sup>2</sup> An dieser Stelle wurde der Originaltext von der VDA-AG Datenqualität korrigiert, präzisiert oder erweitert.

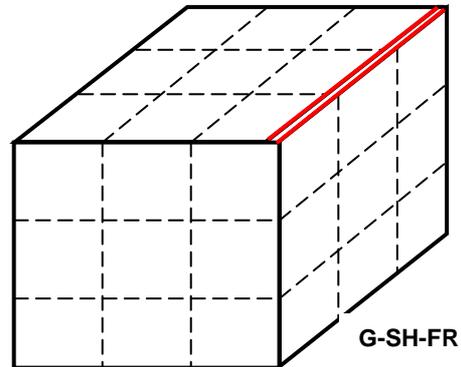
### 3.1.6.4 Free Edge: G-SH-FR [Freie Berandungskurve]

**Problembeschreibung:** Eine „freie“ Berandungskurve wird innerhalb der Topologie von nur einer begrenzten Fläche genutzt.

**Messgröße:** Anzahl der begrenzten Flächen, die ein und die-selbe Berandungskurve nutzen.

**Zusatzinformationen:** Wenn in einer Topologie ungewollte „freie“ Berandungskurven vorkommen, kann das zu Problemen z.B. bei Begrenzungsoperationen führen. Manche „freie“ Berandungskurven sind aber auch gewollt bzw. notwendig, z.B. Außen-Berandungskurven oder Innen- Berandungskurven von Löchern und Aussparungen von offenen Topologien.

**Empfehlung:** Neubildung der Topologie mit Vermeidung freier Berandungskurven.



**Beispiel:** freie Berandungskurve

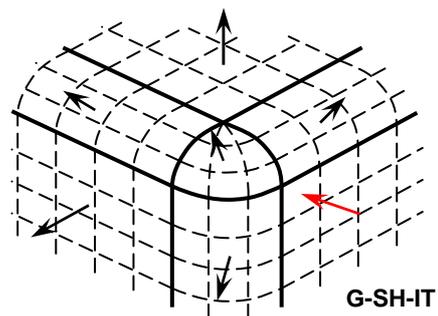
### 3.1.6.5 Inconsistent face in shell: G-SH-IT [Inkonsistente Orientierung]

**Problembeschreibung:** Benachbarte begrenzte Flächen haben entgegengesetzte Normalen entlang der gemeinsamen Berandungskurve.

**Messgröße:** Normalenrichtung zweier begrenzter Flächen entlang der gemeinsamen Berandungskurve.

**Zusatzinformationen:** Die einheitliche Ausrichtung der Flächennormalen innerhalb einer Topologie ist z.B. zur Festlegung der Bearbeitungsrichtung beim Fräsen, zur schattierten Darstellung sowie bei der Feststellung der Entformbarkeit oder zur Definition der Antastrichtung beim Messen erforderlich.

**Empfehlung:** Evtl. „Umkehrung“ einzelner Flächennormalen, so dass alle Flächennormalen topologisch einheitlich orientiert sind, z.B. „vom Material weg“ zeigen.



**Beispiel:** inkonsistente Orientierung in einer Topologie

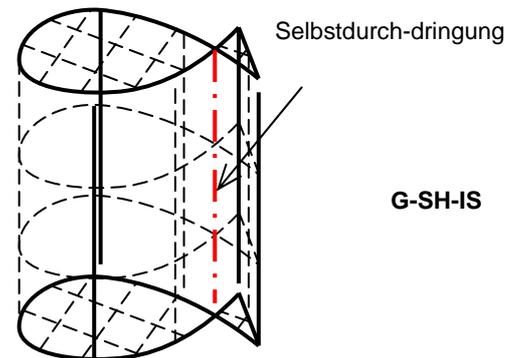
### 3.1.6.6 Self- intersecting shell: G-SH-IS [Selbstdurchdringung einer Topologie]

**Problembeschreibung:** Eine Topologie durchdringt sich selbst.

**Messgröße:** Durchdringung oder Berührung der Flächen einer Topologie an anderer Stelle als an den Berandungskurven der begrenzten Flächen im Rahmen einer vorgegebenen Genauigkeit. Bei Unterschreitung eines Grenzwertes gilt dabei auch eine Annäherung bzw. Berührung (Ausnahme: Anfangs-/Endpunkte) als Selbstdurchdringung<sup>2</sup>.

**Zusatzinformationen:** Eine Selbstdurchdringung oder Selbstberührung einer Topologie ist in jedem Fall ungewollt, da sie nicht herstellbar ist. Eine solche Selbstdurchdringung kann z.B. entstehen durch Extrusion einer Kurve entlang einer Kurve mit kleinem Radius [siehe auch Kriterium G-SU-IS].

**Empfehlung:** Prüfen des Konstruktionszieles vor der Beseitigung.



**Beispiel:** Selbstdurchdringung einer Topologie

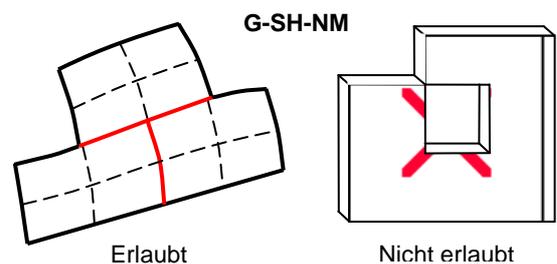
### 3.1.6.7 Over-used edge: G-SH-NM [Über-belegte Berandungskurve]

**Problembeschreibung:** Eine Berandungskurve wird von mehr als zwei Flächen genutzt. Im Bereich der Solid-Konstruktion ist dieses Problem unter dem Begriff „Non- manifold solid brep“ bekannt.

**Messgröße:** Anzahl der begrenzten Flächen, die ein und die selbe Berandungskurve nutzen.

**Zusatzinformationen:** Für die topologische Eindeutigkeit einer Oberfläche ist es wichtig, dass jeder innere Flächenrand eine eindeutige Nachbarfläche haben muss, d.h. höchstens einen Nachbarrand haben darf und damit frei von Verzweigungen ist. Es ist aber zulässig, dass ein Flächenrand an mehrere benachbarte Flächenränder in Folge angrenzt (T- förmiger Anschluss).

**Empfehlung:** Entfernung oder Erneuerung der betroffenen Flächen.



**Beispiel:** Über-belegte Berandungskurve

<sup>2</sup> An dieser Stelle wurde der Originaltext von der VDA-AG Datenqualität korrigiert, präzisiert oder erweitert.

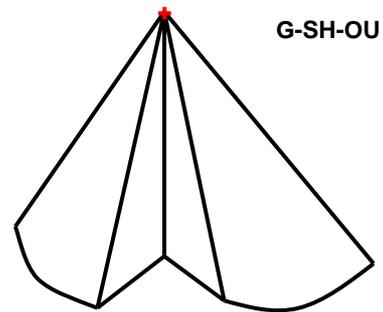
### 3.1.6.8 Over-used vertex: G-SH-OU [Über-belegter Eckpunkt]

**Problembeschreibung:** Ein Eckpunkt wird von zu vielen Berandungskurven genutzt.

**Messgröße:** Anzahl der Berandungskurven, die ein und den selben Eckpunkt nutzen

**Zusatzinformationen:** Dieses Kriterium ist mehr als Warnung denn als richtiger Fehler zu betrachten. Diese Situation ist häufig akzeptabel, jedoch kann ein Wert von mehr als vier Berandungskurven, die einen Eckpunkt nutzen, Indikator für eine problematische Überbelegung sein.

**Empfehlung:** Prüfen des Konstruktionszieles.



**Beispiel:** Über-belegter Eckpunkt

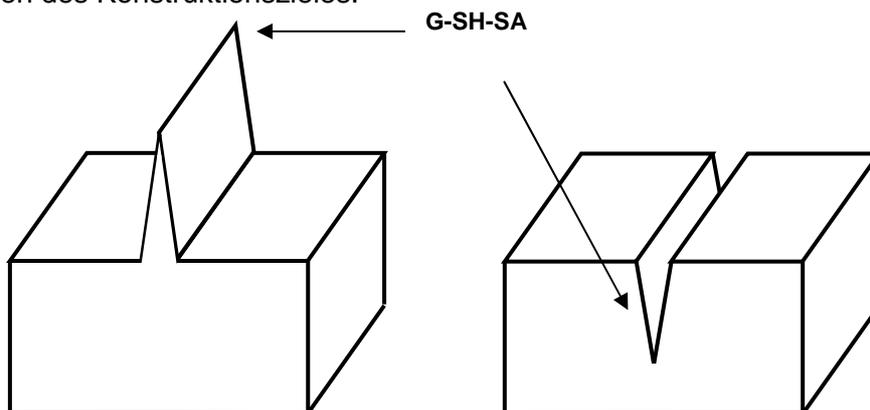
### 3.1.6.9 Sharp face angle: G-SH-SA [Messerkante]

**Problembeschreibung:** Eine Messerkante wird durch einen extremen Winkel zwischen benachbarten begrenzten Flächen gebildet.

**Messgröße:** Winkel<sup>2</sup> in Punktepaaren beider beteiligter Flächen entlang der gemeinsamen Berandungskurve.

**Zusatzinformationen:** Wenn der Winkel der Tangentialebenen zwischen benachbarten begrenzten Flächen an der gemeinsamen Kante zu extrem ist, entstehen scharfe Kanten oder Einschnitte. Solche Bereiche sind nicht realistisch und können nicht gefertigt werden. Sie entstehen z.B. durch Subtraktion eines Zylinders von einem Würfel.

**Empfehlung:** Prüfen des Konstruktionszieles.



**Beispiel:** Messerkante

<sup>2</sup> An dieser Stelle wurde der Originaltext von der VDA-AG Datenqualität korrigiert, präzisiert oder erweitert.

### 3.1.7 Volumenkörper (Solid)

Eine oder mehr geschlossene Topologien, die ein Volumen einschließen, bilden einen Volumenkörper, Solid genannt. In den meisten CAD-Systemen sind Solids der bevorzugte Geometrietyp bzw. die bevorzugte Methode zur Bauteilbeschreibung. Ein Solid kann als vollständige Beschreibungsform eines Produktes angesehen werden, da sämtliche, das Innere eines Körpers ausmachende Punkte, im Solid definiert sind. Jeder Punkt eines Solid-Konstruktionsraumes kann als „innerhalb“, „außerhalb“ oder „auf der Oberfläche liegend“ klassifiziert werden.

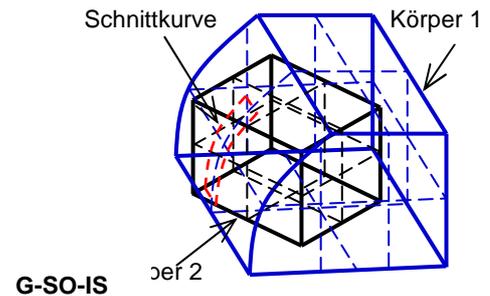
#### 3.1.7.1 Intersecting shells: G-SO-IS [Durchdringung von Topologien]

**Problembeschreibung:** Zwei Topologien eines Solids durchdringen oder berühren sich an anderer Stelle als an den Berandungskurven der begrenzten Flächen.

**Messgröße:** Schnittpunkt(e) von begrenzten Flächen verschiedener Topologien an anderer Stelle als an den Berandungskurven.

**Zusatzinformationen:** Eine Selbstdurchdringung von Topologien entsteht z.B. dann, wenn eine Konstruktion an einen dünnwandigen Körper angesetzt wird.

**Empfehlung:** Prüfen des Konstruktionszieles um Selbstdurchdringungen zu eliminieren.<sup>2</sup>



**Beispiel:** Selbstdurchdringung von Topologien

#### 3.1.7.2 Multi-volume solid: G-SO-MU [Solid mit verschiedenen Bereichen]

**Problembeschreibung:** Ein Solid besteht aus mehr als einem abgeschlossenen Körper.

**Messgröße:** Anzahl der abgeschlossenen Körper, die zu einem Solid gehören.

**Zusatzinformationen:** In einigen CAD-Systemen darf ein Solid aus mehreren abgeschlossenen Körpern bestehen, die sich nicht einmal berühren müssen. Diese sog. „Multi-Body-Solids“ oder „Multi-Volume-Solids“ können nicht von allen Systemen verarbeitet und sollten deshalb vermieden werden.

**Empfehlung:** Jeder einzelne betroffene Körper sollte in einen eigenständigen Solid umgewandelt werden, z.B. in dem die Operation zur Zusammenführung weggelassen oder zurückgenommen wird. Anschließend wird ein Körper pro Solid vorhanden sein. Das gleiche Ergebnis ergibt der Austausch via STEP-Format.

<sup>2</sup> An dieser Stelle wurde der Originaltext von der VDA-AG Datenqualität korrigiert, präzisiert oder erweitert.

### 3.1.7.3 Embedded solids: G-SO-EM [eingeschlossene Körper]

**Problembeschreibung:** Körperpaar, bei dem der eine den anderen Körper vollständig beinhaltet (ohne daß eine Subtraktion des kleineren vom großen stattfindet).

**Messgröße:** Anzahl der in einem anderen enthaltenen Körper.

**Zusatzinformationen:** Redundante Körper erhöhen unnötig die Komplexität des Modells können zu Fehlinterpretation führen.

**Empfehlung:** Entfernung der nicht benötigten Körper.

### 3.1.7.4 Tiny solid: G-SO-TI [Mini-Solid]

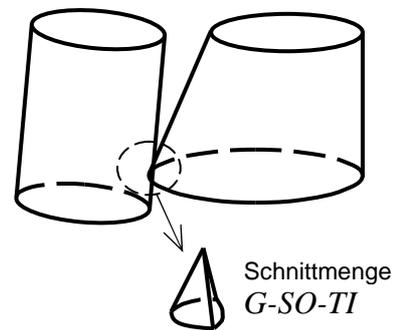
**Problembeschreibung:** Die Gesamtausdehnung eines Solid ist unterhalb eines vorgegebenen Wertes.

**Messgröße:** Volumen des Solid.

**Zusatzinformationen:** Solids, welche in zwei Raumrichtungen eine bestimmte Ausdehnung unterschreiten, sollen vermieden werden. Abhängig von der Schnittstelle und den systeminternen Genauigkeitsparametern können diese Elemente beim Datenaustausch Probleme bereiten oder verloren gehen. Oft entstehen diese Elemente auch ungewollt während der Modellierung (z.B. Schnittmenge zweier Solids, die sich nur wenig durchdringen) und sind nicht herstellbar.

**Empfehlung:** Diese Fehlerquelle wird am einfachsten z.B. durch Verschiebung oder Vergrößerung der beteiligten Elemente beseitigt.

Ggf. werden Minielemente ersatzlos entfernt oder durch Vergrößern benachbarter Elemente überflüssig gemacht und dann entfernt.



**Beispiel:** Mini-Solid

### 3.1.7.5 Solid void: G-SO-VO [unerwünschter Hohlraum]

**Problembeschreibung:** Unerwünschter Hohlraum in einem Solid.

**Messgröße:** Existenz eines Hohlraumes (Anzahl der inneren, geschlossenen Topologien).

**Zusatzinformationen:** Ein Solid sollte keine ungewollten Hohlräume enthalten. Hohlräume entstehen oft unbeabsichtigt bei der Modellierung, machen den Solid unnötig komplex und erhöhen die Datenmenge. Auch beabsichtigte Hohlräume sind evtl. für den Empfänger irrelevant (für z.B. Bauraumuntersuchung).

**Empfehlung:** Solids kritisch überprüfen, ob ungewollte Hohlräume vorhanden sind, ggf. entfernen.

## 3.2 Beschreibung der nicht - geometrischen Qualitätskriterien

Dieses Kapitel enthält die Qualitätskriterien bezogen auf die nicht geometrischen Eigenschaften eines CAD-Modells, auch bekannt als „organisatorische Kriterien“, einschließlich der Kriterien für die Modellstruktur.

Die Modellstruktur ist eine wesentliche Voraussetzung für die Klarheit und Brauchbarkeit eines 3D CAD-Datenmodells. Sie ermöglicht zudem die sichere und schnelle Reduzierung der Modellinhalte auf einen praktikablen Austauschumfang.

