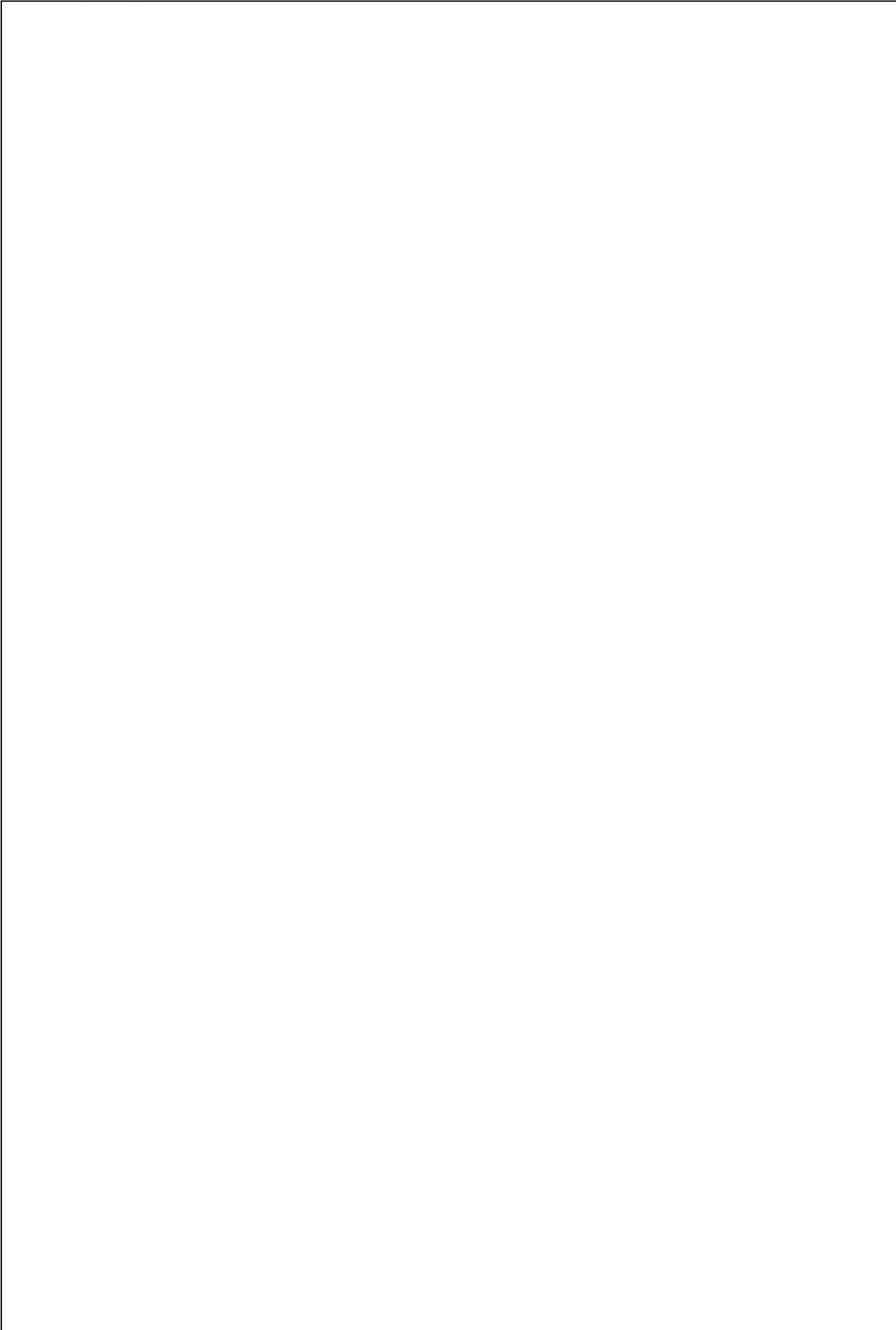


VDA	Arbeitskreis "CAD/CAM" im VDA-Rohstoff-Ausschuß (VDA-AK "CAD/CAM") Umfang und Qualität von CAD/CAM-Daten	4955 V3						
<p>Diese Empfehlung dient der Festlegung von grundlegenden gemeinsamen Anforderungen an die Qualität, den Umfang und die Prüfung von CAD-Daten.</p> <p>Diese Empfehlung ergänzt die VDA-Empfehlung 4950 "CAD/CAM-Datenaustausch".</p> <p>Sie ist das Projektergebnis der VDA -Arbeitsgruppe "Umfang und Qualität von CAD/CAM-Daten" sowie der SASIG-Workinggroup „Product Data Quality“.</p> <table data-bbox="188 629 1347 752"> <tr> <td>Version 1</td> <td>Oktober 1993</td> </tr> <tr> <td>Version 2</td> <td>September 1999</td> </tr> <tr> <td>Version 3</td> <td>Dezember 2002</td> </tr> </table> <ul data-bbox="188 819 1347 1066" style="list-style-type: none"> • Inhalte der SASIG-PDQ-Guideline Version 1 übersetzt und übernommen (inkl. Qualitätskriterien) • Dokument umgebaut zum „Dokumentpaket“ bestehend aus: <ul data-bbox="220 913 1321 1066" style="list-style-type: none"> - 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) 			Version 1	Oktober 1993	Version 2	September 1999	Version 3	Dezember 2002
Version 1	Oktober 1993							
Version 2	September 1999							
Version 3	Dezember 2002							
<p style="text-align: center;">VDA-AK "CAD/CAM"</p> <p style="text-align: center;">Audi, Becker Group, Behr, BMW, Bosch, Brose, Continental-Teves, DaimlerChrysler, Delphi, Flachglas, Ford, Freudenberg, GETRAG, Happich, Hella, Iveco, Johnson Controls, Karmann, Keiper, Knecht, Kostal, Krupp-Hoesch Automotive, Küster Automobiltechnik, MAN, Mannesmann Sachs, Mannesmann VDO, Opel, Pierburg, Porsche, Sekurit, Siemens, VW, Wabco, Webasto, ZF</p>								
Herausgeber: Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) Westendstraße 61 Postfach 170563 60079 Frankfurt/M. Telefon: +49 (0) 69 / 97507-0 Telefon: +49 (0) 69 / 97507-261	Copyright: Nachdruck zur Verbreitung (nur des ganzen Dokumentpaketes) ausdrücklich erlaubt! Kontaktperson für Korrekturen, Kommentare, etc. siehe: http://www.vda.de/							



Informationen zu den Nutzungsrechten bzw. dem Kopierschutz

Diese Version 3 der VDA-Empfehlung 4955 stellt eine (auszugsweise) Übersetzung der SASIG PDQ-Guideline Version 1 dar. Aus den zugehörigen Nutzungsrechten bzw.- einschränkungen ergibt sich für den Wirkungsbereich des VDA:

Aus organisatorischen Gründen wurde das Urheberrecht an der SASIG PDQ-Guideline Version 1 an AI-AG übergeben.

Der VDA als SASIG-Mitgliedsorganisation und Ko-Autor hat das uneingeschränkte Recht zur Nutzung, d.h. Übersetzung, Vervielfältigung und Weitergabe.

Die (vollständige!) Vervielfältigung und Weitergabe in der deutschen Industrie ist ausdrücklich erwünscht. Eine teilweise Vervielfältigung und Weitergabe oder Zitate sind nur unter Angabe der Quelle mit Hinweis auf die Unvollständigkeit erlaubt.