Eine Modellstruktur sollte die folgenden Merkmale aufweisen:

- Sie muss erkennbar, verständlich und dem CAD Datenmodell fest zugeordnet sein.
- Sie sollte in der Lage sein, zwischen der Hilfsgeometrie und der eigentlichen Produktgeometrie (d.h. Draht-, Flächen-, Solidgeometrie) zu unterscheiden.
- Sie sollte in der Lage sein, zwischen rechts-/linksseitigen und nicht seitenbezogenen Teilen zu unterscheiden.
- Sie sollte in der Lage sein, logische Beziehungen wie z.B. Funktionen, Zusammenbauten oder ähnliches darzustellen.
- Sie sollte in der Lage sein, zwischen veränderbaren und nicht veränderbaren Inhalten zu unterscheiden.
- Sie muss entsprechend den Regeln zur Dokumentation der Datenqualität erstellt und beim Austausch der Daten verwendet werden

### 3.2.1 CAD- Modell

#### 3.2.1.1 Non-standard CAD version : O-CM-CV [Nicht standardmäßige CAD-Version ]

**Problembeschreibung:** Die Version des CAD-Systems, die zur Speicherung des CAD-Teils verwendet wurde, ist nicht mit der aktuellen CAD-Systemversion (zu alt oder zu neu) kompatibel. Fehler können auftreten, wie z.B. die Unmöglichkeit Teile zu öffnen, zu ändern oder zu konvertieren.

**Messgröße:** Prüfung der Version des CAD-Systems, in der das Teil zuletzt gespeichert wurde, entsprechend Unternehmensstandard.

**Zusatzinformationen:** Wenn ein unter einer inkompatiblen (zu alten oder zu neuen) Version eines CAD-Systems erstelltes Teil in der aktuellen Version gespeichert wird, kann es zu Datenverlusten oder zu ungültiger Wiederherstellung kommen. Der allgemeine Begriff „Version“ wird verwendet zur Bezeichnung eines aktualisierten oder geänderten Softwarestandes , z.B. Version (Ver), Release (Rel), Revision (Rev) und Service Pack (SP).

Die „Standard CAD-Version“ sowie die Daten ihrer Änderung sollten zwischen Partnerunternehmen vereinbart und so früh wie möglich bekannt gegeben werden.

**Empfehlung:** Speichern der Teile entsprechend dem Unternehmensstandard.

#### 3.2.1.2 Wrong CAD startup environment : O-CM-SE [Falsche CAD-Umgebung beim Start]

**Problembeschreibung:** In den meisten CAD-Systemen gibt es bestimmte globale Parameter, z.B. Definitionen von Muster- und Wiederholelementen, welche die Eigenschaften für alle unter dieser Umgebung erzeugten Teile bestimmen. Wurde ein Teil unter einer falschen Umgebung erstellt, die nicht zum Unternehmensstandard gehört, kann dies zum Informationsverlust (z.B. anderes Muster) im Empfangssystem führen.

**Messgröße:** Prüfung, ob die Startumgebung dem Unternehmensstandard entspricht.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Verwenden Sie die Startumgebung entsprechend dem Unternehmensstandard.

### 3.2.1.3 Non standard accuracy parameter: O-CM-AP [Nicht standardmäßiger Genauigkeitsparameter]

**Problembeschreibung:** Der Genauigkeitsparameter hängt direkt mit der mathematischen Genauigkeit und Darstellung des Teils zusammen, d.h. Toleranz für identische Kurven, Durchdringung, Projektion usw. Sowohl Flächen als auch Topologien können für weitere Bearbeitung des Teils inkonsistent werden, wenn der Originalwert des Genauigkeitsparameters nicht dem Unternehmensstandard entspricht.

**Messgröße:** Prüfung, ob der Genauigkeitsparameter dem Unternehmensstandard entspricht.

**Zusatzinformationen:** In den meisten CAD-Systemen beeinflussen die Genauigkeitsparameter die geometrischen Toleranzen der Elemente. Die gebräuchlichsten Genauigkeitsparameter sind folgende:

- Genauigkeitsparameter für große Lücken: Der maximal zulässige Abstand (Lücke) zwischen benachbarten Elementen, wenn eine messbare Lücke vorhanden ist.
- Nicht tangentielle Stetigkeit: Der maximal zulässige Winkel zwischen benachbarten Kurven, Kanten, Flächen oder Seiten, die glatt verbunden sein sollen, aber einen messbaren Tangentenwinkel haben.
- Genauigkeitsparameter für Mini-Elemente: Die kleinste tolerierbare Länge, unterhalb derer ein Element als Mini-Element gilt.

**Empfehlung:** Verwendung der Genauigkeitsparameter entsprechend dem Unternehmensstandard.

### 3.2.1.4 Hybrid model: O-CM-HY [Hybrides Modell]

**Problembeschreibung:** Das Modell enthält eine Mischung von geometrischen Elementtypen und Darstellungen: Solids, offene Shells, begrenzte Flächen, Berandungskurvenzüge, Kanten, Flächen, Kurven und Punkte.

**Messgröße:** Prüfung, ob alle Elementtypen einer niedrigeren Stufe Ableitungen von solchen höherer Stufe sind (z.B. Kurven sind tatsächlich abgeleitet aus einer Berandung begrenzter Flächen).

**Zusatzinformationen:** Siehe Abschnitt 1.4 für weitere Informationen zu relativen Bedeutung der verschiedenen Arten von Datentypen, die in einem Hybridmodell vorkommen können.

**Empfehlung:** Das Modell hinsichtlich redundanter, überflüssiger Elemente bereinigen. Wenn bewährte Geschäftspraktiken diesem Kriterium widersprechen, ist es wichtig, besondere Richtlinien den Produktdaten beizufügen (z.B. die Bemaßungen in der Zeichnung haben Vorrang vor der 3D-Geometrie).

### 3.2.1.5 Multi-solid model: O-CM-MU [Modell mit mehreren Solids]

**Problembeschreibung:** Das Modell enthält mehr als einen Solid.

**Messgröße:** Anzahl der Solids im Modell.

**Zusatzinformationen:** Ein Modell oder Part wird hier definiert als ein CAD-File auf Betriebssystemebene. Einige CAD/CAM-Systeme können nicht mehrere Solids in einem Part handhaben,

sondern erwarten jeweils einen Solid pro Part. Dies kann beim Datenaustausch zu Problemen führen, falls man z.B. komplette Baugruppen übertragen möchte.

**Empfehlung:** Die einzelnen Solids sind jeweils in einem separaten Part abzuspeichern. Baugruppen werden als Zusammenfassung einzelner Parts übertragen.

### 3.2.1.6 Special character used in CAD model name: O-CM-SC [Sonderzeichen im Namen des CAD-Modells]

**Problembeschreibung:** In den Teilennamen können Sonderzeichen verwendet werden. Die Verwendung von Sonderzeichen kann jedoch Probleme bereiten beim Datenaustausch zwischen CAD-Systemen.

**Messgröße:** Suche nach Sonderzeichen im Namen des CAD-Modells.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Verwenden Sie nur die Zeichen A-Z, 0-9 und \_. Verwenden Sie keine nationalen Sonderzeichen, Umlaute oder Sonderzeichen wie \$, %, &, ## ...

### 3.2.1.7 Non-standard item name : O-CM-IN [Nicht standardmäßiger Objektname]

**Problembeschreibung:** Objekt ist die allgemeine Bezeichnung für ein Element oder eine Gruppe von Elementen im CAD-Anwendungsbereich. Elemente können Teile, Zusammenbauten, Zeichnungen, etc. sein.

Im Anwendungsbereich PDQ ist der am häufigsten verwendete Objektname der CAD-Modellname. Die meisten Unternehmen, insbesondere OEMs, haben in ihren CAD-Richtlinien genau vorgegebene Namenskonventionen, um die Qualität der Informationen und ihre (automatische) Verwendbarkeit in Anwendungen und Prozessen beim Empfänger sicherzustellen. Die Nichteinhaltung dieser Konventionen kann zu einer Unterbrechung der automatisierten Prozesse führen.

**Messgröße:** Prüfung, ob der Objektname dem Unternehmensstandard entspricht und ob Namenskonventionen in den CAD-Spezifikationen aufgeführt sind.

**Zusatzinformationen:** Die Einhaltung der Namenskonventionen aus den CAD-Spezifikationen ist eine Voraussetzung für den reibungslosen Datenfluss. Außerdem muss der Objektname die Firmenstandards und Kundenvereinbarungen erfüllen.

Beispielsweise ist zu prüfen, ob ein Objektname aus kleinen alphanumerischen Zeichen sowie „\_“ und „-“, besteht, eine Länge von 63 Byte nicht überschreitet und außerdem den entsprechenden Namensregeln entspricht, etwa bei der Formatspezifikation: „Teilenummer des Produkts (3 Byte) + Teilename (8 Byte) + User- ID (8 Byte) + Kontrollnummer (6 Byte)“.

**Empfehlung:** Falschen Objektnamen durch einen Namen konform zum Unternehmensstandard ersetzen.

### 3.2.1.8 Non-standard physical file name : O-CM-PN [Nicht standardmäßiger physischer Filename]

**Problembeschreibung:** Falls der physische Dateiname nicht korrekt ist, können die Daten nicht geladen werden, und eine Fehlermeldung wird ausgegeben.

**Messgröße:** Prüfung, ob der physische Dateiname den in den CAD-Spezifikationen definierten Namenskonventionen und den mit den Kunden vereinbarten Unternehmensstandards entspricht.

**Zusatzinformationen:** Die Einhaltung der Namenskonvention aus den CAD-Spezifikationen ist Voraussetzung für den reibungslosen Datenfluss. Außerdem muss der physische Dateiname den

gegebenenfalls mit Kunden vereinbarten Unternehmensstandards entsprechen. Es ist beispielsweise erforderlich zu prüfen, ob der physische Dateiname aus kleinen alphanumerischen Zeichen sowie „\_“ und „-“, besteht, eine Länge von 63 Byte nicht überschreitet außerdem den gültigen Namenskonventionen entspricht, etwa der Formatspezifikation: „Teilenummer des Produkts (3 Byte) + Teilename (8 Byte) + User- ID (8 Byte) + Kontrollnummer (6 Byte)“.

**Empfehlung:** Ersetzen Sie den falschen physischen Dateinamen konform zum Unternehmensstandard.

### **3.2.1.9 Too large physical file size: O-CM-FS [Zu großes physisches File]**

**Problembeschreibung:** Die Größe (z.B. in Kilobyte) eines Modells (Teils) überschreitet eine gegebene Grenze. Solche zu großen Modelle können Probleme verursachen bei der Übertragung und bei der Bearbeitung im Empfangssystem (Plattenplatzprobleme ) oder beim Öffnen (Speicher zu klein).

**Messgröße:** Wert(e) der Größe (z.B. in Kilobyte) des physischen Files.

**Zusatzinformationen:** Die Modellgröße hat einen direkten Einfluss auf die Verarbeitungsgeschwindigkeit.

In manchen CAD-Systemen gibt es mehr als einen Parameter zur Einstellung der Dateigröße.

**Empfehlung:** Nicht notwendige Elemente löschen, Elemente mit großem Platzbedarf ersetzen oder approximieren, das Modell gegebenenfalls aufteilen.

### **3.2.1.10 Non-standard item property: O-CM-IP [Eigenschaften des Modells nicht gemäß Standard]**

**Problembeschreibung:** Manche Systeme verwenden Attribute oder Parameter auf der Teileebene. Sie enthalten typischer Weise organisatorische Informationen und werden zur Automatisierung von PDM- und CAE- Prozessen verwendet. Fehlende Teileattribute oder falsche Werte können automatische Prozesse behindern.

**Messgröße:** Prüfung, ob alle erforderlichen Eigenschaften des Teils vorhanden sind und zulässige Werte haben.

**Zusatzinformationen:** Teilespezifische Information hat selten direkten Einfluss auf die Modellbearbeitung, kann aber jedoch wesentliche Parameter enthalten für Anwendungen im Kontext, z.B. für das automatische Design und Speichern in ein PDM- System, sowie für die Ausführung von speziellen Anwendungen. Daher sind die Formulierung von Regeln und deren Einhaltung wichtig. Einige CAD-Systeme stellen keine Funktionen bereit, um solche Informationen zu bearbeiten. Stattdessen kann ein Unternehmen festlegen, dass bestimmte Texte verwendet werden, um die teilespezifischen Informationen zu definieren.

**Empfehlung:** Sicherstellen, dass die teilespezifischen Information und ihr Wert den Unternehmensstandards entsprechen.

### **3.2.1.11 Item data consistency incorrect: O-CM-IC [Fehlerhafte Datenkonsistenz eines Modells]**

**Problembeschreibung:** Beim Erstellen eines Teils kann das CAD-System interne Inkonsistenzen erzeugen. Diese Inkonsistenzen können Probleme über die gesamte Lebensdauer des Teils verursachen (Änderungen, Datenaustausch, Aktualisierung).

**Messgröße:** Prüfung, ob die systemspezifische interne Konsistenzprüfung ausgeführt und das Ergebnis fehlerfrei ist.

**Zusatzinformationen:** Die meisten CAD-Systeme besitzen eine interne Funktion zum Aufspüren von kritischen Inkonsistenzen im Modell.

**Empfehlung:** Sicherstellen, dass das Teil erst gespeichert wird, wenn die interne Konsistenz geprüft und fehlerfrei ist.

### **3.2.1.12 Non-standard reference set: O-CM-RS [Nicht standardmäßige Referenzsets]**

**Problembeschreibung:** Ein Referenzset dient der Strukturierung der Elemente in einem Teil. Bei Verwendung von nicht standardmäßigen Referenzsets kann es zu Fehlern kommen bei der Konstruktion, Analyse und Fertigung.

**Messgröße:** Prüfung, ob der aktuelle Referenzset konform ist zum der unternehmensspezifischen Referenzset.

**Zusatzinformationen:** Ein Referenzset ist Teil eines Modells und kann über eine Baugruppe referenziert werden.

Ein Referenzset wird verwendet, um Hilfsgraphiken in einer Baugruppe oder referenzspezifische Darstellungen (z.B. Facetten) auszublenden. Ein standardisierter Referenzset erleichtert die Erstellung von Baugruppen. Der Verlust eines Referenzsets führt zu Irrtümern, was eine erneute Fertigung erfordern kann. Ein Referenzset, der ein vereinfachtes Teil enthält, kann Zeit sparen beim Laden großer Baugruppen.

**Empfehlung:** Verwendung eines Referenzsets gemäß Firmenstandard.

### **3.2.1.13 Encapsulated entities used: O-CM-EE [Verwendung von geschachtelten Elementen]**

**Problembeschreibung:** Beim Datenaustausch werden geschachtelte Elemente möglicherweise nicht korrekt übertragen.

**Messgröße:** Prüfung, ob das Teil geschachtelte Elemente enthält.

**Zusatzinformationen:** Geschachtelte Elemente können eingesetzt werden, um eine Gestalt oder Standardelemente (Schrauben, Lager, elektrische Verbindungen, ...) zum Zwecke der mehrfachen Verwendung zu definieren.

**Empfehlung:** Keine geschachtelten Elemente verwenden, oder sie durch die originalen Elemente gemäß Firmenstandard ersetzen.

### **3.2.1.14 Unused encapsulated entities present : O-CM-UP [Existenz von nicht verwendeten geschachtelten Elementen]**

**Problembeschreibung:** Ein geschachteltes Element ist definiert, aber nicht im CAD-Modell referenziert. Es ist deshalb nutzlos.

**Messgröße:** Prüfung, ob im Modell ungenutzte geschachtelte Elemente vorkommen.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Löschung ungenutzter geschachtelter Elemente.

### **3.2.1.15 Identical encapsulated entity: O-CM-IE [Identische geschachtelte Elemente]**

**Problembeschreibung:** In manchen CAD-Systemen ist es möglich, dass geschachtelte Elemente mit verwandten Namen vorkommen (z.B. NAMEX zu \$NAMEX oder NAMEX zu NAMEX(2)). Diese

ähnlichen Namen weisen gewöhnlich auf die Existenz verschiedener geschachtelter Elemente mit gleichem Inhalt hin, bzw. ähnlichem Inhalt bei kleinen Unterschieden. Diese Situation führt zur Verwirrung, ob ein solches geschachteltes Element gültig oder überflüssig ist.

**Messgröße:** Prüfung, ob das Modell identische geschachtelte Elemente enthält.

**Zusatzinformationen:** Identische geschachtelte Elemente können sich ergeben beim Mischen von zwei Modellen oder Kopieren von Elementen von einem zum anderen.

**Empfehlung:** Im Modell dürfen keine identischen geschachtelten Elemente existieren.

### **3.2.1.16 Empty encapsulated entities present: O-CM-EP** **[Existenz von leeren geschachtelten Elementen]**

**Problembeschreibung:** Ein leeres geschachteltes Element enthält gar kein Element, könnte jedoch im CAD-Modell referenziert sein. Es ist ohne Wert.

**Messgröße:** Prüfung, ob im Modell leere geschachtelte Elemente vorkommen.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Löschung der leeren geschachtelten Elemente.

### **3.2.1.17 External item reference : O-CM-EI** **[Referenz auf externes Element]**

**Problembeschreibung:** Die meisten CAD-Systeme können geometrische Formen von außen in das aktuelle Modell laden mit Hilfe geometrischer Referenzen, nicht durch Duplizierung. Dies gestattet es, eine große Datenmenge im aktuellen Modell zu speichern; es erfordert aber die Verfügbarkeit jener Referenzen, z.B. im PDM-System oder in entsprechenden Verzeichnissen und Teilnamen. Externe Referenzen können nach der Datenübertragung Probleme verursachen, wie z.B. unbekannte Links oder nicht eindeutige Pfade.

**Messgröße:** Prüfung, ob im Modell externe Referenzen verwendet werden.

**Zusatzinformationen:** Die Verwendung externer Referenzen innerhalb einer Unternehmensorganisation ist hilfreich, da vorhandene Geometrie gemeinsam genutzt werden kann. Diese Links benötigen aber besondere Aufmerksamkeit beim Entfernen, Löschen, Unbenennen oder beim Datenaustausch von Elementen.

**Empfehlung:** Wenn vereinbart wurde, externe Referenzen zu verwenden, muss die Übertragung der Referenzelemente beim Datenaustausch sichergestellt sein. Andernfalls sollten keine externen Referenzen verwendet bzw. sie durch die Original-Geometrie ersetzt werden.

### **3.2.1.18 Inconsistent item reference : O-CM-IR** **[Inkonsistente Referenz]**

**Problembeschreibung:** Mit Blick auf das Kriterium 3.2.1.17 ist die Sicherstellung der Konsistenz der externen Referenzen des Modells von grundlegender Bedeutung.

**Messgröße:** Prüfung, ob die externen Referenzen des Modells konsistent sind, d.h. dass jede Referenz aufgelöst werden kann.

**Zusatzinformationen:** Siehe Kriterium 3.2.1.17.

**Empfehlung:** Alle externen Referenzen des Modells müssen aufgelöst werden können.

### **3.2.1.19 Non-standard simplified part : O-CM-SP [Vereinfachtes Modell nicht gemäß Standard]**

**Problembeschreibung:** In manchen Prozessschritten werden vereinfachte Modelle (d.h. solche mit vereinfachter Produktgestalt) verwendet (z.B. für DMU, Visualisierung, etc.). Vereinfachte Modelle mit Parametern (z.B. Approximationsgenauigkeit) nicht gemäß Unternehmensstandards können zu Verwechslungen oder fehlerhaften Messergebnissen und Fehlern beim Transfer solcher Teile führen.

**Messgröße:** Prüfung, ob eine vereinfachtes Modell innerhalb des Teils existiert und ob seine Parameter dem Unternehmensstandard entsprechen.

**Zusatzinformationen:** Ein vereinfachtes Modell kann verwendet werden, um Geometrie auszutauschen, ohne dass das entsprechende Konstruktions- Know-How, z.B. die Parametrik, mitgeliefert wird.

**Empfehlung:** Die Parameter für das vereinfachte Modell (z.B. Approximationsgenauigkeit) müssen dem Unternehmensstandard entsprechen.

### **3.2.1.20 Element outside bounding box : O-CM-OB [Element außerhalb des umhüllenden Quaders]**

**Problembeschreibung:** Manchmal werden Elemente außerhalb des umhüllenden Quaders erzeugt, bedingt durch Handhabungsfehler oder Approximationsfehler etc. Dies kann zu Problemen beim Datenaustausch oder bei Batch- Anwendungen (z.B. Berechnung von Massemerkmalen und Ausdehnung) führen.

**Messgröße:** Prüfung auf Existenz von Elementen außerhalb des umhüllenden Quaders.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Elemente außerhalb des umhüllenden Quaders nicht verwenden oder löschen.

## **3.2.2 Gruppe / Layer**

### **3.2.2.1 Group used: O-GL-GU [Verwendung von Gruppen]**

**Problembeschreibung:** Wenn gruppierte Daten in ein CAD-System geladen werden, das eine Gruppierfunktion nicht unterstützt, kann der Prozess der Datensortierung Zusatzaufwand erfordern oder einen Fehler bei der Bestimmung der Form oder Struktur verursachen.

**Messgröße:** Prüfung, ob eine Gruppierfunktion verwendet wird.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Falls zwischen den betroffenen Partnern vereinbart, soll diese Funktion verwendet werden.

### **3.2.2.2 Number of groups exceeded: O-GL-IG [Anzahl der Gruppen überschritten]**

**Problembeschreibung:** Gruppen werden verwendet, um die geometrischen Elemente im Teil zu organisieren. Übliche Operationen, wie Visualisieren, Ausblenden, Verschieben oder Kopieren sind mit solchen Gruppen viel einfacher vorzunehmen als mit einzelnen Elementen.

Werden gruppierte Daten in eine Anwendung (z.B. CAE- Preprozessor) geladen, der dieses gruppierte Element nicht lesen kann, kann dies entweder zu einem Informationsverlust oder zu zusätzlichem Aufwand für die Erzeugung einer neuen Struktur führen.

Bei einigen CAD-Anwendungen (z.B. Kinematik) sind Gruppen eine Grundvoraussetzung. Das Löschen solcher Gruppen könnte für diese Anwendungen zum Verlust von wichtigen Informationen führen.

**Messgröße:** Prüfung der Anzahl der Gruppen.

**Zusatzinformationen:** Eine große Anzahl von Gruppen kann die Bearbeitung des Teils verlangsamen.

**Empfehlung:** Verwendung der Gruppen mit einer Anzahl gemäß Unternehmensstandard.

### **3.2.2.3 The same element registered with more than one group: O-GL-IG [Dasselbe Element kommt in mehr als einer Gruppe vor]**

**Problembeschreibung:** Falls ein Element in mehr als einer Gruppe vorkommt, kann es Probleme geben bei der Selektion der Elemente und der Netzerstellung. Es kann auch zu doppelten Elementen bei der Datenkonvertierung zwischen verschiedenen CAD-Systemen führen.

**Messgröße:** Prüfung, ob das gleiche Element in mehr als einer Gruppe vorkommt.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Dasselbe Element darf nicht in mehr als einer Gruppe vorkommen.

### **3.2.2.4 Non-standard grouping of elements : O-GL-IE [Elementegruppierung nicht gemäß Standard]**

**Problembeschreibung:** Manche Unternehmen empfehlen die standardisierte Organisation von speziellen geometrischen Elementen in definierten Gruppen. Eine nicht standardkonforme Gruppe enthält nicht alle zu erwartenden bzw. mehr als die zu erwartenden Elemente.

Die Übergabe von Teilen mit nicht standardkonformen Gruppen kann zu Verwechslungen und Mehrarbeit führen, um die Datenstruktur zu verstehen und zu korrigieren.

**Messgröße:** Prüfung, ob die Elemente in Gruppen konform zum Unternehmensstandard organisiert sind.

**Zusatzinformationen:** In den meisten Fällen ist das automatische Prüfen dieses Kriteriums unmöglich und benötigt manuellen Check.

**Empfehlung:** Verwendung von Gruppen gemäß Unternehmensstandard.

### **3.2.2.5 Non-standard group name : O-GL-GN [Nicht standardmäßiger Gruppenname]**

**Problembeschreibung:** Die meisten Unternehmen, insbesondere OEMs, haben feste spezifische Namenskonventionen für Gruppen, um die Qualität und die Verwendbarkeit von Informationen sicherzustellen.

**Messgröße:** Prüfung, ob der Gruppenname konform zum Unternehmensstandard ist.

**Zusatzinformationen:** Die Länge des Gruppennamens darf höchstens 31 Zeichen betragen. Diese Empfehlung basiert auf den Gruppennamen-Spezifikationen für die wichtigsten CAD-Systeme.

**Empfehlung:** Verwendung von Gruppennamen konform zum Unternehmensstandard.

### 3.2.2.6 Layer used: O-GL-LY [Verwendung von Layern]

**Problembeschreibung:** Wenn Daten mit Layerstruktur in ein CAD-System geladen werden, das keine Layerfunktion unterstützt, kann der Prozess der Datensortierung Mehraufwand erfordern oder Fehler bei der Erkennung von Formen oder Strukturen verursachen.

**Messgröße:** Prüfung, ob zwei oder mehr Layer verwendet werden.

**Zusatzinformationen:** Da nicht alle CAD-Systeme mit einer Layerfunktion ausgestattet sind, können Probleme im Verlauf der Datenübertragung entstehen. Die Strukturierung nach Layern sollte daher von vornherein zwischen den betroffenen Partnern vereinbart werden.

**Empfehlung:** Falls zwischen den betroffenen Parteien vorher vereinbart, soll diese Funktion verwendet werden.

### 3.2.2.7 Number of layers exceeded : O-GL-NL [Layeranzahl zu groß]

**Problembeschreibung:** Layer werden verwendet zur Organisation der geometrischen Elemente, die ein Teil beschreiben. Übliche Operationen wie Visualisierung, Ausblenden, Verschieben oder Kopieren von Elementen auf Layern sind viel einfacher auszuführen als mit den einzelnen Elementen.

Wenn Daten mit Layerstruktur in eine Anwendung (z.B. CAE- Preprozessor) geladen werden, die keine Layer versteht, kann dies entweder zu einem Verlust von Informationen führen oder zu Mehraufwand wegen der Erzeugung einer neuen Struktur.

**Messgröße:** Prüfung der Anzahl der verwendeten Layer.

**Zusatzinformationen:** Die Anzahl der Layer sollte auf 254 oder weniger beschränkt werden. Diese Empfehlung basiert auf der maximalen Layerzahl in den wichtigsten CAD-Systemen.

**Empfehlung:** Verwendung der Layer in einer Anzahl konform zum Unternehmensstandard.

### 3.2.2.8 Wrong layer distribution of instances : O-GL-WL [Falsche Layerbelegung bei Wiederholteilen]

**Problembeschreibung:** Wiederholteile können ihre eigene Layerbelegung haben. Diese sollte sinnvollerweise nicht in das Teil übernommen werden, um die Verschlechterung der Elementverwaltung zu vermeiden.

**Messgröße:** Prüfung der die Layerbelegung bei Wiederholteilen.

**Zusatzinformationen:** Eine falsche Layerstruktur im Wiederholteil kann, wenn sie in das Teil übertragen wird, dessen Bearbeitung erschweren.

**Empfehlung:** Übertragung eines Wiederholteils in das Teil nur als ein einziges Element.

### 3.2.2.9 Non-standard layer usage : O-GL-LU [Nicht standardmäßige Layerbelegung]

**Problembeschreibung:** Jedes Teil besteht aus verschiedenen Layern, die als transparente Folien aufgefasst werden können, die sich einzeln auf dem Bildschirm darstellen lassen. Jeder Layer hat eine Nummer oder einen Namen. Zur Sicherstellung der Übersichtlichkeit und Handhabung werden seitens der Firmen besondere Standards definiert : Erlaubt sind nur bestimmte Elemente auf bestimmten Layern.

In den meisten Systemen ist jedes Element des Teils einem dieser Layer zugeordnet. Es gibt immer einen aktuellen Layer. Jedes neu erzeugte Element wird automatisch auf den aktuellen Layer gelegt. Der aktuelle Layer wird immer auf dem Bildschirm dargestellt.

**Messgröße:** Prüfung, ob die Elemente auf den richtigen Layern liegen entsprechend den vorher definierten Regeln, und ob keine ungültigen Elemente auf den Layern liegen.

**Zusatzinformationen:** Falls die Layerstruktur nicht korrekt ist, kann dies zu schweren Problemen bei der weiteren Bearbeitung führen. Beispielsweise werden für die Fertigung oder Qualitätskontrolle die falschen Elemente dargestellt oder gezeichnet. Die Layerstruktur wird auch in manchen Datenaustausch-Prozeduren verwendet

Eine eventuell im Wiederholteil benutzte Layerbelegung, die in das Teil übertragen wird, kann dessen Handhabung schwierig machen.

Details enthalten gegebenenfalls Detaildaten von anderen Teilen, und in einem solchen Fall kann deren Layerbelegung verwendet sein. Deshalb muss die Layerbelegung der Detaildaten geprüft werden.

**Empfehlung:** Verwendung der Layerbelegung entsprechend Firmenstandard.

### 3.2.2.10 Non-standard layer name : O-GL-LN [Layername nicht gemäß Standard]

**Problembeschreibung:** Die meisten Firmen, insbesondere OEMs, haben feste, spezifische Namenskonventionen für Layer, um die Qualität und die Brauchbarkeit der Information sicherzustellen. Layer werden gewöhnlich mit Namen oder Nummern bezeichnet. Manche CAD-Systeme akzeptieren Layernamen aus alphabetischen Zeichen, während andere Layernummern nur in einem bestimmten Bereich zulassen. Werte in dem oben empfohlenen Bereich sind jedoch in jedem CAD-System zulässig.

**Messgröße:** Prüfung, ob der Layername dem Firmenstandard entspricht.

**Zusatzinformationen:** Gewöhnlich ist der Layername ein Zahlenwert (z.B. 1 bis 254) aus einem Byte.

**Empfehlung:** Verwendung von Layernamen gemäß Firmenstandard.

### 3.2.2.11 Layer group used : O-GL-GL [Verwendung von Layergruppen]

**Problembeschreibung:** Layergruppen werden verwendet, um die Visualisierung von Layern zu erleichtern. Wenn eine Layergruppe in eine Anwendung (z.B. CAE-Preprozessor) übertragen wird, die dieses Element nicht erkennen kann, könnte dies entweder zu einem Informationsverlust oder zu Mehraufwand für die Erzeugung einer neuen Struktur führen.

**Messgröße:** Prüfung, ob Layergruppen verwendet werden.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Verwendung von Layergruppen entsprechend dem Firmenstandard.

### 3.2.2.12 Empty layer group : O-GL-EL [Leere Layergruppe]

**Problembeschreibung:** Eine leere Layergruppe enthält keinen Layer mit Geometrie. Sie bringt keinen Zusatznutzen.

**Messgröße:** Prüfung, ob in dem Teil leere Layergruppen existieren.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Leere Layergruppen müssen gelöscht werden.

### **3.2.2.13 Non-standard layer group : O-GL-LA [Layergruppe nicht gemäß Standard]**

**Problembeschreibung:** Manche Firmen empfehlen die standardisierte Organisation von spezifischen Layern in definierten Layergruppen. Eine nicht standardisierte Layergruppe ist eine solche, die nicht alle vorgesehenen Layer oder mehr als die vorgesehenen Layer enthält.

Wird ein Teil mit der falschen aktuellen Layergruppe abgespeichert, kann es zu Visualisierungsfehlern führen, wenn es von einem anderen Anwender geöffnet wird. Außerdem bearbeiten bestimmte Konvertierungsprozessoren nur die aktiven Layer und die Layergruppen.

**Messgröße:** Prüfung, ob die Layer in Layergruppen entsprechend dem Firmenstandard organisiert sind.

**Zusatzinformationen:** Layergruppen gestatten es, leicht von einer Produktansicht zu einer anderen umzuschalten.

**Empfehlung:** Verwendung von Layergruppen gemäß Firmenstandard.

## **3.2.3 Koordinatensysteme**

### **3.2.3.1 Local co-ordinate system used : O-CS-LS [Lokales Koordinatensystem verwendet]**

**Problembeschreibung:** Wenn die Schnittstellenfunktion lokale Koordinatensysteme nicht unterstützt, können die Teile in einer Position angeordnet sein, die nicht der Konstruktionsabsicht entspricht. Dies kann zu Fehlern führen.