Inhaltsverzeichnis

Überblick

Zusammenfassung für das Management	1
Abschnitt 1: Einleitung und Hintergrund.....	2
Abschnitt 2: PDQ-Kriterien	3

Detailliert

Informationen zu den Nutzungsrechten bzw. dem Kopierschutz.....	ii
Inhaltsverzeichnis.....	iii
Zusammenfassung für das Management	1
Vorwort	1
Hinweis	1
Danksagung an die (Ko-)Autoren.....	1
Abschnitt 1: Einleitung und Hintergrund.....	2
1 Einleitung.....	2
1.1 Produktdaten	2
1.2 Definition von Produktdatenqualität (PDQ).....	2
1.3 Warum PDQ wichtig ist.....	2
1.4 Masterdaten.....	2
1.5 zukünftige Rolle der (Papier-)Zeichnung	2
1.6 Strategie der Entwicklung dieser Empfehlung	2
1.7 Kodierung der PDQ Kriterien.....	2
1.8 Anwendungshinweise für diese Empfehlung	2
2 Verwendung von (CAD-)Daten	2
2.1 Lebenszyklus von Produktdaten	2
2.2 Datenaustausch	2
2.3 Verwendungszwecke von Produktdaten und deren Anforderungen.....	2
Abschnitt 2: PDQ-Kriterien	3
3 CAD-Daten	3
3.1 allgemeine Empfehlungen (Best Practices)	3

3.1.1	Modellstruktur	3
3.1.2	Koordinatensystem(e)	3
3.1.3	Änderungen	4
3.1.4	überflüssige (Hilfs-)Geometrie.....	4
3.1.5	Ableitbarkeit eines (geschlossenen) Flächenverbandes	4
3.1.6	Kanonische Elemente	4
3.2	Beschreibung der geometrischen Qualitätskriterien	5
3.2.1	Kurven	7
3.2.1.1	Large segment Gap (G_0 discontinuity): G-CU-LG [Lageunstetigkeit].....	7
3.2.1.2	Non-Tangent segments (G_1 discontinuity): G-CU-NT [Tangentenunstetigkeit]	7
3.2.1.3	Non-Smooth segments (G_2 discontinuity): G-CU-NS [Krümmungsunstetigkeit]	8
3.2.1.4	High-Degree curve: G-CU-HD [hoher Polynomgrad der Kurve].....	8
3.2.1.5	Indistinct curve Knots: G-CU-IK [kleine Knotenabstände].....	9
3.2.1.6	self-Intersecting curve: G-CU-IS [Selbstdurchdringung einer Kurve]	10
3.2.1.7	Fragmented curve: G-CU-FG [hohe Segmentanzahl].....	10
3.2.1.8	Embedded curves: G-CU-EM [identische Kurven]	11
3.2.1.9	small radius of Curvature: G-CU-CR [kleiner Krümmungsradius].....	11
3.2.1.10	Tiny curve or segment: G-CU-TI [Minikurve oder –Kurvensegment].....	12
3.2.1.11	Wavy planar curve: G-CU-WV [Welligkeit ebener Kurven]	12
3.2.2	Trägerflächen (Surfaces)	13
3.2.2.1	Large patch Gap (G_0 discontinuity): G-SU-LG [Lage-Unstetigkeit].....	13
3.2.2.2	Non-tangent patches (G_1 discontinuity): G-SU-NT [Tangenten-Unstetigkeit]	14
3.2.2.3	Non-smooth patches (G_2 discontinuity): G-SU-NS [Krümmungs-Unstetigkeit]	14
3.2.2.4	Degenerate surface boundary: G-SU-DC [Degenerierte Randkurve].....	15
3.2.2.5	Degenerate surface corner: G-SU-DP [degenerierte Trägerflächen-Ecke].....	15
3.2.2.6	High degree surface: G-SU-HD [Hoher Polynomgrad].....	16
3.2.2.7	Indistinct surface knots: G-SU-IK [geringe Knotenabstände].....	16
3.2.2.8	Self-intersecting surface: G-SU-IS [Selbstdurchdringung]	17
3.2.2.9	Fragmented surface: G-SU-FG [hohe Patchanzahl]	17
3.2.2.10	Narrow surface or patch: G-SU-NA [schmale Fläche oder Segment].....	18
3.2.2.11	Relatively narrow neighbouring patches: G-SU-RN [relativ schmales Nachbar-Segment].....	18
3.2.2.12	Tiny surface or patch: G-SU-TI [Mini-Trägerfläche oder Segment].....	19
3.2.2.13	Embedded surfaces: G-SU-EM [(teilweise) identische Surfaces]	19
3.2.2.14	Small surface radius of curvature: G-SU-CR [kleiner Krümmungsradius] ..	20
3.2.2.15	Unused patches: G-SU-UN [Unbelegte Patchreihen]	20
3.2.2.16	Wavy surface: G-SU-WV [Welligkeit].....	21
3.2.2.17	Folded surfaces: G-SU-FO [Normalenumklappung].....	21

3.2.3	Berandungskurve (Edge).....	22
3.2.3.1	Non-NURBS edge: G-ED-NN [Non-NURBS Berandungskurve]	22
3.2.3.2	Closed edge: G-ED-CL [geschlossene Berandungskurve]	22
3.2.3.3	Inconsistent edge on curve: G-ED-IT [inkonsistente Orientierung von Edge und Kurve].....	23
3.2.3.4	Fragmented edge: G-ED-FG [(unangemessene) Segmentanzahl in einer Berandungskurve]	23
3.2.3.5	Tiny edge: G-ED-TI [Mini-Berandungskurve].....	24
3.2.4	Berandungskurvenzug (Edge loop).....	24
3.2.4.1	Large edge gap (G_0 discontinuity): G-LO-LG [Lageunstetigkeit].....	24
3.2.4.2	Inconsistent edge in loop: G-LO-IT [inkonsistente Orientierung im Berandungskurvenzug].....	25
3.2.4.3	Self-intersecting loop: G-LO-IS [Selbstdurchdringung im Berandungskurvenzug]	25
3.2.4.4	Sharp edge angle: G-LO-SA [spitzer Winkel zwischen Berandungskurven] .	26
3.2.5	Begrenzte Flächen (Bounded/Trimmed Surface, Face)	26
3.2.5.1	Large edge face gap: G-FA-EG [großer Abstand von Berandungskurve und Trägerfläche]	27
3.2.5.2	Large vertex gap: G-FA-VG [großer Abstand von Eckpunkt und Berandungskurve]	27
3.2.5.3	Non-NURBS Face: G-FA-NN [Non-NURBS begrenzte Fläche].....	28
3.2.5.4	Closed face: G-FA-CL [geschlossene begrenzte Flächen].....	28
3.2.5.5	Inconsistent face on surface: G-FA-IT [Inkonsistente Normalenrichtung von Face und Surface]	28
3.2.5.6	Intersecting loops: G-FA-IS [Durchdringung oder Berührung von Berandungskurven]	29
3.2.5.7	Multi-region face: G-FA-MU [begrenzte Fläche mit mehreren Bereichen]...	29
3.2.5.8	Narrow face: G-FA-NA [schmale begrenzte Fläche]	30
3.2.5.9	Narrow region: G-FA-RN [schmaler Bereich]	30
3.2.5.10	Tiny face: G-FA-TI [Minimale begrenzte Fläche].....	31
3.2.5.11	Embedded faces: G-FA-EM [(teilweise) identische begrenzte Flächen].....	31
3.2.6	Topologien (Shell).....	32
3.2.6.1	Large face gap (G_0 discontinuity): G-SH-LG [Lage-Unstetigkeit].....	32
3.2.6.2	Non-tangent faces (G_1 discontinuity): G-SH-NT [Tangenten-Unstetigkeit]..	32
3.2.6.3	Non-smooth faces (G_2 discontinuity): G-SH-NS [Krümmungs-Unstetigkeit] 33	
3.2.6.4	Free Edge: G-SH-FR [Freie Berandungskurve].....	33
3.2.6.5	Inconsistent face in shell: G-SH-IT [Inkonsistente Orientierung]	34
3.2.6.6	Self-intersecting shell: G-SH-IS [Selbstdurchdringung einer Topologie].....	34
3.2.6.7	Over-used edge: G-SH-NM [Über-belegte Berandungskurve].....	35
3.2.6.8	Over-used vertex: G-SH-OU [Über-belegter Eckpunkt]	35