**Messgröße:** Prüfung, ob im Modellraum des Teils ein lokales Koordinatensystem existiert.

**Zusatzinformationen:** Während die wichtigsten CAD-Systeme die Definition lokaler Koordinatensysteme unterstützen, kann es passieren, dass die Schnittstellenfunktion lokale Koordinatensysteme nicht unterstützt.

**Empfehlung:** Verwendung von lokalen Koordinatensystemen konform zum Firmenstandard.

### **3.2.3.2 Non-reference co-ordinate system active: O-CS-NR [Aktives Koordinatensystem ist nicht das Referenzsystem]**

**Problembeschreibung:** Die Erzeugung einer Geometrie in einem CAD-System erfolgt immer in Bezug auf ein Koordinatensystem. Zur Erleichterung der Datenerzeugung mit spezifischen Parametern für Translation und Rotation ist es möglich, Hilfskoordinatensysteme zusätzlich zum Referenzsystem zu definieren. Wenn eine Bemaßung oder eine ähnliche Operation ausgeführt wird ohne Berücksichtigung, dass ein anderes Koordinatensystem als das Referenzsystem aktiv ist, kann dies zu fehlerhaften Maßangaben oder ungültigen Fertigungsbedingungen führen.

**Messgröße:** Prüfung, ob das Referenz-Koordinatensystem aktiv ist.

**Zusatzinformationen:** Erzeugung und die Analyse von Elementen beziehen sich auf das Koordinatensystem. Das bedeutet, dass Koordinaten und Winkel in Bezug auf das aktive Koordinatensystem berechnet werden.

**Empfehlung:** Das Referenz-Koordinatensystem muss aktiv sein.

### 3.2.3.3 Non-standard co-ordinate system orientation : O-CS-NO [Koordinatensystem- Orientierung nicht gemäß Standard]

**Problembeschreibung:** Eine falsche Orientierung des Koordinatensystems kann zu verschiedenen Problemen in der Prozesskette führen, z.B. beim Datenaustausch das Einlesen gespiegelter Geometrie oder bei der Fertigung (Fräsen) des Teils ein umgedrehtes Ergebnis.

**Messgröße:** Prüfung, ob das Koordinatensystem ein Rechts – oder Linkssystem ist.

**Zusatzinformationen:** Grundsätzlich gibt es im 3D-Raum zwei Typen von Achsensystemen: direkt (Rechtssystem) oder umgedreht (Linkssystem).

Ein umgedrehtes Achsensystem beschreibt das Teil gespiegelt, während die optische Darstellung gleich bleibt. Ein umgedrehtes Koordinatensystem entsteht durch Richtungsänderung einer Achse vom Positiven ins Negative.

**Empfehlung:** Verwendung von Koordinatensystemen konform zum Firmenstandard. Keine Mischung von Rechts- und Linkssystemen.

### 3.2.3.4 Non-standard co-ordinate system name : O-CS-CN [Name des Koordinatensystems nicht gemäß Standard]

**Problembeschreibung:** In einem Teil können gleichzeitig verschiedene Koordinatensysteme existieren. Daher ist die Namensvergabe wichtig, um das Referenz- Koordinatensystem zu identifizieren. Ein falscher Name des Systems würde zu Verwechslungen und Fehlern führen.

**Messgröße:** Prüfung der Namen der Koordinatensysteme entsprechend den Firmenstandards.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Verwendung des im Firmenstandard definierten Namens für das Standard-Koordinatensystem.

### 3.2.3.5 Non-standard unit : O-CS-SU [Maßeinheit nicht gemäß Standard]

**Problembeschreibung:** Die Maßeinheiten des Teils beschreiben das Einheiten- System, das dem Teil zugrunde liegt. Maßeinheiten sind die Grundlage für alle geometrischen und physikalischen Berechnungen. Die Verwendung von nicht standardmäßigen Maßeinheiten kann zu Fehlern führen bei der Auswertung der Form, bei Ausführung von Analysen oder bei der Definition von Fertigungsbedingungen.

**Messgröße:** Prüfung, ob das System der Maßeinheiten des Teils konform zum Firmenstandard ist.

**Zusatzinformationen:** Der gleichzeitige Einsatz verschiedener Systeme von Maßeinheiten (z.B. in Baugruppen) kann einen fatalen Fehler verursachen.

**Empfehlung:** Verwendung der Standard- Maßeinheit wie im Firmenstandard definiert.

### 3.2.3.6 Non- standard scale : O-CS-SS [Maßstab nicht gemäß Standard]

**Problembeschreibung:** Die Verwendung eines nicht standardmäßigen Maßstabs kann zu einem Fehler bei der Bestimmung der Form, bei Ausführung von Analysen oder bei der Definition von Fertigungsbedingungen führen.

**Messgröße:** Prüfung, ob der Maßstab für das Teil entsprechend Firmenstandard gesetzt ist.

**Zusatzinformationen:** Sobald der Maßstab für das Teil geändert wird, kann man nicht mehr feststellen, ob es sich um das Originalteil oder eine später geänderte Version handelt. Daher wird der

Maßstab 1.0 als Standard für das Teil angenommen, außer in Situationen, wo die Multiplikation mit einem prozentualen Schrumpfmaß vorkommt.

**Empfehlung:** Der Standardmaßstab des Teils sollte 1.0 betragen. Falls er verändert werden soll, muss der aktuelle Maßstab dokumentiert werden.

### 3.2.3.7 Transformation stored : O-CS-TS [Transformation im Modell gespeichert]

**Problembeschreibung:** Falls eine Transformationsdefinition im Modell vorkommt, kann ein Konstruktionsfehler auftreten, wenn eine „falsche“ Transformationsdefinition verwendet wird.

**Messgröße:** Prüfung, ob im Teil eine Transformation gespeichert ist.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Löschung aller Transformationen vor dem Datenaustausch.

## 3.2.4 Zusammenbau

### 3.2.4.1 Assembly relationship used : O-AR-AR [Verwendung von Zusammenbauten]

**Problembeschreibung:** Manche CAD-System verwenden die Konstruktionsbeziehung Zusammenbau, d.h. die Zusammenführung (einschließlich Translation und Rotation) von Teilen zu einer Baugruppe. Die Information über diesen Zusammenbau kann beim Datenaustausch verloren gehen, oder das Empfangssystem kann diese Informationen nicht verstehen, so dass ein Empfänger das Produkt nicht wieder zusammensetzen kann.

CAE-Analysen werden in der Regel auf Basis eines einzelnen Modells (Parts) ausgeführt, so dass die Anwesenheit bzw. das Fehlen einer Zusammenbaudarstellung von vornherein festgelegt werden muss.

**Messgröße:** Prüfung, ob eine Zusammenbaudarstellung verwendet wird.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Beachtung der Empfehlung zur Verwendung von Zusammenbauten, wie sie im Firmenstandard definiert ist.

### 3.2.4.2 Undefined assembly constrains : O-AR-UC [Undefinierte Einschränkungen im Zusammenbau]

**Problembeschreibung:** Die Positionierung einer Komponente in einem Zusammenbau besteht in der Unterdrückung ihrer Freiheitsgrade (3 für Translation, 3 für Rotation) durch Verwendung von Einschränkungen bei der Zusammenführung, z.B. in der Ausrichtung. Falls die Einschränkungen nicht definiert wurden, führt das zu dem Problem, dass die richtige Produktform nicht wiedergegeben kann und die korrekten Analysebedingungen nicht gesetzt werden können.

Ein Zusammenbau ohne Einschränkungen kann Berechnungsprobleme in der nachgeschalteten Prozesskette (wie z.B. Kinematik und Simulation) zur Folge haben.

**Messgröße:** Prüfung, ob die Einschränkungen im Zusammenbau die sechs Freiheitsgrade (Translation entlang x-, y- und z-Achse und Rotation um jede Achse) unterdrücken.

**Zusatzinformationen:** Ein Zusammenbau mit zu wenigen Einschränkungen kann während der Gültigkeitsdauer der Daten zu Problemen bei der Berechnung führen, z.B. bei Simulation der Kinematik.

**Empfehlung:** Konstruktion eines vollständig eingeschränkten Zusammenbaus.

### 3.2.5 Solid

#### 3.2.5.1 History not used : O-SO-HN [Entstehungsgeschichte nicht verwendet]

**Problembeschreibung:** Die Verwendung der Entstehungsgeschichte beeinflusst stark den Arbeitsaufwand bei Formänderungen.

Die Ausführung von Formänderungen bei einem Modell, das keine Konstruktionshistorie aufweist, bringt einen enormen Arbeitsaufwand mit sich.

**Messgröße:** Prüfung, ob eine Entstehungsgeschichte verwendet wird.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Verwendung der Entstehungsgeschichte.

#### 3.2.5.2 History not updated : O- SO-HU [Entstehungsgeschichte nicht aktualisiert]

**Problembeschreibung:** Falls die Entstehungsgeschichte unaktualisiert bleibt, könnten nachfolgende Bearbeitungsschritte (wie z.B. Boole'sche Operationen) fehlschlagen.

**Messgröße:** Die Entstehungsgeschichte eines Modells muss nach seiner Veränderung aktualisiert worden sein.

**Zusatzinformationen:** Der Grund, warum die Aktualisierung nicht erfolgt ist, könnte sein, dass der Absender sie nicht durchgeführt hat oder dass sie wegen schwer wiegender Fehler in der Geometrie nicht möglich ist.

Eine Aktualisierung ist erforderlich, wenn:

die Daten aus einer externen Quelle mittels Datentransfer geladen wurden.

das CAD- System während der Modellierung eine Anweisung zur Aktualisierung ausgibt.

**Empfehlung:** Die Entstehungsgeschichte eines Modells muss aktualisiert werden.

#### 3.2.5.3 Missing solid construction history : O-SO-MH [Fehlende Konstruktionshistorie des Solids]

**Problembeschreibung:** Das Solidmodell hat eine unvollständige Konstruktionshistorie - z.B. sind Modellfeatures, Parameter oder Operationen zur Soliddefinition nicht verfügbar.

**Messgröße:** Prüfung, ob die vollständige Entstehungsgeschichte der Konstruktion verfügbar ist (systemspezifisch, z.B. durch Prüfung auf Existenz von importierten oder nicht parametrisierten Features etc).

**Zusatzinformationen:** Häufig ist die Entstehungsgeschichte ("Konstruktionshistorie von Anfang an") erforderlich für die spätere Modifikation am Modell. In anderen Fällen wird die Entstehungsgeschichte absichtlich gelöscht, um das Wissen über Konstruktion und Modellierung zu schützen. In manchen Anwendungen, z.B. bei Bauraumuntersuchungen, wird gar keine Entstehungsgeschichte benötigt.

**Empfehlung:** Die nachträgliche Erzeugung einer "Entstehungsgeschichte von Anfang an" ist oft nicht möglich. Daher sollte man beim ursprünglichen CAD - Modell das Löschen oder den Verlust der Entstehungsgeschichte unbedingt vermeiden.

### 3.2.5.4 Unused solid construction history : O-SO-UH [ keine Verwendung der Solid- Entstehungsgeschichte]

**Problembeschreibung:** Einige Modellierungsfeatures, Parameter oder Operationen sind definiert, leisten aber keinen Beitrag zum Solidmodell (z.B. ein „toter Ast“). Häufig ist dies übermäßig vorhandene Informationen zur Konstruktionshistorie, die nicht zur Unterstützung des Modells benötigt wird.

**Messgröße:** Prüfung, ob die gesamte Konstruktionshistorie im Solid Verwendung findet.

**Zusatzinformationen:** Überschüssige Information erschwert das Verständnis des Modells und kann zu Problemen bei der Aktualisierung (Regenerierung) des Solids führen.

**Empfehlung:** Bereinigung Modells von allen Elementen, die nicht verwendet werden sollen.

## 3.2.6 Formfeatures

### 3.2.6.1 Unresolved feature used : O-FE-UF [Nicht aufgelöste Referenz auf Formfeatures]

**Problembeschreibung:** Formfeatures mit nicht aufgelöster Referenz sind Elemente im Teil, die nicht korrekt verarbeitet werden, meist aufgrund einer Änderung in der zugrunde liegenden Teilgeometrie. Das Problem besteht darin, dass die korrekte Produktgestalt nicht dargestellt werden kann.

**Messgröße:** Prüfung, ob im aktuellen Teil unaufgelöste Referenzen auf Formfeatures existieren.

**Zusatzinformationen:** Gewöhnlich passiert dies bei Verrundungen und Fasen. Nicht aufgelöste Referenzen auf Formfeatures können zu Problemen im weiteren Verlauf der Prozesskette führen, weil sie nicht korrekt definiert worden sind. In vielen Fällen führt dieses Problem zu nicht aktualisierbaren Teilen. In einigen Systemen kann ein Teil jedoch regeneriert werden und immer noch unaufgelöste Referenzen auf Formfeatures enthalten.

**Empfehlung:** Korrektur der Formfeatures mit unaufgelösten Referenzen .

### 3.2.6.2 Inactive feature used: O-FE-IF [Verwendung eines nicht aktiven Formfeatures]

**Problembeschreibung:** Inaktive Features oder Basiselemente sind Elemente innerhalb der Konstruktionshistorie, die vorübergehend nicht an irgendwelchen topologischen Operationen beteiligt sind. Die Existenz von inaktiven Features kann zu Unklarheit über ihre Notwendigkeit und Gültigkeit führen.

**Messgröße:** Prüfung, ob im aktuellen Teil inaktive Features vorkommen.

**Zusatzinformationen:** Inaktive Features können zur Erzeugung von Derivaten (Varianten) verwendet werden, wenn ein Zweig die Variante A und ein anderer die Variante B darstellt. Falls bestimmte Bereiche des Teils nicht aktualisiert werden können, kann man Fehler umgehen durch Deaktivieren des Zweiges, in dem die beschädigte Teilegeometrie enthalten ist, oder des Features selbst.

**Empfehlung:** Vermeidung von inaktiven Features.

### 3.2.7 Elemente

#### 3.2.7.1 Non-standard element name : O-EL-EN [Nicht standardmäßiger Elementname]

**Problembeschreibung:** In manchen CAD-Systemen werden Elemente automatisch mit fortlaufenden Nummern benannt. Lücken in der Namensreihenfolge oder doppelte Namen können den Empfänger verwirren.

**Messgröße:** Prüfung, ob die Elementnamen dem Firmenstandard entsprechen.

**Zusatzinformationen:** Die standardisierte und konsistente Benennung der Elemente, die innerhalb eines Teils verwendet werden, ist für die Bearbeitung der Daten hilfreich. Zu diesem Zweck haben viele Unternehmen Namenskonventionen für bestimmte Elemente des Teils festgelegt.

**Empfehlung:** Änderung der Namen, um sie an den Firmenstandard anzupassen.

#### 3.2.7.2 Unused element present : O-EL-UE [Nicht verwendetes Element vorhanden]

**Problembeschreibung:** Nicht verwendete Elemente, d.h. solche ohne Beitrag zur Produktgestalt, verringern die Klarheit der Beschreibung und können zu Problemen bei der Ausführung von Änderungen führen. Solche Elemente erhöhen die Dateigröße unnötig mit der Folge einer schlechten Leistung des CAD-Systems.

**Messgröße:** Prüfung auf Existenz von nicht verwendeten Elementen, d.h. solchen, die keinen direkten Beitrag zur Produktform haben.

**Zusatzinformationen:**

Beispiele für nicht verwendete Elemente im Anwendungsbereich von Solids sind:

Hilfsgeometrie "ohne Kinder", d.h. Geometrie, die nicht zum Aufbau des Solids benötigt wird.

Ein Körper, der vollständig von einem anderen enthalten ist.

Ein Körper, der außerhalb eines anderen Körpers liegt und anschließend von diesem abgezogen ist.

Nicht verwendete, ausgeblendete Konstruktionsschritte (z.B. "tote Zweige").