3.2.6.9 Sharp face angle: G-SH-SA [Messerkante]	35
3.2.7 Volumenkörper (Solid).....	36
3.2.7.1 Non-updatable solid: G-SO-NU [Nicht regenerierbarer Solid]	36
3.2.7.2 Missing solid construction history: G-SO-MH [Fehlen der Entstehungsgeschichte]	36
3.2.7.3 Unused solid construction history: G-SO-UH [Nicht genutzte Entstehungsgeschichte]	36
3.2.7.4 Intersecting shells: G-SO-IS [Selbstdurchdringung von Topologien].....	37
3.2.7.5 Multi-volume solid: G-SO-MU [Solid mit verschiedenen Bereichen].....	37
3.2.7.6 Embedded solids: G-SO-EM [eingeschlossene Körper].....	37
3.2.7.7 Tiny solid: G-SO-TI [Mini-Solid].....	38
3.2.7.8 Solid void: G-SO-VO [unerwünschter Hohlraum]	38
3.2.8 Modell (Part, CAD-File)	39
3.2.8.1 Multi-solid model: G-MO-MU [Modell mit mehreren Solids].....	39
3.2.8.2 Hybrid model: G-MO-HY [Mischmodell].....	39
3.3 Beschreibung der Qualitätskriterien für Zeichnungsdaten	40
3.3.1 Tiny elements: G-DW-TI [Minielemente]	40
3.3.2 Identical elements (by approximation): G-DW-EM [Identische Elemente] ...	40
3.3.3 ISO conformable texts: G-DW-CT [IGES-konforme Texte].....	40
3.3.4 Views: G-DW-VW [Ansichten].....	40
3.3.5 Referencing of 3D models: G-DW-MM [Referenzierung von 3D].....	41
3.3.6 CAD source notice: G-DW-GR [CAD-Quellenvermerk]	41
3.3.7 References on external databases and libraries: G-DW-ER [externe Referenzen] 41	
3.4 Beschreibung nicht-geometrischer Qualitätskriterien	42
3.4.1 Administrative information/model name: G-MS-AI [Administrative Informationen/Modellname]	42
3.4.2 Presentation [Präsentation].....	42
3.4.3 Visualisation [Darstellung].....	42
3.4.4 Parametrics [Parametrik].....	42
3.4.5 Features [Einheiten von Geometrie, Information und Eigenschaften].....	42
3.4.5.1 Preference for form features: G-FE-FF [Formfeatures bevorzugen].....	42
3.4.5.2 Reduction of the degree of detailing: G-FE-RD [Reduzierung des Detaillierungsgrades].....	42
3.4.6 Construction geometry (Auxiliary Geometry) [Hilfsgeometrie].....	43
3.4.7 Associativity [Assoziativität]	43
3.4.8 Relationship between types of data [Beziehung zwischen Datentypen].....	43
3.4.9 Assembly representation [Darstellung von Baugruppen]	43
3.4.10 Tolerancing [Toleranzangaben]	43
3.4.10.1 Geometrical tolerances [Geometrische Toleranzen].....	43

3.4.10.2	Dimensional tolerances [Maßtoleranzen]	43
3.4.11	Surface condition [Oberflächenangaben]	43
3.4.12	Material properties [Materialangaben]	43
3.4.13	Part information [Teileinformationen]	43
4	CAE Daten	44
5	PDM Daten	44
6	Prüfdaten	44
6.1	CMM und andere Messgeräte	44
6.2	Eichung	44
7	Daten für die Prototypen-Erstellung	44
8	Fertigungsdaten	44
9	Sonstige Daten	44

Zusammenfassung für das Management

Dieses Kapitel wurde nicht übersetzt, siehe SASIG PDQ Guideline Version 1.

Vorwort

Dieses Kapitel wurde nicht übersetzt, siehe SASIG PDQ Guideline Version 1.

Hinweis

SASIG (Strategic Automotive product data Standards Industry Group) ist die globale Vereinigung der verschiedenen nationalen CAD/CAM Standardisierungsgremien zur Erarbeitung und Verbreitung von Empfehlungen und Methoden zur Nutzung von CAD/CAM-Daten.

Zum Zeitpunkt der Erstellung bzw. Übersetzung des Dokuments bestand SASIG aus den Mitgliedsorganisationen:

- Automotive Industry Action Group (AIAG, US)
- Groupement pour l'Amélioration des Liaisons dans l'Industrie Automobile (GALIA, France)
- Federal Chamber of Automotive Industries (FCAI, Australia)
- Japan Automotive Manufacturers Association (JAMA, Japan)
- ODETTE Sweden
- Verband der Automobilindustrie (VDA, Deutschland)

Die SASIG Mitgliedsorganisationen haben sich verpflichtet, in ihrem Wirkungskreis die SASIG Empfehlungen an ihre Mitgliedsunternehmen sowie andere interessierte Organisationen und Unternehmen zu verteilen. Dabei ist den Mitgliedsorganisationen freigestellt, die Empfehlung in andere Sprachen zu übersetzen, wobei im Falle von Unklarheiten oder Widersprüchen die englische Originalversion das entscheidende Dokument darstellt.

Die Verteilung von Empfehlungen wird üblicherweise „als Ganzes“ durchgeführt. Den SASIG Mitgliedsorganisationen ist allerdings freigestellt, nur Teile der Empfehlung zu extrahieren und zu verteilen, wobei in diesem Fall das Quelldokument eindeutig und nachvollziehbar angegeben sein muss.

Danksagung an die (Ko-)Autoren

Dieses Kapitel wurde nicht übersetzt, siehe SASIG PDQ Guideline Version 1.

Abschnitt 1: Einleitung und Hintergrund

Abschnitt 1 wurde nicht übersetzt, siehe SASIG PDQ Guideline Version 1.

1 Einleitung

- 1.1 Produktdaten**
 - 1.2 Definition von Produktdatenqualität (PDQ)**
 - 1.3 Warum PDQ wichtig ist**
 - 1.4 Masterdaten**
 - 1.5 zukünftige Rolle der (Papier-)Zeichnung**
 - 1.6 Strategie der Entwicklung dieser Empfehlung**
 - 1.7 Kodierung der PDQ Kriterien**
 - 1.8 Anwendungshinweise für diese Empfehlung**
-

2 Verwendung von (CAD-)Daten

- 2.1 Lebenszyklus von Produktdaten**
- 2.2 Datenaustausch**
- 2.3 Verwendungszwecke von Produktdaten und deren Anforderungen**

Abschnitt 2: 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.

3 CAD-Daten

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

- 3.1 allgemeine Empfehlungen (Best Practices)
- 3.2 Beschreibung der geometrischen Qualitätskriterien
- 3.3 Beschreibung der Qualitätskriterien für Zeichnungsdaten
- 3.4 Beschreibung nicht-geometrischer Qualitätskriterien

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 allgemeine Empfehlungen (Best Practices)

Bei der Modellerzeugung kann eine ganze Reihe von allgemeinen Empfehlungen aufgezählt werden, welche die Qualität eines CAD-Modells beeinflussen. Einige wesentliche sollen im Kapitel „Best Practices“ einmal beschrieben werden. So kann z.B. die systematische Entwicklung eines Solidmodells auf hohem Niveau dabei helfen, eine Reihe von Qualitätsproblemen zu verhindern. Darüber hinaus kann dieses Modell i.d.R. einfacher geändert werden. Die folgenden Kriterien sind im Allgemeinen bei fertigen CAD-Modellen schwierig zu prüfen bzw. zu korrigieren und sollten daher bereits früh bei der Erstellung des Modells berücksichtigt werden.

3.1.1 Modellstruktur

Problembeschreibung: Die Strukturierung des Modells ist eine wesentliche Voraussetzung für die Übersichtlichkeit des dreidimensionalen CAD-Datenmodells. Sie gestattet die schnelle und sichere Reduzierung des Modellinhaltes auf einen sinnvollen Austauschumfang.

Empfehlung: Die Modellstruktur soll folgenden Anforderungen genügen:

- sie muss erkennbar, nachvollziehbar und dem CAD-Datenmodell fest zugeordnet sein,
- sie muss beim Datenaustausch im Rahmen der Datenqualitäts-Dokumentation mitgeliefert werden,
- sie soll nach Hilfsgeometrie und wesentlicher Produktgeometrie unterscheiden (z.B. Draht-, Flächen-, Solidgeometrie),
- sie soll Rechts-/Links-/mittige Bereiche der Geometrie unterscheiden,
- sie soll logische Beziehungen wie Funktionen, Baugruppen, o. ä. wiedergeben, sie soll zwischen veränderbaren und nicht veränderbaren Inhalten unterscheiden.