**Empfehlung:** Löschung der nicht verwendeten (Hilfs-) Elemente.

#### 3.2.7.3 Prohibited element used : O-EL-PE [Verbotenes Element verwendet]

**Problembeschreibung:** Zur Vermeidung von Problemen bei der Verwendung von "kritischen" Elementen haben die Firmen Listen mit verbotenen Elementen entwickelt, die nicht in einem Modell verwendet werden dürfen. Ein Beispiel für solche Elemente ist ein "altes" Element, das in einer früheren CAD-Version erstellt wurde (z.B. ein Solid aus Facetten). Die weitere Verwendung solcher Elemente kann zu Fehlern bei Bearbeitung oder Datenkonvertierung führen.

**Messgröße:** Prüfung, ob (gemäß Firmenstandard) verbotene Elemente verwendet werden.

**Zusatzinformationen:** Die Firma, die dieses Kriterium fordert, muss eine Liste der verbotenen Elemente bereitstellen.

**Empfehlung:** Vermeidung oder Ersetzung der verbotenen Elemente.

### 3.2.7.4 User- defined element used : O-EL-UD [Verwendung von benutzerdefinierten Elementen]

**Problembeschreibung:** In manchen CAD-Systemen dürfen die Anwender individuelle Elemente erstellen. Solche Elemente sind gewöhnlich außerhalb des erzeugenden CAD-Systems unbekannt, d.h. sie gehen beim Datenaustausch verloren.

**Messgröße:** Prüfung, ob benutzerdefinierte Elemente verwendet werden.

**Zusatzinformationen:** Benutzerdefinierte Elemente können im lokalen Anwendungsfall verwendet werden, sie sollten jedoch vor dem Datenaustausch ersetzt werden durch austauschfähige Standardelemente.

**Empfehlung:** Vermeidung oder Ersetzung von benutzerdefinierten Elementen.

## 3.2.8 Darstellung

### 3.2.8.1 Non-standard colour settings : O-PR-CO [Nicht standardmäßige Farbeinstellungen]

**Problembeschreibung:** Änderung der Farbeinstellungen führt zu einer falschen Visualisierung der Produktgestalt und kann daher beim Anwender zu Verwechslungen führen.

**Messgröße:** Prüfung die Farbeinstellungen entsprechend dem Firmenstandard.

**Zusatzinformationen:** Farben werden gewöhnlich durch RGB- Werte und/oder Farbnummern identifiziert. In den meisten CAD-Systemen ist die Setzung der Standardfarben ein "globaler" Parameter und für ein einzelnes Teil nicht veränderbar.

**Empfehlung:** Verwendung der Farbeinstellungen gemäß Firmenstandard.

### 3.2.8.2 Non-standard element colour : O-PR-EC [Nicht standardmäßige Elementfarbe]

**Problembeschreibung:** Einige Unternehmen verwenden Elementfarben, um ein Teil für die Visualisierung zu strukturieren. Die Nichtbeachtung oder Verletzung der standardmäßigen Elementfarben kann zu Verwechslungen führen.

**Messgröße:** Prüfung die Farbsetzung für Elemente gemäß Firmenstandard.

**Zusatzinformationen:** Die Verwendung von Farben mit CAD-spezifischer Bedeutung, wie z.B. Farben für Hintergrund oder Hervorhebung, kann zu „unsichtbaren“ Elementen führen.

**Empfehlung:** Verwendung der Elementfarben gemäß Firmenstandard.

### 3.2.8.3 Non- standard point marker symbol : O-PR-PT [Nicht standardmäßiges Symbol zur Punktmarkierung]

**Problembeschreibung:** Im Fall eines falschen Symbols zur Punktmarkierung können Punkte unsichtbar und/oder nicht selektierbar sein.

**Messgröße:** Prüfung des Symbols zur Punktmarkierung.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Gemäß Firmenstandard, wie mit den Kunden passend vereinbart.

#### **3.2.8.4 Non-standard line type : O-PR-LT [Nicht standardmäßiger Linientyp]**

**Problembeschreibung:** Falls ein falscher Linientyps verwendet wird, kann die Konstruktionsabsicht falsch interpretiert werden.

**Messgröße:** Prüfung des Linientyps für jede Linie.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Gemäß Firmenstandard, wie mit den Kunden passend vereinbart.

#### **3.2.8.5 Non-standard line width : O-PR-LW [Nicht standardmäßige Strichbreite]**

**Problembeschreibung:** Falls eine falsche Strichstärke verwendet wird, könnte die Konstruktionsabsicht falsch interpretiert werden.

**Messgröße:** Prüfung der Strichstärke für jede Linie.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Gemäß Firmenstandard, wie mit den Kunden passend vereinbart.

#### **3.2.8.6 Non-standard element visibility :O-PR-VE [Nicht standardmäßige Sichtbarkeit der Elemente]**

**Problembeschreibung:** Der Anwender kann die Sichtbarkeit oder Verwendbarkeit von Elementen schalten auf z.B. auf "inaktiv", "unsichtbar" oder "nicht selektierbar" etc. Manche Anwendungen in der Prozesskette registrieren und verwenden nur "selektierbare" und "nicht unsichtbare" Elemente, d.h. sie ignorieren solche Elemente beispielsweise wie oben genannt.

**Messgröße:** Prüfung des Sichtbarkeitsstatus für jedes Element entsprechend Firmenstandard.

**Zusatzinformationen:** "Unsichtbare" Elemente leisten oft keinen Beitrag für die Gestalt, erhöhen die Dateigröße für das Teil und verringern die Leistung des CAD-Systems. Die Sichtbarkeit des Elements umfasst seine Darstellattribute (z.B. im Vordergrund / im Hintergrund, selektierbar / nicht selektierbar).

**Empfehlung:** Verwendung oder Änderung der Sichtbarkeitseinstellungen für die Elemente gemäß Firmenstandard.

#### **3.2.8.7 Non-standard display mode : O-PR-DM [Nicht standardmäßiger Darstellungsmodus]**

**Problembeschreibung:** Ein Teil wird mit im aktuellen Darstellungsmodus gespeichert (z.B. Drahtmodell, Unterdrückung unsichtbarer Linien, schattiert, etc.). Die meisten Firmen haben einen standardisierten Darstellungsmodus für die Speicherung definiert. Ein darstellungsintensiver Modus (schattiert) kann die Leistung des CAD-Systems bei der Bearbeitung des Teils beeinträchtigen.

**Messgröße:** Prüfung, ob der Darstellungsmodus dem Firmenstandard entspricht.

**Zusatzinformationen:** Der Benutzer muss gegebenenfalls den Darstellungsmodus verändern, um die Erkennung der Gestalt zu erleichtern. Der schattierte Modus kann verwendet werden, um manuell schwere Oberflächenfehler aufzudecken, z.B. Lücken oder fehlende Flächenstücke.

**Empfehlung:** Verwendung und Speicherung des Darstellungsmodus gemäß Firmenstandard.

### 3.2.8.8 Element identifier display : O-PR-ED [Anzeige des Elementnamens]

**Problembeschreibung:** In den meisten CAD-Systemen können die Elemente einen Namen haben.. Diese Namen (Identifizierungen) können dauerhaft zusammen mit dem Element sichtbar sein oder nicht. Eine große Zahl von sichtbaren Elementnamen kann die Visualisierung der Form überlagern.

**Messgröße:** Prüfung, ob die Setzung zur Anzeige für jeden Elementnamen dem Firmenstandard entspricht.

**Zusatzinformationen:** Für sehr wenige spezielle Elemente im Teil (z.B. Übergangsgesetze etc.) könnte die Anzeige des Namens nützlich sein. Die Darstellung der Namen kann auch verwendet werden, um beschreibende Informationen weiterzugeben, wie z.B. die Materialstärke.

**Empfehlung:** Verwendung und Speicherung der Elementnamen gemäß Firmenstandard.

### 3.2.8.9 Screen refit not performed : O-PR-SR [Anpassung an Bildschirmgröße nicht durchgeführt]

**Problembeschreibung:** Bei der Bearbeitung eines Teils ändert sich der Zoom-Faktor ständig. Wird ein Teil mit einem Zoom-Faktor abgespeichert, der nicht alle Elemente zeigt, kann dies zu Verwechslungen führen. Bei der Anpassung an die Bildschirmgröße können auch Elemente auftauchen, die versehentlich aus dem Bild gerutscht waren. Falls ein Element außerhalb des aktuellen Bildschirms existiert, könnte es übersehen werden. Dies kann Fehler in der Konstruktion, bei der Analyse oder der Fertigung zur Folge haben.

**Messgröße:** Prüfung, ob der aktive Bildschirm alle Elemente vollständig anzeigt .

**Zusatzinformationen:** In manchen CAD-Systemen muss dies manuell geprüft / durchgeführt werden.

**Empfehlung:** Durchführung der Anpassung der Bildschirmgröße.

## 3.2.9 Skizze

### 3.2.9.1 Wrong degree of detail in a sketch: O-SK-WD [Falscher Detaillierungsgrad in einer Skizze]

**Problembeschreibung:** In diesem Dokument wird unter Skizze ein Basiselement für weitere Operationen im Solidmodell verstanden. In den meisten Systemen hat der Benutzer die Möglichkeit, Konstruktionsdetails (z.B. Ecken, Fasen, etc.) in die Skizze einzubringen oder sie anschließend mit Hilfe von Solid – Funktionen zu ergänzen. In den verschiedenen Systemen wird die eine oder die andere Methode bevorzugt, um Änderungen zu unterstützen und Probleme zu vermeiden (hinsichtlich Stetigkeit, Veränderbarkeit, etc.).

**Messgröße:** Prüfung des Detaillierungsgrades der Skizze (z.B. Anzahl und Größe der geometrischen Elemente).

**Zusatzinformationen:** Eine Skizze, der zu viele und kleine Details (z.B. Verrundungen, Ecken, Fasen, etc.) enthält, wird überdetailliert genannt. Die Definition von "zu viele" hängt von der Komplexität des Teils ab. Weitere Bearbeitungen von überdetaillierten Skizzen (Extrusion zu Solids, etc.) kann zu einem unnötig hohen Grad an Komplexität der Geometrie oder zu Konstruktionsfehlern führen.

**Empfehlung:** Erzeugung der Skizze in einer Komplexität entsprechend dem Firmenstandard.

### 3.2.9.2 Not fully constrained sketch: O-SK-NC [Skizze ist nicht vollständig eingeschränkt]

**Problembeschreibung:** Eine Skizze sollte vollständig aufgebaut und eingeschränkt sein, so dass sämtliche Freiheitsgrade festgelegt sind. Die Einschränkungen in der Skizze geben die Konstruktionsabsicht grundlegend wieder. Eine fehlende Einschränkung kann zu nicht vorhersehbaren Ergebnissen führen, wenn ein Element verwendet, positioniert oder bemaßt wird.

**Messgröße:** Prüfung, ob die Skizze vollständig eingeschränkt ist.

**Zusatzinformationen:** Einschränkungen gestatten die Steuerung von verschiedenen Eigenschaften von Objekten in einer Skizze, z.B. solche von Maßen (Position, Linienlänge) oder Funktionalitäten (Parallelität, Ausrichtung, tangentielle Stetigkeit, etc.).

**Empfehlung:** Erstellung von Skizzen, die vollständig eingeschränkt sind (weder zu viele noch zu wenige Einschränkungen).

### 3.3 Beschreibung der Qualitätskriterien für Zeichnungsdaten

Dieses Kapitel dient dazu, die Qualitätskriterien für 2D CAD-Darstellungen (Zeichnungen) festzulegen. Diese Produktdaten werden in der Automobilindustrie noch häufig verwendet. Die Arbeitsgruppe hat beschlossen, die geometrischen und nicht geometrischen Qualitätskriterien für Zeichnungen in diesem einen Kapitel zusammengefasst darzustellen.

Da "Ansichten" wichtige Elemente zur Strukturierung einer Zeichnung sind, werden im Folgenden einige grundlegende Merkmale aufgeführt, um deren Verwendbarkeit sicherzustellen:

- Ansichten können im Maßstab verändert werden; der Maßstab der Geometrie selbst darf jedoch nicht geändert werden.
- Zeichnungselemente sollten in der „Ansicht“ erzeugt werden, in der sie dargestellt werden.
- Ansichten mit Detailschnitten/Vergrößerungen müssen den gleichen Bezug haben (Nullpunkt, Referenzpunkt) wie die ursprüngliche Ansicht.

Die folgenden Kriterien gelten für übliche mit einem CAD-System erzeugte Zeichnungen.

#### 3.3.1 Tiny elements : D-GE-TI [sehr kleine Elemente]

**Problembeschreibung:** Zeichnungselemente, die ein vorgegebenes Maß unterschreiten, können zu ungültigen Elementen werden, wenn sie beim Datenaustausch in eine Systemumgebung mit geringerer Genauigkeit degenerieren.

**Messgröße:** Länge des Zeichnungselements.

**Zusatzinformationen:** Elemente, die bei bestimmten geometrischen Operationen eine vorgegebene Größe unterschreiten, können zu ungültigen Elementen werden und damit zu Lücken führen. Siehe auch 3.1.1.10 "Sehr kleine Kurven oder Segmente": G-CU-TI für weitere Information.

**Empfehlung:** Löschung der zu kleinen Elemente. Falls abhängige Elemente (Bemaßung, Schraffur) vorhanden sind, sollten sie vor dem Löschen isoliert werden.

#### 3.3.2 Embedded elements : D-GE-EM [doppelte / nahezu doppelte Elemente]

**Problembeschreibung:** Bei der Erzeugung einer Zeichnung können unbeabsichtigt identische Elemente entstehen (d.h. mehrere Linien mit unterschiedlicher oder gleicher Länge übereinander), die den Platzbedarf des Modells unnötig erhöhen. Beispielsweise erschweren identische Elemente, auch doppelte Elemente genannt, häufig die automatische Erkennung von zusammenhängenden Kurvenverläufen.

**Messgröße:** Prüfung, ob ein geometrisches Zeichnungselement im Rahmen der gegebenen Genauigkeit vollständig in einem anderen enthalten ist.

**Zusatzinformationen:** Siehe auch 3.1.1.8 "Embedded curves" : G-CU-EM [ähnliche Kurven].

**Empfehlung:** Löschung der identischen Elemente. Solange die Elemente exakt identisch sind, können sie problemlos gelöscht werden. Wenn verschiedene Elemente mit unterschiedlicher Länge übereinander liegen, ist es unter bestimmten Umständen sinnvoller, das längste Element zu ermitteln und die kürzeren zu löschen.

### 3.3.3 ISO conformable texts : D-OR-SC [Texte nicht konform zur ISO]

**Problembeschreibung:** Bei der Erzeugung von Texten und Bemaßungen können spezifische nationale Textzeichen und abgeleitete Vokale (z.B. deutsche Umlaute und "ß") zu Übertragungsproblemen führen. Zu viele Textzeichen (z.B. mehr als 70 pro Zeile) sowie mehrzeilige Texte können beim Transfer Verluste bei der Datenübertragung verursachen. Sie sollten deshalb vermieden werden, oder es sollte eine spezielle Vereinbarung zu dem Problem getroffen werden.

**.Messgröße:** Prüfung, ob in Texten, Bezeichnungen oder Bemaßungen Sonderzeichen vorkommen.

**Zusatzinformationen:** Konformität zur International Standards Organisation wird bevorzugt

**Empfehlung:** Bestimmte nationale Sonderzeichen und veränderte Vokale müssen ersetzt werden (z.B. ä durch ae, ß durch ss). Texte mit mehr als 70 Zeichen pro Zeile müssen in verschiedene Einzeltex te aufgeteilt werden. Mehrzeilige Texte müssen durch mehrere einzeilige Texte ersetzt werden.

### 3.3.4 CAD source notice: D-OR-SN [Angabe des CAD- Quellensystems]

**Problembeschreibung:** Zeichnungen (z.B. Plotter-Ausdrucke) enthalten häufig keine Angabe ihres CAD-Quellensystems. Dadurch wird die Rückübertragung von Änderungen (z.B. bei der Werkzeugerstellung) auf das 3D CAD-Modell erheblich erschwert.

**Messgröße:** Prüfung, ob in der Zeichnung ein Hinweis auf das CAD-Quellensystem sichtbar ist.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Zeichnungen müssen einen Verweis auf die CAD- Quelle enthalten (Name des Systems, Version, Speicheradresse des 3D CAD-Modells, Teile-/Zeichnungsindex etc.).

### 3.3.5 References on external databases and libraries: D-OR-ER [Verweise auf externe Datenbanken und Bibliotheken]

**Problembeschreibung:** Beim Austausch von geometrischen Daten, Symbolen etc. aus externen Bibliotheken muss deren Sichtbarkeit/Brauchbarkeit für den Empfänger sichergestellt sein.

**Messgröße:** Prüfung, ob in der Zeichnung ein Verweis auf eine externe Bibliothek vorhanden ist.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Bei der Verwendung beispielsweise von Symbolen, Zeichnungsrahmen oder Standardteilen aus externen Datenbanken muss entweder

ein expliziter Verweis auf die Existenz solcher Referenzen gegeben sein, und die Bibliothek muss gegebenenfalls ausgetauscht werden, oder

in die Austausch-Datei müssen jene Bibliothek- Teile vollständig eingebunden und mit ausgetauscht werden.

### 3.3.6 External 2D drawing present : D-OR-XD [Externe 2D-Zeichnung vorhanden]

**Problembeschreibung:** Die meisten CAD-Systeme gestatten die Ableitung einer 2D-Darstellung von einem 3D-Produkt in eine separate 2D-Zeichnung, in einer Richtung logisch verknüpft ist. Die Existenz von 2D-Zeichnungen muss im 3D-Teil vermerkt sein, um unerwünschte Ergebnisse in einer solchen Zeichnung zu vermeiden, wenn das 3D-Modell aktualisiert wird. Eine Änderung im 3D-Modell ohne Berücksichtigung der separaten Zeichnung kann zu Problemen und Fehlern beim Austausch der Zeichnung führen.

**Messgröße:** Prüfung, ob externe 2D-Zeichnungen mit einem Verweis auf das 3D-Teil existieren.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Verwendung von externen 2D-Zeichnungen entsprechend dem Firmenstandard.

### 3.3.7 2D/3D linkage not present : D-OR-DL [2D/3D-Verknüpfung nicht vorhanden]

**Problembeschreibung:** In einem Mastermodell-Konzept enthält das Master-Teil die Original-Darstellung, und alle darauf bezogenen Darstellungen (z.B. Zeichnungen, vereinfachte Modelle) sind mit dieser verknüpft. Diese Assoziativität gestattet effiziente und automatisierte Änderungen, aber eine fehlende oder durchbrochene Assoziativität kann zu inkonsistenten Daten führen. Falls 2D- und 3D-Darstellungen ohne eine solche Verknüpfung vorhanden sind, geht die Konsistenz verloren, falls Änderungen nur an dem 2D- oder 3D-Modell vorgenommen werden.

**Messgröße:** Prüfung, ob die Darstellungen in 2D- und 3D verknüpft (assoziiert) sind.

**Zusatzinformationen:** In heutigen Konstruktionsprozessen werden immer noch 2D- und 3D-Darstellungen gemischt verwendet. In Zukunft werden jedoch immer mehr 3D-Modelle Verwendung finden, und 3D wird im Konstruktionsbereich vorherrschen. In diesem Fall wird es erforderlich sein, eine Verknüpfung zu erstellen, dass das 3D-Modell der Master ist, aus dem sich die 2D-Darstellung ableitet.

**Empfehlung:** Die 2D-Darstellung muss mit dem 3D-Modell verknüpft sein.

### 3.3.8 2D drawing not updated: D-OR-DU [2D-Zeichnung ist nicht aktualisiert]

**Problembeschreibung:** Einige CAD-Systeme aktualisieren nicht automatisch die Zeichnungsansichten, wenn das entsprechende 3D-Modell verändert wird. In diesem Fall stellen die Zeichnungsansichten möglicherweise nicht das aktuelle Teil dar. Dies kann zu gravierenden Problemen führen, d.h. es ist unmöglich zu bestimmen, ob die 2D-Zeichnung oder die 3D-Form gültig ist.

**Messgröße:** Prüfung, ob 2D-Zeichnungen aktualisiert sind, wenn sie mit einem 3D-Teil verknüpft sind.

**Zusatzinformationen:** Es könnte gefährlich sein, ein Teil automatisch zu verändern ohne Berücksichtigung der damit verknüpften Teile. Sobald ein Benutzer eine Änderung des 3D-Modells freigibt, ist er für die Aktualisierung aller damit verknüpften Teile verantwortlich.

**Empfehlung:** 2D-Zeichnungen müssen aktualisiert werden.

### 3.3.9 Number of drawing sheets exceeded: D-OR-ND [Anzahl der Zeichnungsblätter überschritten]

**Problembeschreibung:** In manchen CAD-Systemen kann mehr als ein Zeichnungsblatt in einem Teil verwendet werden. Einige automatisierte Prozesse könnten fehlschlagen, wenn es mehr als ein Zeichnungsblatt gibt.

**Messgröße:** Prüfung, ob die Anzahl der Zeichnungsblätter dem Firmenstandard entspricht.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Verwendung der Zeichnungsblätter gemäß Firmenstandard.

### 3.3.10 Missing plot frame points: D-OR-PF [Fehlende Zeichnungsrahmenpunkte]

**Problembeschreibung:** Die Zeichnungspunkte zur Definition der Diagonale der Zeichnungsfläche sind nicht festgelegt. Dies führt zu einem Fehler beim Plotten im Batch-Modus.

**Messgröße:** Prüfung, ob im aktuellen Teil die erforderlichen Zeichnungspunkte vorhanden sind.

**Zusatzinformationen:** Einige Firmen verlangen für das Plotten im Batch-Modus die Verwendung eines speziellen CAD-Anwendungsprogramms, ordnen solchen Punkten spezifische Attribute zu, oder verwenden ein Konzept mit einem Punkt und zusätzlicher Plotformat-Information.

**Empfehlung:** Einfügen des Plotpunkts / der Plotpunkte mit den erforderlichen Attributen an dem vorgegebenen Platz entsprechend Firmenstandard.

### 3.3.11 Unlimited size of view frames: D-OR-VF [Unbeschränkte Größe von Ansichtsrahmen]

**Problembeschreibung:** Ansichtsrahmen werden verwendet zur Begrenzung der Darstellung eines 3D-Teils in einer 2D-Ansicht. Dies gestattet das Ausblenden von unnötigen/ unerwünschten 3D-Konstruktionselementen aus der Zeichnung und verbessert die Übersichtlichkeit. Ansichten mit unbegrenztem Rahmen können in bestimmten Fällen den Datenaustausch (z.B. über IGES) negativ beeinflussen.

**Messgröße:** Prüfung, ob unbegrenzte Ansichtsrahmen vorhanden sind.

**Zusatzinformationen:** In manchen CAD-Systemen werden Layerfilter statt Ansichtsrahmen verwendet.

**Empfehlung:** Verwendung von Ansichten mit Rahmen innerhalb des Zeichnungsrahmens oder Plotformats.

### 3.3.12 Empty drawing view: D-OR-EV [leere Zeichnungsansicht]

**Problembeschreibung:** Eine leere Ansicht ist definiert als eine solche, die außer dem vorgegebenen Achsensystem keinerlei Geometrie enthält. Eine derartige Ansicht belegt unnötigerweise (Speicher)platz und kann zu Verwechslungen führen. Eine Person, die den Erfolg eines Datenaustauschs prüft, kann nicht feststellen, ob eine Ansicht von Anfang an leer war oder wegen eines Fehlers beim Datenaustausch leer ist.

**Messgröße:** Prüfung, ob die Zeichnung eine Ansicht enthält, die außer dem Achsensystem keine Elemente enthält.

**Zusatzinformationen:** In bestimmten Sonderfällen kann es nützlich sein, leere Ansichten für Folgeprozesse zu haben (z.B. um Information einzugeben).

**Empfehlung:** Entfernung leerer Ansichten.

### 3.3.13 **Non-standard view name : D-OR-VN** **[Ansichtsname nicht gemäß Standard]**

**Problembeschreibung:** Die meisten Firmen, vor allem OEMs, haben in ihren CAD-Richtlinien speziell festgelegte Namenskonventionen für Ansichten, um die Lesbarkeit einer Zeichnung zu vereinfachen. Die Nichteinhaltung dieser Konventionen kann zu Verwechslungen führen.

**Messgröße:** Prüfung des Ansichtsnamens gemäß Firmenstandard.

**Zusatzinformationen:** Ein Beispiel für einen Ansichtsnamen ist : Schnitt A-A, A-A oder Ansicht X.

**Empfehlung:** Ansichtnamen durch einen Namen gemäß Firmendstandard ersetzen.

### 3.3.14 **More than one 2D co-ordinate system present: D-OR-CS** **[mehr als ein 2D-Koordinatensystem vorhanden]**

**Problembeschreibung:** Bei der Erzeugung von 2D Geometrieelementen aus einem 3D- Modell erzeugen manche CAD-Systeme ein Koordinatensystem auf Basis des ursprünglichen 3D-Koordinatensystems. Ein weiteres 2D-Koordinatensystem ist nötig, um bestimmte Operationen auszuführen (z.B. Verschieben). Wenn in einer Ansicht gleichzeitig verschiedene mehrdeutig definierte 2D-Koordinatensysteme vorkommen, wäre das ursprüngliche 2D-Koordinatensystem nur schwer zu ermitteln.

**Messgröße:** Prüfung, ob zwei oder mehr 2D-Koordinatensysteme in einer Ansicht vorkommen.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Nur das Referenz - 2D-Koordinatensystem behalten, das bei der Erzeugung der Ansicht verwendet wurde; alle anderen 2D-Koordinatensysteme löschen.

### 3.3.15 **Fake dimensions: D-OR-FD** **[Überschriebene Maße]**

**Problembeschreibung:** Zeichnungen werden gewöhnlich durch Projektionsfunktionalität aus dem 3D-Teil erzeugt; dadurch werden die Werte der Bemaßungen automatisch extrahiert. Diese Werte können manuell verändert werden. Dies führt zu Inkonsistenzen zwischen der graphischen Darstellung und den zugehörigen Maßwerten. Fehler können bei der Interpretation der Zeichnungen und bei der Teilefertigung mit falschen Maßen auftreten.

**Messgröße:** Prüfung, ob der aktuelle Maßwert eines Elements und das in der Maßlinie angegebene Maß innerhalb der gegebenen Genauigkeit übereinstimmen.

**Zusatzinformationen:** In den meisten CAD-Systemen wird ein überschriebenes Maß automatisch vom System markiert.

**Empfehlung:** Überschriebene Maße nicht verwenden. Falls sie verwendet werden, nach überschriebenen Maßen suchen und die Maßwerte automatisch aktualisieren.

### 3.3.16 **Non-standard display accuracy of dimensions: D-OR-DI** **[Darstellungsgenauigkeit der Maße nicht gemäß Standard]**

**Problembeschreibung:** Die Maßwerte in der Zeichnung können in nicht- standardmäßiger Weise gerundet werden und dadurch vom 3D-Teil abweichen. Je nach Abweichung kann dies zu Missverständnissen und Fehlern führen.

**Messgröße:** Prüfung der dargestellten Maße gemäß Firmenstandard.

**Zusatzinformationen:** Die angemessene Genauigkeit hängt z.B. von den Fertigungs- und Mess-toleranzen ab.

**Empfehlung:** Genauigkeit gemäß Firmenstandard.

### 3.3.17 **Associative dimension not present: D-OR-AD** **[Assoziative Bemaßung nicht vorhanden]**

**Problembeschreibung:** Zeichnungsmaße sollten sich immer auf das 3D-Mastermodell beziehen. Nicht- assoziative Maße ergeben sich, wenn die Assoziativität zum 3D-Modell verloren geht. Dies kann zu gravierenden Fehlern führen, da Änderungen im 3D-Modell nicht in die Zeichnung übernommen werden.

**Messgröße:** Prüfung, ob die Maße assoziativ zum 3D-Modell sind.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Sämtliche Maße sollten assoziativ sein.

### 3.3.18 **Non-standard view dependent object: D-OR-VD** **[Nicht standardmäßiges ansichtsabhängiges Objekt]**

**Problembeschreibung:** In manchen CAD-Systemen ist es möglich, zusätzliche Objekte (Linien, Punkte) in einer assoziativen Ansicht zu erzeugen oder Objekte (z.B. in ihrer Sichtbarkeit ) nur in einer Ansicht zu verändern. Dies kann zu Verwechslungen führen.

**Messgröße:** Prüfung, ob ansichtsabhängige Objekte vorhanden sind.

**Zusatzinformationen:** keine

**Empfehlung:** Verwendung von ansichtsabhängigen Objekten gemäß Firmenstandard.

### 3.3.19 **Wrong view projection method: D-OR-VP** **[Falsche Projektionsmethode für die Ansichten]**

**Problembeschreibung:** Die verschiedenen Länder und Firmen verwenden unterschiedliche Methoden, um Standard - 2D- Ansichten eines Teils in einer Zeichnung zu erzeugen (US- Projektionsmethode gegenüber europäischer Projektion, 1. oder 3. Winkelprojektion, etc.). Eine falsche Projektionsmethode kann zu einer Fehlinterpretationen einer Zeichnung und zu Fertigungsfehlern führen.

**Messgröße:** Prüfung, ob die Projektionsmethode dem Firmenstandard entspricht.

**Zusatzinformationen:** Da die verwendete Projektionsmethode für eine Ansicht nicht direkt ersichtlich ist, verlässt sich ein Interpret auf die Methode, die nahe beim Zeichnungsschriftfeld angegeben ist. Es muss sichergestellt sein, dass alle Ansichten dieser Methode entsprechen.

**Empfehlung:** Verwendung der Projektionsmethode gemäß Firmenstandard.

## 4 CAE Daten

In der Produktentwicklungsphase werden zu verschiedenen Meilensteinen CAE Daten erzeugt. Deshalb hat der Austausch von Netzdaten (erzeugt mit speziellen Prozessoren) zwischen den Partnern zugenommen und wird in Zukunft auch weiter zunehmen. Ziel dieses Kapitels ist die Beschreibung von Datenqualitätskriterien für CAE Daten.

Um das physikalische Verhalten eines Teiles, eines Gerätes, eines Zubehörteiles oder eines anderen beliebigen Produktes zu berechnen müssen seine zugehörigen ableitbaren Gleichungen gelöst werden. Dazu gibt es verschiedene Methoden:

- Finite Differenzen Methode
- Finite Volumen Methode
- Randflächen Elemente Methode
- Finite Elemente Methode

Die Finite Elemente Methode ist die wichtigste und am häufigsten genutzte Methode für solche Simulationen. Physikalische Analysen untersuchen das thermische Verhalten, statische und dynamische Elastizität (linear und nicht-linear), Verformung, akkustische und elektromagnetische Simulation, Fließverhalten, etc.. Für die Finite Elemente Methode sind Netzdaten das wesentliche Datenmodell. Die meisten Qualitätskriterien für Netzdaten die in den folgenden Kapiteln definiert werden sind für alle o.a. Untersuchungen nutzbar, während einige wenige nur für besondere Analysetypen gelten.

Die 2D Analyse wird in dieser Version der Empfehlung nicht behandelt, nur die 3D Analyse wird hier beschrieben.

Die Daten müssen in mehreren Schritten für die CAE Berechnung aufbereitet werden, wobei das Vernetzen der aufwändigste und teuerste Verarbeitungsschritt ist. Die folgenden Themen werden in diesem Dokument nicht behandelt:

- Physikalische Eigenschaften,
- Grenzwerte oder Startbedingungen,
- Einflüsse: Kräfte, Temperaturen, Ausgangsgeschwindigkeiten, Ausgangsspannungen ...

Netzdaten werden aus folgenden zwei Gründen benutzt:

- um die (vereinfachte) Geometrie für die Simulation zu erzeugen
- um den Grad der Annäherung bzw. Abweichung des Ergebnisses zu beeinflussen

Netzdaten werden abhängig von der Simulationsaufgabe erzeugt, aber für die Qualitätsbetrachtung können einige generische Regeln empfohlen werden.