3.1.2 Koordinatensystem(e)

Problembeschreibung: Die CAD-Geometrie ist zu einem unbekanntem und unbeschriebenem Koordinatensystem in Beziehung gesetzt.

Empfehlung: Einzelteile werden in der Regel in Bezug zu einem Teile-Koordinatensystem definiert. Die verbindliche Standardreferenz für Baugruppen ist üblicherweise ein globales Koordinatensystem, beispielsweise das Fahrzeug- oder Motor-Koordinatensystem.

Zusätzliche Koordinatensysteme sind zulässig (z.B. für Aufgaben in Produktion oder Qualitätssicherung). Wenn die Geometrie auf eines dieser Koordinatensysteme übertragen werden soll, dann muss seine Beziehung zum Referenz-Koordinatensystem dokumentiert werden, außerdem muss ein Austausch über die Schnittstellen(formate) möglich sein.

3.1.3 Änderungen

Problembeschreibung: Das schnelle und vollständige Erkennen von Änderungen ist von äußerster Wichtigkeit für den Empfänger. Im Gegensatz zum Bereich der Zeichnungen gibt es für 3D-Modelle keine standardisierten Identifikationsverfahren oder -elemente. Es ist daher um so wichtiger zwischen den Austauschpartnern, vor dem Transfer von Daten eine Vereinbarung bezüglich des zu verwendenden Identifikationsverfahren zu schließen.

Empfehlung: Zusammen mit den Daten sollte eine Beschreibung der Änderungen geliefert werden. Der Ort der Änderung muss gekennzeichnet werden (z.B. durch Farbe, Layer-Struktur, etc.). Es muss gewährleistet sein, dass die Übermittlung der Identifikationskennzeichnung über ein neutrales Datenformat erfolgen kann. Die Änderungen müssen in das komplette Bauteil integriert werden, d.h. es darf nicht nur die geänderte Geometrie übermittelt werden. Alle genehmigten und freigegebenen Änderungen erhalten einen neuen Änderungsindex. Dieser Index muss dem Index der dazu gehörigen Zeichnung entsprechen. Der Änderungs- bzw. Freigabestatus sollte in der Modellbenennung erkennbar sein.

3.1.4 überflüssige (Hilfs-)Geometrie

Problembeschreibung: Elemente, die nichts (mehr) zur Bauteilbeschreibung beitragen, verschlechtern die Eindeutigkeit der Beschreibung. Dies kann zu Problemen bei der Umsetzung von Änderungen führen und darüber hinaus die Datenmenge unnötig erhöhen.

Überflüssige Geometrie ist beispielsweise:

- Hilfsgeometrie „ohne Kinder“, d.h. Geometrie, die für die Entwicklung von Körpern nicht benötigt wird,
- ein Körper, der in einem zweiten komplett aufgeht,
- ein Körper liegt außerhalb eines zweiten und wird von diesem abgezogen,
- nicht benutzte, ausgeblendete Konstruktionsschritte (oft „tote Äste“ genannt).

Empfehlung: Solids und ihre erzeugenden Geometrien kritisch überprüfen, ob nur die konstruktiv notwendige Geometrie vorliegt. Gegebenenfalls sollte die überflüssige Geometrie gelöscht werden.

3.1.5 Ableitbarkeit eines (geschlossenen) Flächenverbandes

Problembeschreibung: Die Ableitung eines geschlossenen Flächenverbandes ist oft vor dem Datenaustausch zwischen unterschiedlichen CAD/CAM-Systemen notwendig. Eine Flächenbeschreibung kann beispielsweise bei CAD/CAM-Systemen erforderlich sein, die keine Solids verarbeiten können.

Empfehlung: Können andere Geometrieformen (z.B. Flächen, Kanten) nicht abgeleitet werden, liegen mit hoher Wahrscheinlichkeit Erzeugungsfehler vor. Diese sind zu finden und zu beheben.

3.1.6 Kanonische Elemente

Problembeschreibung: Die Modifizierung komplexer Modelle ist besonders schwierig, wenn diese auf der Grundlage komplexer Freiform-Geometrieelemente (Kurven, Flächen) entstanden sind. So bieten z.B. viele CAD/CAM-Systeme die Möglichkeit, geschlossene Flächenverbände in B-Rep-Solids zu konvertieren. Dabei wird formell ein Solid-Körper erzeugt. Das resultierende Solid kann i.d.R. bedeutend weniger leicht modifiziert werden als eines das aus Features oder Solid-Grundkörpern, die parametrisiert sind, erzeugt wurde.

Empfehlung: Verwenden Sie kanonische Elemente, wo konstruktiv möglich, wie Linien, Kreise, Zylinder, Kugeln oder Rotationskörper mit einfachen Regelkonturen.

3.2 Beschreibung der geometrischen Qualitätskriterien

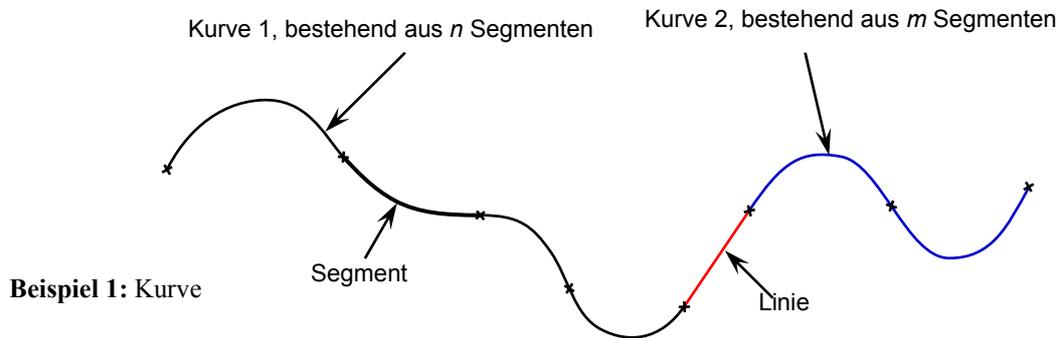
Die geometrische Datenqualität gibt Informationen darüber, wie und mit welcher Genauigkeit geometrische Elemente generiert werden sollen, so dass diese Elemente anschließend in der Prozesskette genutzt werden können. Dieses Kapitel richtet sich nach der natürlichen Datenhierarchie, beginnend mit Kurven 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 Codierung 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“¹. Die folgenden Kapitel beziehen sich jeweils auf eine Spalte der Matrix.

¹ Anmerkung VDA: In dieser Übersetzung der SASIG PDQ Guideline werden ausschließlich die Original-SASIG-Codierungen 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-Codierung und -Beschreibung soll die Verwendung einer einheitlichen „Sprache“ fördern.

3.2.1 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.



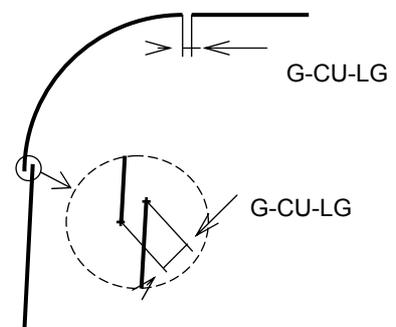
3.2.1.1 Large segment Gap (G_0 discontinuity): G-CU-LG [Lageunstetigkeit]

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 2: Lageunstetigkeit von Kurven

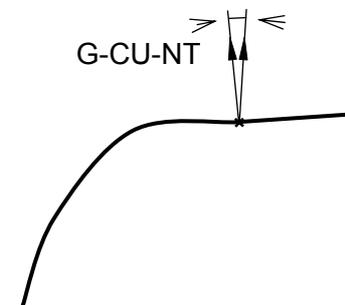
3.2.1.2 Non-Tangent segments (G_1 discontinuity): G-CU-NT [Tangentenunstetigkeit]

Problembeschreibung: Eine Winkeldifferenz (Knick) zwischen benachbarten Kurvenabschnitten bilden 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).