Für die vom Anwender gewünschte physikalische Simulation können verschiedene Typen von finiten Elementen genutzt werden. Die einfachsten sind gleichzeitig die am häufigsten genutzten. Diese sind:

1) TRIA3, mit 3 Eckpunkten (nodes) und 3 linearen Kanten (edges):

- $x(u,v) = x_1 \cdot f_1(u,v) + x_2 \cdot f_2(u,v) + x_3 \cdot f_3(u,v)$        $f_1(u,v) = 1-u-v \quad u \geq 0$
- $y(u,v) = y_1 \cdot f_1(u,v) + y_2 \cdot f_2(u,v) + y_3 \cdot f_3(u,v)$        $f_2(u,v) = u \quad v \geq 0$
- $z(u,v) = z_1 \cdot f_1(u,v) + z_2 \cdot f_2(u,v) + z_3 \cdot f_3(u,v)$        $f_3(u,v) = v \quad u+v \leq 1$
- $F(u,v) = F_1 \cdot f_1(u,v) + F_2 \cdot f_2(u,v) + F_3 \cdot f_3(u,v)$



4) QUAD4, linQUAD8, isoQUAD8, oder einfach QUAD8 sind auf gleiche Art definiert, allerdings als Vierecke. So hat z.B. das QUAD4 4 Nodes  $P_{ij}$  und wird definiert über:

$$P(u,v) = \sum_{i=1}^{i=2} \sum_{j=1}^{j=2} P_{ij} f_i(u) f_j(v) \quad \text{und} \quad F(u,v) = \sum_{i=1}^{i=2} \sum_{j=1}^{j=2} F_{ij} f_i(u) f_j(v)$$

$$-1 \leq u \leq 1 \quad -1 \leq v \leq 1 \quad f_1(t) = (1-t)/2 \quad f_2(t) = (1+t)/2$$

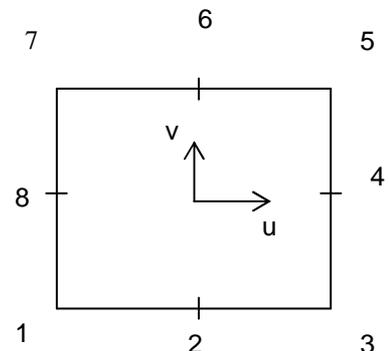
Um ein QUAD8 zu definieren geht man am Besten von einem QUAD9 aus welches 9 Nodes besitzt und als komplettes Lagrange Element definiert werden kann über:

$$P(u,v) = \sum_{i=1}^{i=3} \sum_{j=1}^{j=3} P_{ij} f_i(u) f_j(v) \quad \text{and} \quad F(u,v) = \sum_{i=1}^{i=3} \sum_{j=1}^{j=3} F_{ij} f_i(u) f_j(v)$$

$$-1 \leq u \leq 1 \quad -1 \leq v \leq 1 \quad f_1(t) = (t^2 - t) / 2 \quad f_2(t) = 1 - t^2 \quad f_3(t) = (t^2 + t) / 2$$

Da es oft schwierig ist den zentralen Node  $P_{22}$  zu benutzen, ist es besser das isoQUAD8 als ein unvollständiges Lagrange Element zu definieren welches keinen zentralen Node hat:

$$\begin{aligned} f_i(u,v) &= (-1+u_i u + v_i v)(1+u_i u)(1+v_i v) / 4 & i = 1, 3, 5, 7 \\ f_i(u,v) &= (1-u^2)(1+v_i v) / 2 & i = 2, 6 \\ f_i(u,v) &= (1+u_i u)(1-v^2) / 2 & i = 4, 8 \end{aligned}$$



linQUAD8 ist ein isoQUAD8 bei dem der Zwischen-Node der Edge im Mittelpunkt der Edge liegt.

5) TETRA4, linTETRA10, isoTETRA10, oder einfach TETRA10 sind auf gleiche Art definiert, allerdings als Tetraeder. So hat z.B. das TETRA4 vier Nodes und wird definiert über:

$$P(u,v,w) = \begin{pmatrix} x(u,v,w) \\ y(u,v,w) \\ z(u,v,w) \end{pmatrix} = P_1 (1 - u - v - w) + P_2 u + P_3 v + P_4 w$$

$$F(u,v,w) = F_1 (1 - u - v - w) + F_2 u + F_3 v + F_4 w \quad u+v+w \leq 1 \quad u \geq 0 \quad v \geq 0 \quad w \geq 0$$

6) PENTA6, linPENTA15, isoPENTA15, oder einfach PENTA15 sind auf gleiche Art definiert, allerdings als Pentaeder.

7) HEXA8, linHEXA20, isoHEXA20, oder einfach HEXA20 sind auf gleiche Art definiert, allerdings als Hexaeder. So hat z.B. das HEXA8 acht Nodes  $P_{ijk}$  und wird definiert über:

$$P(u,v,w) = \begin{pmatrix} x(u,v,w) \\ y(u,v,w) \\ z(u,v,w) \end{pmatrix} = \sum_{i=1}^{i=2} \sum_{j=1}^{j=2} \sum_{k=1}^{k=2} P_{ijk} f_i(u) f_j(v) f_k(w)$$

$$\text{und: } F(u,v,w) = \sum_{i=1}^{i=2} \sum_{j=1}^{j=2} \sum_{k=1}^{k=2} F_{ijk} f_i(u) f_j(v) f_k(w)$$

$$-1 \leq u \leq 1 \quad -1 \leq v \leq 1 \quad -1 \leq w \leq 1 \quad f_1(t) = (1-t)/2 \quad f_2(t) = (1+t)/2$$

8) PYRAMID5, linPYRAMID13, isoPYRAMID13, oder einfach PYRAMID13 sind auf gleiche Art definiert, allerdings als Pyramide. So hat z.B. das PYRAMID5 fünf Nodes ( $S$ ,  $P_{11}$ ,  $P_{12}$ ,  $P_{21}$  und  $P_{22}$ ) und wird definiert über:

$$P(u,v,w) = \begin{pmatrix} x(u,v,w) \\ y(u,v,w) \\ z(u,v,w) \end{pmatrix} = w S + (1-w) \sum_{i=1}^{i=2} \sum_{j=1}^{j=2} P_{ij} f_i(u) f_j(v)$$

$$\text{und: } F(u,v,w) = w F_S + (1-w) \sum_{i=1}^{i=2} \sum_{j=1}^{j=2} F_{ij} f_i(u) f_j(v)$$

$$w \geq 0 \quad w+u \leq 1 \quad w-u \leq 1 \quad w+v \leq 1 \quad w-v \leq 1 \quad f_1(t) = (1-t)/2 \quad f_2(t) = (1+t)/2$$

Darüberhinaus finden noch andere Finite Element Typen Verwendung. Wie man sieht haben Finite Elemente einen geometrischen sowie einen Physikalischen Aspekt. Aus Sicht der geometrischen Qualität von Netzdaten kann eines der hier nicht aufgeführten Modelle durch eines der aufgeführten ersetzt werden.

Es ist wichtig festzuhalten, dass ein TETRA aus vier TRIA Flächen besteht, ein PENTA aus zwei TRIA Flächen und drei QUAD Flächen, ein HEXA aus sechs QUAD Flächen und ein PYRAMID aus einer QUAD Fläche und vier TRIA Flächen.

Für jedes Finite Element mit räumlicher Ausdehnung wird der Raum, in dem sich die Parameter u, v und w bewegen Parameter-Raum oder Parent space genannt. Der Raum innerhalb des Finiten Elements selbst wird Geometrischer Raum oder child space genannt. Es gilt:

$$dV = dx \, dy \, dz = J(u,v,w) \, du \, dv \, dw \quad \text{mit :} \quad J(u,v,w) = \det \begin{pmatrix} \frac{\partial x}{\partial u} & \frac{\partial x}{\partial v} & \frac{\partial x}{\partial w} \\ \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial y}{\partial v} & \frac{\partial y}{\partial w} \\ \frac{\partial z}{\partial u} & \frac{\partial z}{\partial v} & \frac{\partial z}{\partial w} \end{pmatrix}$$

Daher gilt:  $J_{moy} = V_{child} / V_{parent}$  für das TETRA4, P(u,v,w) ist ersten Grades bezogen auf u, v und w. Deshalb ist in diesem Element  $J = cte = J_{moy}$ . Für andere räumliche Elemente ist J(u,v,w) oft ein komplexes Polynom. Falls J eine breite Vielfalt an Variationen über den Raum des Elementes hat, dann ist das Ergebnis ein sehr verzerrtes Element. Da es sehr schwierig und langwierig ist  $J_{max}$  und  $J_{min}$  über das gesamte Element zu berechnen, ist es einfacher und ausreichend  $J_i = J(u_i, v_i, w_i)$  nur an den Punkten  $(u_i, v_i, w_i)$  zu berechnen, die benötigt werden um ein angenähertes Integral über folgende vereinfachte Formel zu berechnen:

$$I = \int_V G(x, y, z) \, dx \, dy \, dz = \int_W H(u, v, w) \, du \, dv \, dw \approx \sum_{i=1}^{i=r} a_i H(u_i, v_i, w_i)$$

mit:  $H(u,v,w) = G(x(u,v,w), y(u,v,w), z(u,v,w)) J(u,v,w)$

r wird dabei entsprechend des Grades des Elements definiert. Der Wert  $a_i$  sowie die Punkte  $(u_i, v_i, w_i)$  für r werden so festgelegt, dass die Exaktheit der Formel über möglichst viele Polynome gewährleistet wird. Diese Werte sind bekannt und können z.B. der folgenden Tabelle entnommen werden. Jedes Element hat eigene Werte. Diese Punkte werden auch Gauss Legendre Punkte genannt.

Für ein TRIA Element gilt:

$$I = \int_0^1 \int_0^{1-u} H(u,v) \, du \, dv = \sum_{i=1}^{i=r} a_i H(u_i, v_i) \quad \text{mit:}$$

r	$u_i$	$v_i$	$a_i$
1	1/3	1/3	1/2
3	1/2	0	1/6
	1/2	1/2	1/6
	0	1/2	1/6
3	2/3	1/6	1/6
	1/6	1/6	1/6
	1/6	2/3	1/6
4	3/5	1/5	25/96
	1/5	1/5	25/96
	1/5	3/5	25/96
	1/3	1/3	-27/96

Für ein TETRA Element gilt:

$$I = \int_0^1 \int_0^{1-u} \int_0^{1-u-v} H(u, v, w) dudvdw = \sum_{i=1}^{i=r} a_i H(u_i, v_i, w_i) \quad \text{mit:}$$

r	u <sub>i</sub> v <sub>i</sub> w <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>
1	1/4 1/4 1/4	1/6
4	a a a	1/24
a = (5 - √5) / 20	a a b	1/24
B = (5 + 3√5) / 20	a b a	1/24
	b a a	1/24
5	a a a	-2/15
	b b b	3/40
a = 1/4	b b c	3/40
b = 1/6	b c b	3/40
c = 1/2	c b b	3/40

Für ein QUAD Element gilt:

$$I = \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} H(u, v) dudv = \sum_{i=1}^{i=r1} \sum_{j=1}^{j=r2} a_i b_j H(u_i, v_j)$$

Und für ein HEXA Element gilt:

$$I = \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} H(u, v, w) dudvdw = \sum_{i=1}^{i=r1} \sum_{j=1}^{j=r2} \sum_{k=1}^{k=r3} a_i b_j c_k H(u_i, v_j, w_k) \quad \text{mit:}$$

r	u <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>
1	0	2
2	-1/√3	1
	+1/√3	1
3	-√3/5	5/9
	0	8/9
	+√3/5	5/9
4	-a = -0.86113...	1/2 - 1/6√6/5 = 0.34785...
a = √(3 + 2√6/5) / 7	-b = -0.33998...	1/2 + 1/6√6/5 = 0.65214...
	+b = +0.33998...	1/2 + 1/6√6/5 = 0.65214...
b = √(3 - 2√6/5) / 7	+a = +0.86113...	1/2 - 1/6√6/5 = 0.34785...

To qualify the quality of the mesh, some criteria will be defined. A mesh respecting these criteria will be said to have the SASIG-PDQ quality. These criteria are shown here:

**Table 6. CAE Data Criteria**

<b>Criteria No.</b>	<b>Item name</b>	<b>Grund</b>	<b>Shell</b>		<b>Solid</b>			
			<b>TRIA A-TR</b>	<b>QUAD A-QU</b>	<b>TETRA A-TE</b>	<b>PENTA A-PE</b>	<b>PYRAMID A-PY</b>	<b>HEXA A-HE</b>
4.1	<b>TI</b> ny finite element <b>TI</b>	Performance, Dauer	A-TR-TI	A-QU-TI	A-TE-TI	A-PE-TI	A-PY-TI	A-HE-TI
4.2	<b>MI</b> nimum Angle of triangular element <b>MA</b>	Elementgestalt ist abhängig von der Genauigkeit	A-TR-MA		A-TE-MA	A-PE-MA	A-PY-MA	
4.3	<b>WA</b> rpness <b>WA</b>	Abweichung vom Model		A-QU-WA		A-PE-WA	A-PY-WA	A-HE-WA
4.4	<b>SK</b> ew angle <b>SK</b>	Elementgestalt ist abhängig von d. Genauigkeit		A-QU-SK		A-PE-SK	A-PY-SK	A-HE-SK
4.5	<b>TA</b> per <b>TA</b>	Elementgestalt ist abhängig von d. Genauigkeit		A-QU-TA		A-PE-TA	A-PY-TA	A-HE-TA
4.6	<b>AS</b> pect ratio <b>AS</b>	Elementgestalt ist abhängig von d. Genauigkeit	A-TR-AS	A-QU-AS	A-TE-AS	A-PE-AS	A-PY-AS	A-HE-AS
4.7	<b>FR</b> ee face <b>FR</b>	Modellierungsfehler			A-TE-FR	A-PE-FR	A-PY-FR	A-HE-FR
4.8	<b>CO</b> ntinuity <b>CO</b>	Elementgestalt ist abhängig von d. Genauigkeit	A-TR-CO	A-QU-CO				
4.9	<b>ST</b> retch <b>ST</b>	Elementgestalt abh. v.d. Genauigkeit			A-TE-ST			
4.10	<b>SI</b> ze of the Model <b>SM</b>	Elementgestalt ist abhängig von d. Genauigkeit	A-TR-SM	A-QU-SM	A-TE-SM	A-PE-SM	A-PY-SM	A-HE-SM
4.11	<b>JA</b> cobian <b>JA</b>	Elementgestalt abh. v.d. Genauigkeit			A-TE-JA	A-PE-JA	A-PY-JA	A-HE-JA
4.12	Middle Point De- viation <b>PD</b>	Elementgestalt ist abhängig von d. Genauigkeit	A-TR-PD	A-QU-PD	A-TE-PD	A-PE-PD	A-PY-PD	A-HE-PD
4.13	Middle Point A- lignment <b>PA</b>	Elementgestalt abh. v.d. Genauigkeit	A-TR-PA	A-QU-PA	A-TE-PA	A-PE-PA	A-PY-PA	A-HE-PA

## 4.1 Tiny finite element: [kleines Element]

**A-TR-TI A-QU-TI A-TE-TI A-PE-TI A-PY-TI A-HE-TI**

**Problembeschreibung:** Für die Vernetzung benutzen die Software-Pakete automatische, regelbasierte Algorithmen. Das Resultat kann kleine Elemente enthalten. Diese erhöhen die Rechenzeit für einige Berechnungen.

**Betroffene Elemente:** Alle Typen.

**Messgröße:** Die Länge der kleinsten Edge eines Finiten Elements.

**Zusatzinformationen:** Üblicherweise haben Finite element Simulationen keine Probleme mit kleinen Elementen, aber besonders die Crash Analyse bedient sich oft iterativer Methoden mit kleinen Zeitschritten. In diesen Methoden muss ein Zeitschritt kleiner als die Schallgeschwindigkeit für die Strecke von einem Eckpunkt zum nächsten sein. Aus diesem Grund müssen in diesem Fall alle Elemente über einem einstellbaren Wert liegen.