Beispiel 3: Tangentenunstetigkeit von Kurven (der Übersicht halber ist hier die Normalenwindifferenz statt der Tangentenwindifferenz dargestellt)

3.2.1.3 Non-Smooth segments (G_2 discontinuity): G-CU-NS [Krümmungsunstetigkeit]

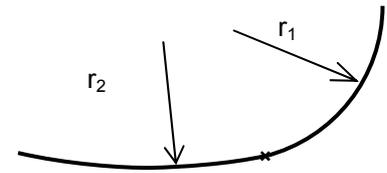
Problembeschreibung: Eine sprunghafte Krümmungsveränderung in einer definierbaren Größenordnung beim Übergang von benachbarten Kurvensegmenten bilden eine Krümmungsunstetigkeit.

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: $2 |r_1 - r_2| / (|r_1| + |r_2|) < Tol^2$

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.



Beispiel 4: Krümmungsunstetigkeit von Kurven

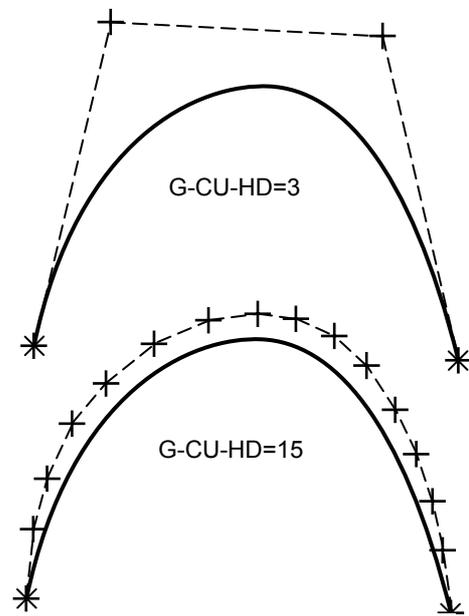
3.2.1.4 High-Degree curve: G-CU-HD [hoher Polynomgrad der Kurve]

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 5: gleiche Kurven unterschiedlichen Polynomgrades

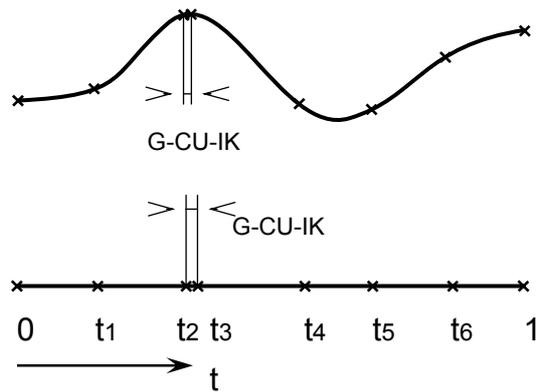
² An dieser Stelle wurde der Originaltext von VDA-AG Datenqualität korrigiert, präzisiert oder erweitert.

3.2.1.5 Indistinct curve Knots: G-CU-IK [kleine Knotenabstände]

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

Messgröße: Abstände aufeinanderfolgender 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 „Mehrfachgewichtung 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 6: 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.

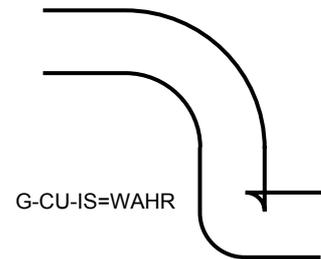
3.2.1.6 self-Intersecting curve: G-CU-IS [Selbstdurchdringung einer Kurve]

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 7: Selbstdurchdringung einer Kurve

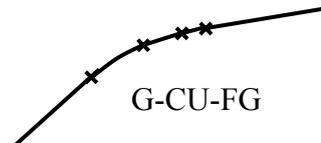
3.2.1.7 Fragmented curve: G-CU-FG [hohe Segmentanzahl]

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 8: hohe Segmentanzahl

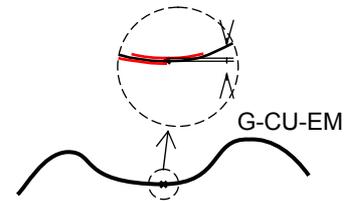
3.2.1.8 Embedded curves: G-CU-EM [identische Kurven]

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.²

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 9: identische Kurve(n)

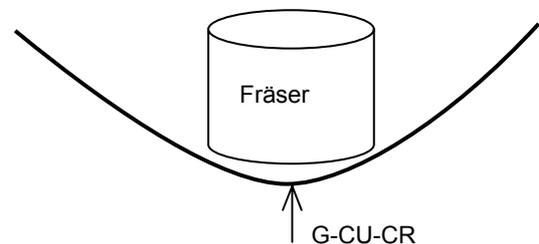
3.2.1.9 small radius of Curvature: G-CU-CR [kleiner Krümmungsradius]

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 10: kleiner Krümmungsradius

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

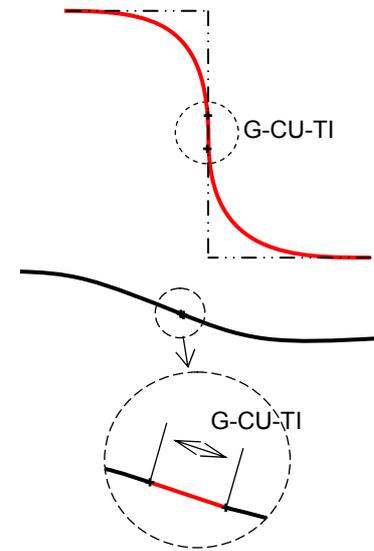
3.2.1.10 Tiny curve or segment: G-CU-TI [Minikurve oder –Kurvensegment]

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 ungünstigen, 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 11: Minikurve/-segment

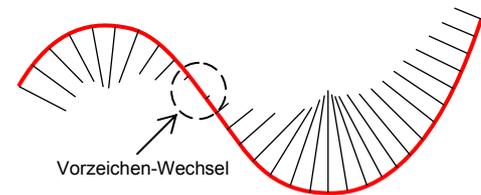
3.2.1.11 Wavy planar curve: G-CU-WV [Welligkeit ebener Kurven]

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 Freiformkurve, 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.

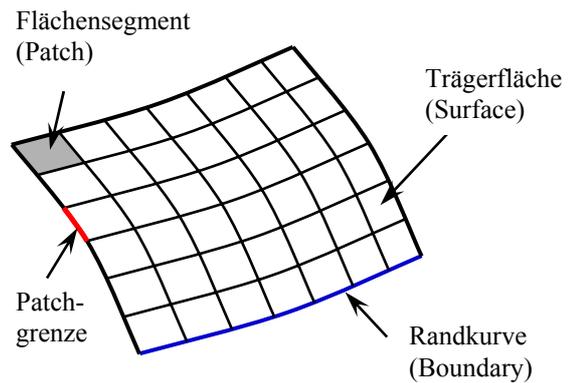


Beispiel 12: Welligkeit ebener Kurven

3.2.2 Trägerflächen (Surfaces)

Als Trägerfläche bezeichnet man die grundlegende mathematische 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 13: Trägerfläche

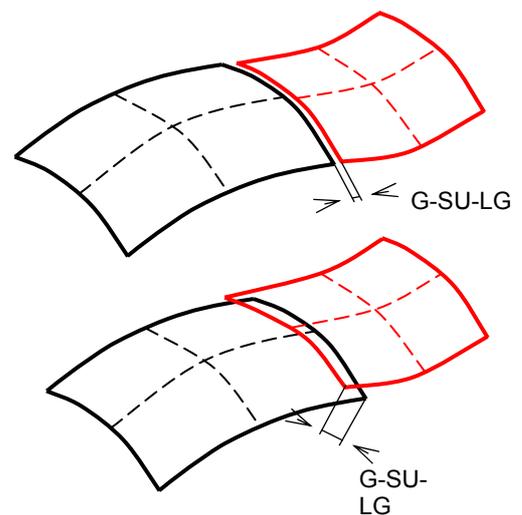
3.2.2.1 Large patch Gap (G_0 discontinuity): G-SU-LG [Lage-Unstetigkeit]

Problembeschreibung: Großer Abstand oder Überlappung von benachbarten Patches einer Trägerfläche - eine G_0 -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) 14: Lageunstetigkeit (G_0 -Unstetigkeit)

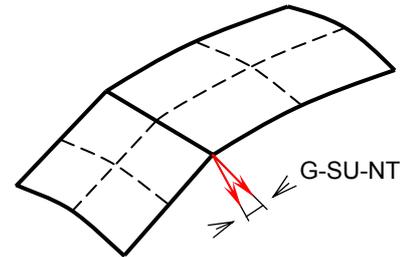
3.2.2.2 Non-tangent patches (G_1 discontinuity): G-SU-NT [Tangenten-Unstetigkeit]

Problembeschreibung: Tangenten-unstetiger Winkel zwischen benachbarten Segmenten einer Trägerfläche - eine G_1 -Unstetigkeit.

Messgröße: Maximaler Winkel zwischen Patch-Tangenten, gemessen an gemeinsamen Punkten der Patchgrenzen (unter der Voraussetzung, dass die G_0 -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 15: Tangenten-Unstetige Patches (G_1 Unstetigkeit)
(der Übersicht halber ist hier die Normalenwindifferenz statt der Tangentialwinkeldifferenz dargestellt)

3.2.2.3 Non-smooth patches (G_2 discontinuity): G-SU-NS [Krümmungs-Unstetigkeit]

Problembeschreibung: Große Krümmungsveränderung zwischen benachbarten Segmenten einer Trägerfläche - eine G_2 -Unstetigkeit.

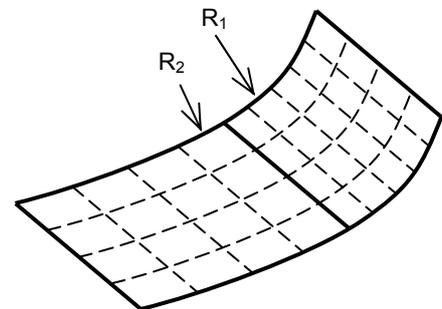
Messgröße: Krümmungsstetigkeit, gemessen an gemeinsamen Punkten der Patchgrenzen (unter der Voraussetzung, dass die G_0 - und G_1 -Stetigkeit gegeben ist), heißt:

- 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:

$$2 |r_1 - r_2| / (|r_1| + |r_2|)$$

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.



Beispiel 16: Krümmungs-unstetige Patches (G_2 Unstetigkeit)

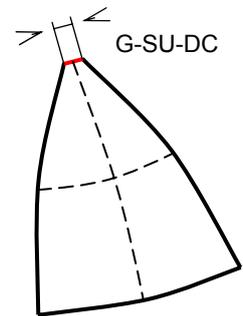
3.2.2.4 Degenerate surface boundary: G-SU-DC [Degenerierte Randkurve]

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 17: degenerierter Segmentrand

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

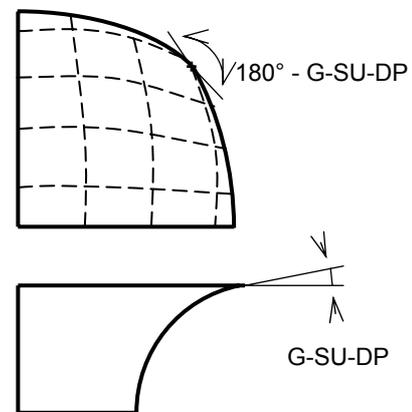
Problembeschreibung: Die Flächenecke bildet einen spitzen oder tangenten Winkel.

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 18: degenerierte Trägerflächen-Ecke

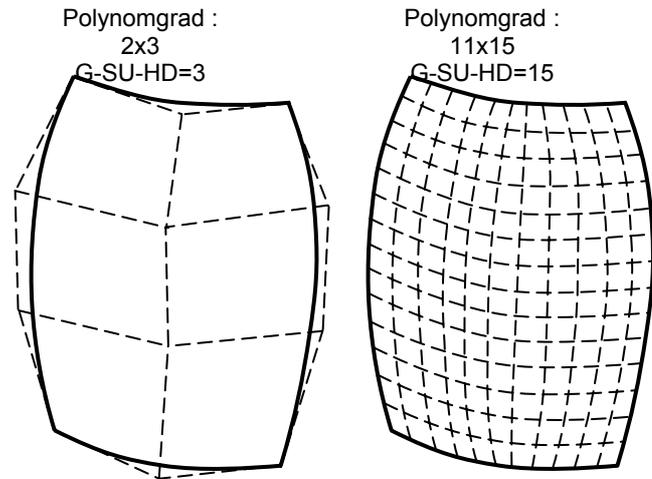
3.2.2.6 High degree surface: G-SU-HD [Hoher Polynomgrad]

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 19: Polynomgrad von Trägerflächen

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

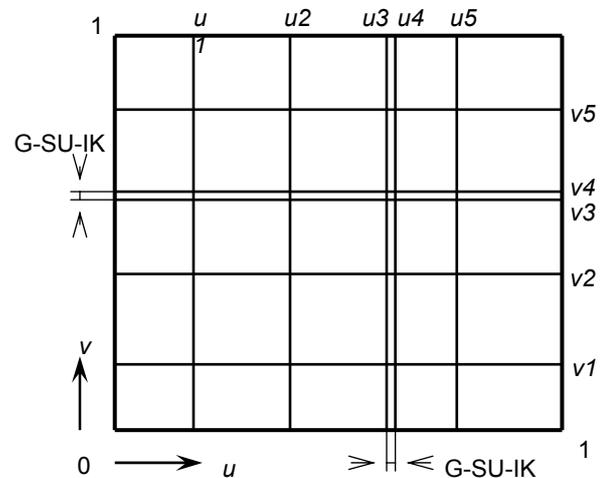
Problembeschreibung: Die Trägerfläche weist aufeinander folgende, nicht-multiple Knoten auf, wobei die Knotenabstände zu nah beieinander liegen.

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 „Mehrfachgewichtung von Knoten“ oder kurz „Mehrfachknoten“.

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.



Beispiel 20: Knotenabstände

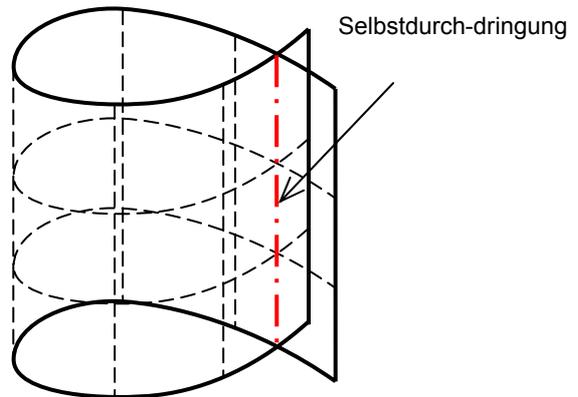
3.2.2.8 Self-intersecting surface: G-SU-IS [Selbstdurchdringung]

Problembeschreibung: Eine Trägerfläche oder ein Patch hat eine Selbstdurchdringung. Bei Unterschreitung eines Grenzwertes gilt dabei auch eine Annäherung bzw. Berührung (Ausnahme: Anfangs-/Endpunkte) als Selbstdurchdringung².

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. Zylindere aus einer Fläche)².