**Empfehlung:** Netz erneuern und dabei kleine Finite Elemente vermeiden.



*Beispiel: Tiny finite element*

## 4.2 Minimum angle of triangular element: [kleiner Winkel]

**A-TR-MA A-TE-MA A-PE-MA A-PY-MA**

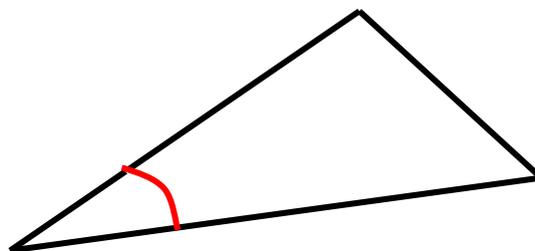
**Problembeschreibung:** Jeder Winkel eines Dreieck-Elements muss größer sein als ein vorgegebener Mindestwert.

**Betroffene Elemente:** Alle TRIA Elemente und TRIA faces of TETRA, PENTA und PYRAMID Elemente.

**Messgröße:** Winkel des Dreieck-Elements.

**Zusatzinformationen:** Ein zu kleiner Winkel kann ein quasi-identisches Element hervorrufen.

**Empfehlung:** Benutzen Sie geeignetere Parameter um das Netz zu erzeugen oder erneuern Sie das Netz an der betreffenden Stelle.



*Beispiel: Kleiner Winkel eines Dreieck-Elements oder einer Dreiecksfläche*

### 4.3 Warpness: [Verformung] A-QU-WA A-PE-WA A-PY-WA A-HE-WA

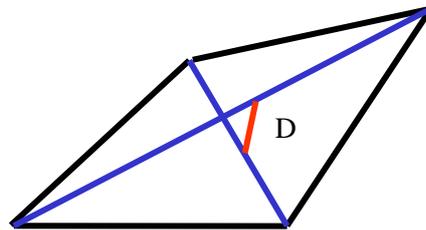
**Problembeschreibung:** Eine Verformung einer Fläche mit vier Kanten weist auf eine fehlerhafte Darstellung der Fläche hin.

**Betroffene Elemente:** Alle QUAD Elemente und QUAD Flächen der PENTA, HEXA und PYRAMID Elemente.

**Messgröße:** Verhältnis des Diagonalenabstands zur größten Edge-Länge.

**Zusatzinformationen:** Ein zu großer Verformungswert ist ein Hinweis auf eine zu große Abweichung vom Netz zur exakten Geometrie.

**Empfehlung:** Erneuern Sie das Netz lokal mit kleineren Elementen.



Beispiel: Verformung eines QUAD Elements oder vier-Kanten-Fläche

### 4.4 Skew angle: [schiefer Winkel] A-QU-SK A-PE-SK A-PY-SK A-HE-SK

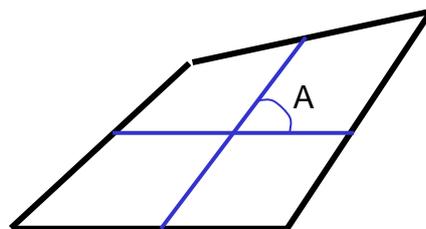
**Problembeschreibung:** Der Effekt eines schiefen Winkels kommt dem einer Raute gleich die auf sich selbst gefaltet ist.

**Betroffene Elemente:** Alle QUAD Elemente und QUAD Flächen der PENTA, HEXA und PYRAMID Elemente.

**Messgröße:**  $S = (90^\circ - A)$ , wobei A der Winkel zwischen den Verbindungen gegenüberliegender Mittelpunkte der vier Edges ist. Falls die Verbindungen nicht in einer Ebene liegen, benutzen Sie eine Parallele zu einer der Linien durch einen Schnittpunkt mit der zweiten Verbindung.

**Zusatzinformationen:** Ein zu kleiner schiefer Winkel deutet auf ein quasi-identisches Element hin.

**Empfehlung:** Erneuern Sie das Netz lokal.



Beispiel: Schiefer Winkel eines QUAD Elements oder einer vier-Kanten-Fläche

## 4.5 Taper: [konisches Viereck] A-QU-TA A-PE-TA A-PY-TA A-HE-TA

**Problembeschreibung:** Konisches Viereck welches zu einem Quasi-Dreieck degeneriert.

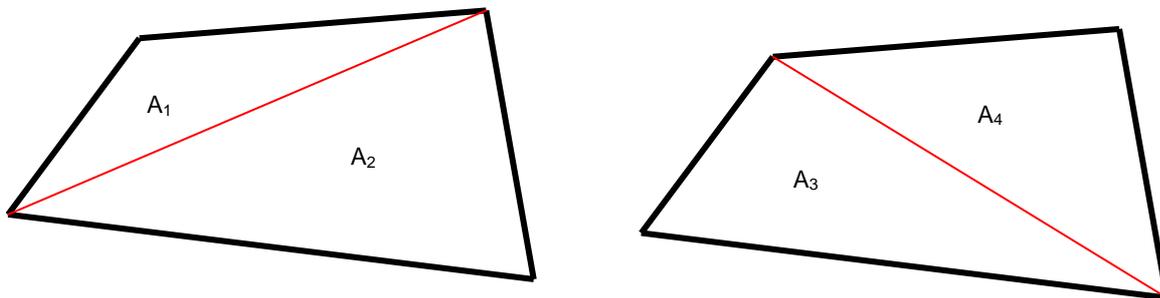
**Betroffene Elemente:** Alle QUAD Elemente und QUAD Flächen der PENTA, HEXA und PYRAMID Elemente.

**Messgröße:** Teilen Sie das QUAD Element in zwei Dreiecke mit Hilfe der ersten Diagonale und tun Sie das gleich mit Hilfe der zweiten Diagonalen. Berechnen Sie alle vier Flächen  $A_i$ .

Berechne  $A_m = 0.25(A_1+A_2+A_3+A_4)$  und  $Q = \text{Max}_i |A_i - A_m| / A_m$

**Zusatzinformationen:**  $Q = 0$  für ein Rechteck.  $Q > 0.5$  kann als Schlechtwert angesehen werden.

**Empfehlung:** Erneuern Sie das Netz lokal.



Beispiel: Taper

## 4.6 Aspect Ratio: [Längenverhältnis der Edges] A-TR-AS A-QU-AS A-TE-AS A-PE-AS A-PY-AS A-HE-AS

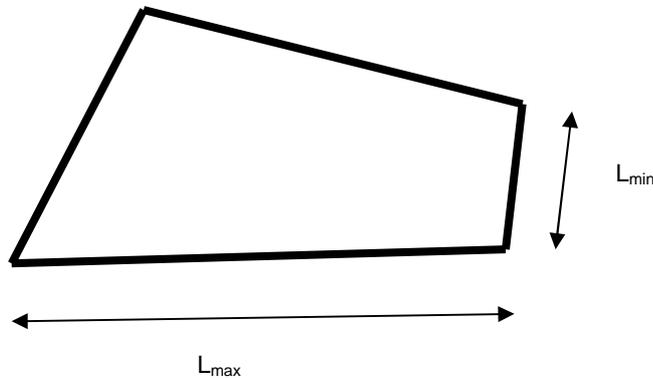
**Problembeschreibung:** Ein Element mit zwei nahe beieinander liegenden Eckpunkten kann ein degeneriertes Element sein. Das kann bei der Ergebnisdarstellung Probleme bereiten.

**Betroffene Elemente:** Alle Typen.

**Messgröße:** Verhältnis =  $L_{\min} / L_{\max}$  wobei  $L_{\min}$  die kleinste Seitenlänge und  $L_{\max}$  die größte Seitenlänge des Elements ist.

**Zusatzinformationen:** Eine Edge darf nicht zu klein im Verhältnis zur Länge des Elements sein.

**Empfehlung:** Erneuern Sie das Netz um relativ kleine Edges zu vermeiden.



Beispiel: Seitenlängen-Verhältnis

## 4.7 Free faces: [freie Flächen]

### A-TE-FR A-PE-FR A-PY-FR A-HE-FR

**Problembeschreibung:** Eine Fläche hat üblicherweise mindestens zwei Nachbarflächen. Als freie Flächen werden solche bezeichnet die lediglich eine Nachbarfläche besitzen. In der äußeren Begrenzung eines Bauteiles, der Außenhülle, können freie Flächen vorkommen, aber in der inneren Geometrie sind freie Flächen Fehler die eine der folgenden Ursachen haben können:

- Ein oder mehrere Elemente wurden "vergessen"
- fehlerhafte Elemente

**Betroffene Elemente:** Folgende Typen finiter Elemente: TETRA, PENTA, PYRAMID, or HEXA.

**Messgröße:** Eine Fläche hat nur eine Nachbarfläche, wenn sie allerdings zur Außenhülle gehört ist dies kein Fehler.

**Zusatzinformationen:** Fehlerhafte Elemente führen zu Berechnungsfehlern, aber in Ausnahmefällen und unter besonderen Bedingungen können fehlerhafte Elemente gewollt sein. So kann es z.B. für eine akustische und Vibrationsanalyse folgenden Fall geben: Das Netzmodell des Körpers mit Vibration ist sehr dünn, während das Netzmodell der umfließenden akustischen Wellen sehr grob ist, so daß ein akustisches Element in unmittelbarer Nachbarschaft zu einem oder mehreren mechanischen Element existiert. In diesem Fall stehen auch die zugehörigen Formel im Zusammenhang. Eine solche Situation kann auch in der Verbindung von Strahlen und klassischen mechanischen finiten Elementen auftreten.

**Empfehlung:** Manuelle Prüfung ob sich solche Elemente in der Bauteilgeometrie befinden.

## 4.8 Continuity: [Kontinuität]

### A-TR-CO A-QU-CO

**Problembeschreibung:** In einem Netzmodell sollten finite Elemente und direkt anschliessende finite Elemente keinen deutlichen Größenunterschied haben. Dieses Kriterium ist im Wesentlichen auf Oberflächen-Netze anwendbar.

**Betroffene Elemente:** Alle Typen oberflächenorientierter finiter Elemente: TRIA oder QUAD.

**Messgröße:**  $L_{\max 1} / L_{\min 2}$  wobei  $L_{\max 1}$  die Länge der längsten Kante dieses Elementes ist und  $L_{\min 2}$  die Länge der kürzesten Kante eines benachbarten Elementes.

**Zusatzinformationen:** Ein Oberflächen-Element und eines seiner benachbarten Elemente haben eine gemeinsame Kante.

**Empfehlung:** Beheben des Fehlers.

## 4.9 Stretch: [Dehnung]

### A-TE-ST

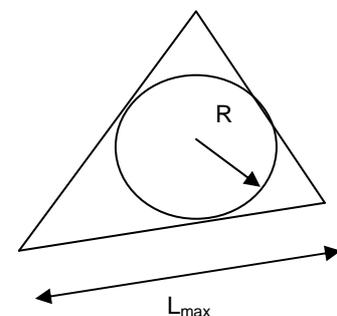
**Problembeschreibung:** Ein Tetrahedrales Element muss gestreckt werden um gültig zu sein.

**Betroffene Elemente:** TETRA4 und linTETRA10 Elemente

**Messgröße:**  $S = R / (L_{\max} \sqrt{24})$  wobei R der Radius der tangierenden Innenkugel und  $L_{\max}$  die Länge der längsten Kante ist.

**Zusatzinformationen:**  $S = 1$  für gleichseitige Tetraeder.

**Empfehlung:** Erzeugen Sie das Netz lokal neu.



Beispiel: Stretch

#### 4.10 Size of the model: [Bauteilgröße]

##### A-TR-SM A-QU-SM A-TE-SM A-PE-SM A-PY-SM A-HE-SM

**Problembeschreibung:** Um extreme Berechnungsdauern zu vermeiden kann es hilfreich sein die Anzahl der Eckpunkte in einem Bauteil zu begrenzen .

**Betroffene Elemente:** Alle Elemente.

**Messgröße:** Die Anzahl der Eckpunkte die von allen verwendeten Elementtypen gebildet werden.

**Zusatzinformationen:** Der Grenzwert könnte in Abhängigkeit vom eingesetzten Berechnungsprogramm gewählt werden.

**Empfehlung:** Versuchen Sie das Netzmodell durch ein gröberes zu ersetzen.

#### 4.11 Jacobian: [Jacobi-Elemente]

##### A-TE-JA A-PE-JA A-PY-JA A-HE-JA

**Problembeschreibung:** Für sämtliche volumenorientierte Elemente bedeutet eine große Anzahl verschiedener Jacobi-Elemente eine zu große Verformung des Elements.

**Betroffene Elemente:** Alle Typen volumenorientierter finiter Elemente : TETRA, PENTA, PYRAMID, oder HEXA.

**Messgröße:** Das Verhältnis =  $J_{\max} / J_{\min}$  , wobei  $J(u_i, v_i, w_i)$  für  $i = 1$  bis  $r$  an den  $r$  Punkten berechnet wird, wie in der gleichnamigen Näherungsmethode für Integrale festgelegt.

**Zusatzinformationen:** Ein TETRA4 hat immer  $J_{\max} = J_{\min}$  und damit das Verhältnis = 1

**Empfehlung:** Lokales Erneuern der Netzdaten.

#### 4.12 Middle point deviation: [Abweichung vom Mittelpunkt]

##### A-TR-PD A-QU-PD A-TE-PD A-PE-PD A-PY-PD A-HE-PD

**Problembeschreibung:** Wenn eine Kante über drei Stützpunkte definiert wird, sollte der mittlere Stützpunkte nicht zu weit vom Mittelpunkt zwischen erstem und drittem Stützpunkt entfernt liegen.

**Betroffene Elemente:** isoTRIA6, isoQUAD8, isoTETRA10, isoPENTA15, isoPYRAMID13 und isoHEXA20

**Messgröße:** Das Verhältnis =  $D / L$  , wobei  $D$  als Entfernung vom mittleren Stützpunkt zur Verbindungslinie vom ersten zum dritten Stützpunkt und  $L$  als Entfernung zwischen erstem und drittem Stützpunkt definiert wird.

**Zusatzinformationen:**

**Empfehlung:** Lokales Erneuern der Netzdaten.

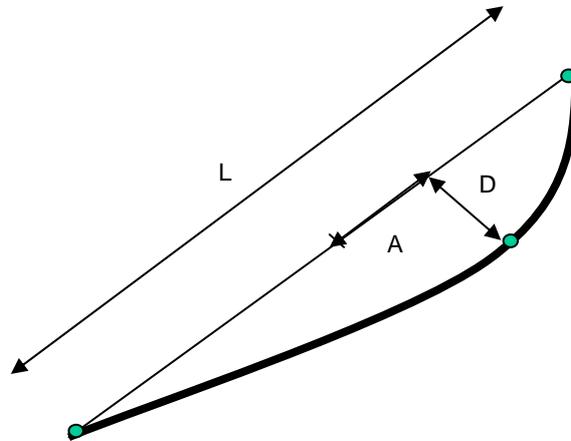
#### 4.13 Middle point alignment: [Ausrichtung des Mittelpunktes]

##### A-TR-PA A-QU-PA A-TE-PA A-PE-PA A-PY-PA A-HE-PA

**Problembeschreibung:** Wenn eine Kante über drei Stützpunkte definiert wird, sollte der mittlere Stützpunkte nicht zu weit von der Mitte zwischen erstem und drittem Stützpunkt entfernt liegen.

**Betroffene Elemente:** isoTRIA6, isoQUAD8, isoTETRA10, isoPENTA15, isoPYRAMID13 und isoHEXA20

**Messgröße:** Das Verhältnis =  $A / L$  , wobei  $A$  als Entfernung von der Projektion des mittleren Stützpunktes auf die Verbindungslinie vom ersten zum dritten Stützpunkt zum Mittelpunkt dieser Verbindungslinie und  $L$  als Entfernung zwischen erstem und drittem Stützpunkt definiert wird.

**Zusatzinformationen:****Empfehlung:** Lokales Erneuern der Netzdaten.**Beispiel:** Abweichung vom Mittelpunkt und Ausrichtung des Mittelpunktes

Alle weiteren Definitionen und Informationen zu Umfang und Qualität von CAD/CAM-Daten entnehmen Sie bitte der zugrunde liegenden, internationalen SASIG PDQ Guideline V2.1.