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 21: Selbstdurchdringung einer Fläche

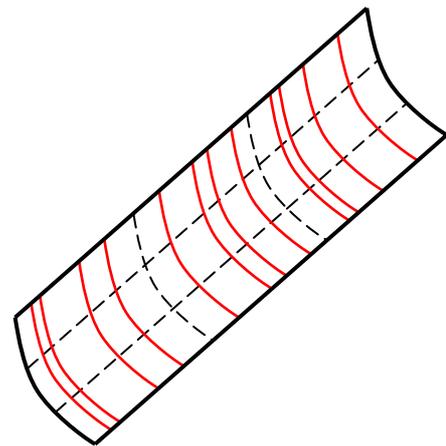
3.2.2.9 Fragmented surface: G-SU-FG [hohe Patchanzahl]

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 22: hohe Patchanzahl

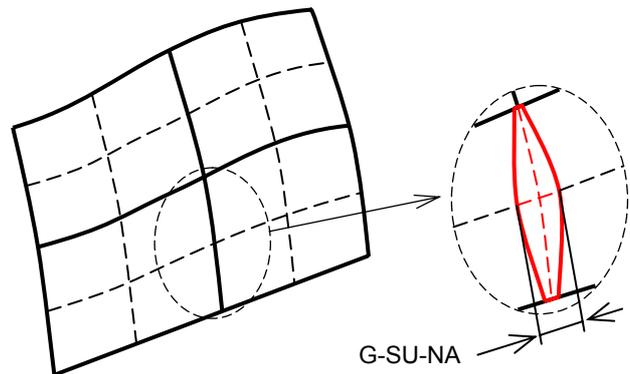
² An dieser Stelle wurde der Originaltext von VDA-AG Datenqualität korrigiert, präzisiert oder erweitert.

3.2.2.10 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 23: 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.

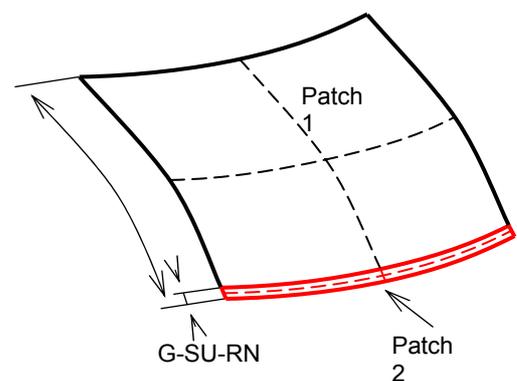
3.2.2.11 Relatively narrow neighbouring patches: G-SU-RN [relativ schmales Nachbar-Segment]

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

Messgröße: Das Verhältnis der Patchausdehnungen zweier benachbarter Patches in einer Parameterrichtung bzw. in beiden Parameterrichtungen².

Zusatzinformationen: Ein Patch sollte nicht erheblich schmaler 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.

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



Beispiel 24: relativ schmales Patch

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

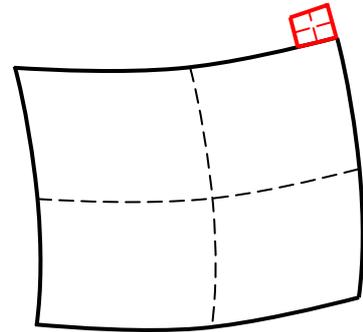
3.2.2.12 Tiny surface or patch: G-SU-TI [Mini-Trägerfläche oder Segment]

Problembeschreibung: Die Gesamtfläche 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 25: Minifläche

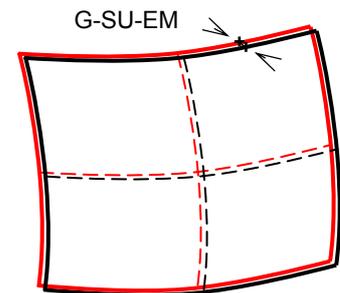
3.2.2.13 Embedded surfaces: G-SU-EM [(teilweise) identische Surfaces]

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 26: identische Surfaces

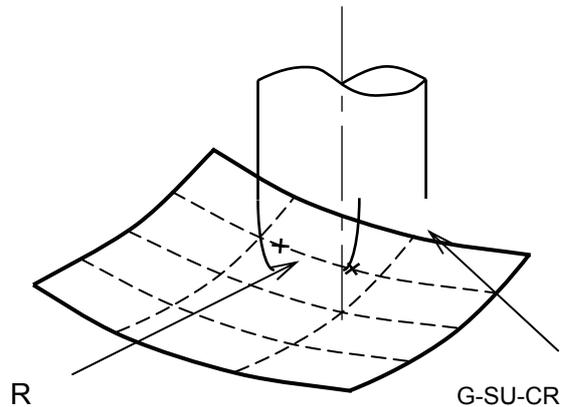
3.2.2.14 Small surface radius of curvature: G-SU-CR [kleiner Krümmungsradius]

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 27: Problem durch kleinen Krümmungsradius

3.2.2.15 Unused patches: G-SU-UN [Unbelegte Patchreihen]

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

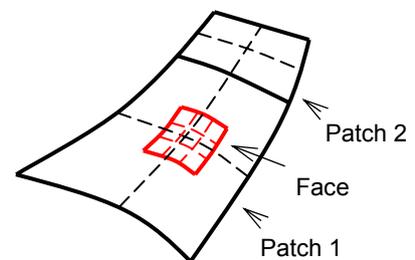
Messgröße: Anzahl der ungenutzten Patchreihen.

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 gefunden, die gar 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 28: unbelegte Patchreihen

3.2.2.16 Wavy surface: G-SU-WV [Welligkeit]

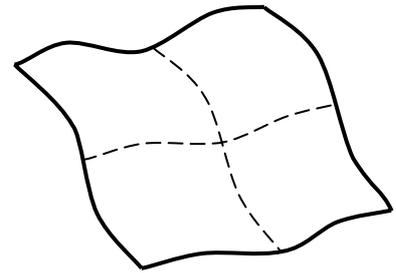
Problembeschreibung: Die Fläche weist zu viele Vorzeichenänderungen der Krümmung auf.

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.

Es können auch interne Probleme im CAD-System entstehen.

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



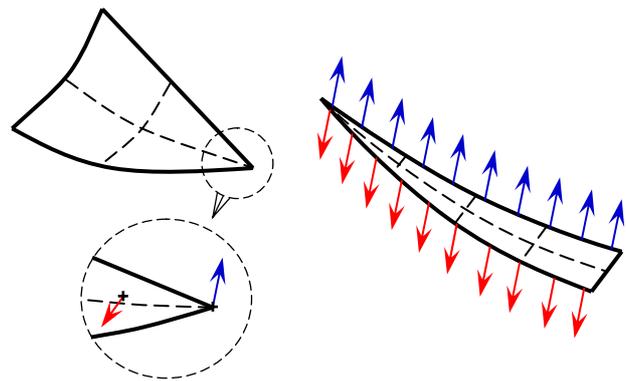
Beispiel 29: wellige Fläche

3.2.2.17 Folded surfaces: 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 30: 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.

3.2.3 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.

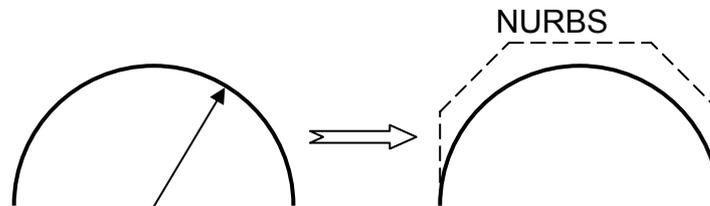
3.2.3.1 Non-NURBS edge: G-ED-NN [Non-NURBS Berandungskurve]

Problembeschreibung: Weil viele Systeme nur NURBS-Geometrien verarbeiten, können Berandungskurven, die nicht durch NURBS approximiert werden können, zu diesen Systemen nicht übertragen werden².

Messgröße: Ob die Berandungskurve durch eine NURBS-Kurve approximiert werden kann oder nicht.

Zusatzinformationen: 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: Keine Empfehlung.



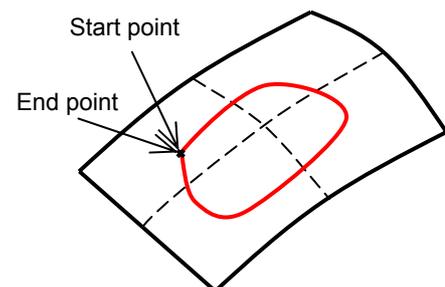
Beispiel 31: Non-NURBS und NURBS-Kurve

3.2.3.2 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 Kontursuchalgorithmen).



Beispiel 32:
geschlossene Berandungskurve

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

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

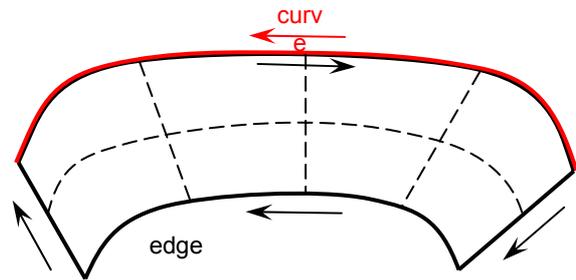
3.2.3.3 Inconsistent edge on curve: G-ED-IT [[inkonsistente Orientierung von Edge und Kurve]

Problembeschreibung: Die Parameterrichtung 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 33: inkonsistente Orientierung von Edge und Kurve

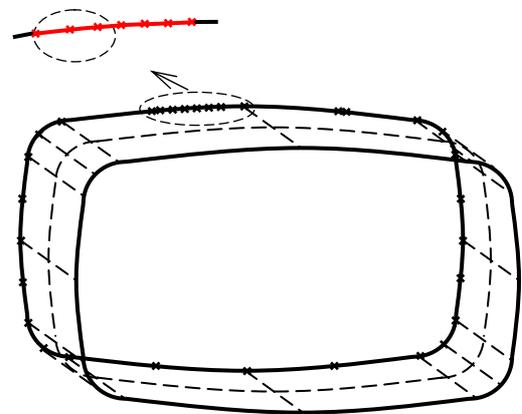
3.2.3.4 Fragmented edge: G-ED-FG [[(unangemessene) Segmentanzahl in einer Berandungskurve]

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 34: (unangemessene) Segmentzahl in einer Berandungskurve

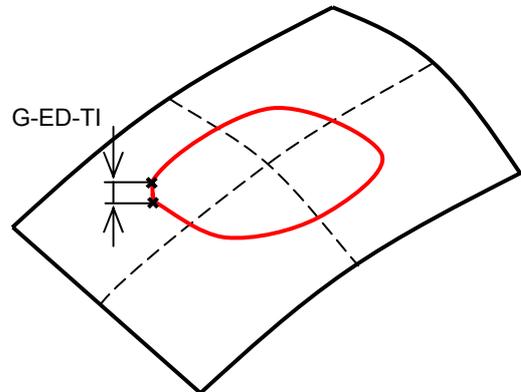
3.2.3.5 Tiny edge: G-ED-TI [Mini-Berandungskurve]

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 35: Mini-Berandungskurve

3.2.4 Berandungskurvenzug (Edge loop)

Ein Berandungskurvenzug (in einigen CAD-Systemen *domain* genannt) ist die geschlossene Menge von aneinandergesetzten 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.

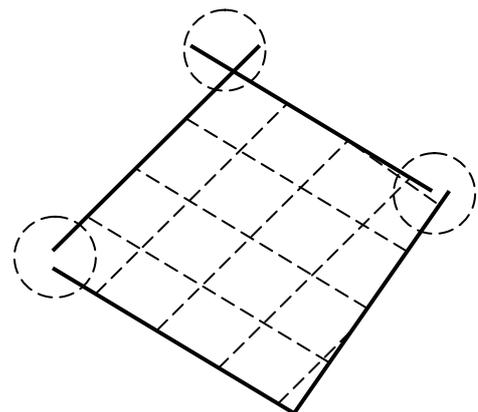
3.2.4.1 Large edge gap (G₀ discontinuity): G-LO-LG [Lageunstetigkeit]

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.

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.



Beispiel 36: Lageunstetigkeit

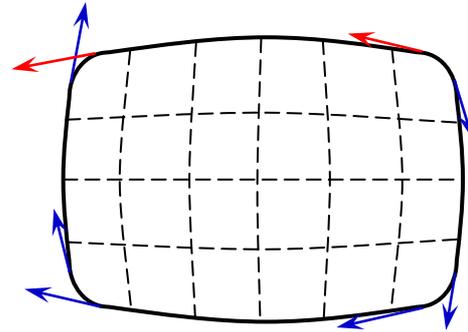
3.2.4.2 Inconsistent edge in loop: G-LO-IT [inkonsistente Orientierung im Berandungskurvenzug]

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 37: inkonsistente Orientierung im Berandungskurvenzug

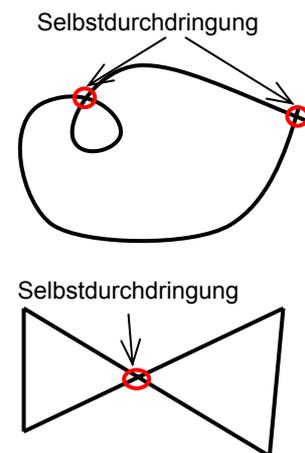
3.2.4.3 Self-intersecting loop: G-LO-IS [Selbstdurchdringung im Berandungskurvenzug]

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 Selbstdurchdringung².

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 ($Tol. > Abstand > 0$)².

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



Beispiel 38: Selbstdurchdringung im Berandungskurvenzug

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

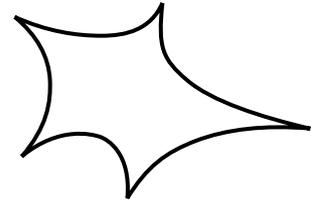
3.2.4.4 Sharp edge angle: G-LO-SA [spitzer Winkel zwischen Berandungskurven]

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.

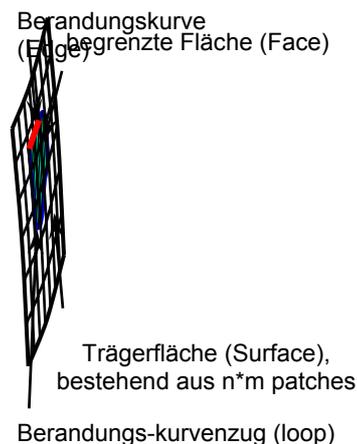


Beispiel 39: spitzer Winkel zwischen Berandungskurven

3.2.5 Begrenzte Flächen (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 40: Trägerfläche mit einer begrenzten Fläche

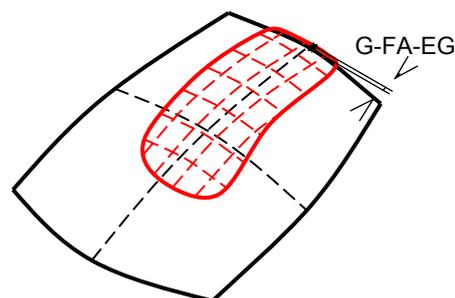
3.2.5.1 Large edge face gap: G-FA-EG [großer Abstand von Berandungskurve und Trägerfläche]

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 41: Abstand von Berandungskurve und Trägerfläche

3.2.5.2 Large vertex gap: G-FA-VG² [großer Abstand von Eckpunkt und Berandungskurve]

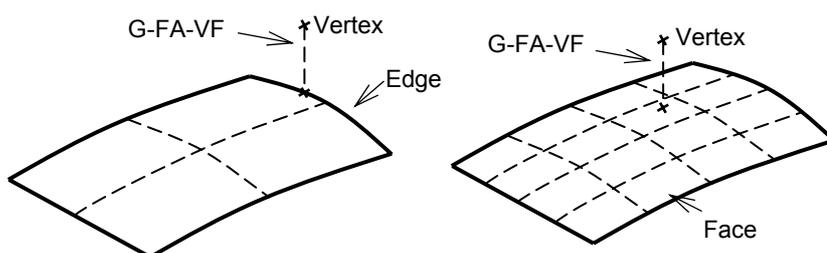
Problembeschreibung: Der Abstand zwischen einem Eckpunkt und einer zugehörigen Berandungskurve oder Trägerfläche liegt über einem vorgegebenen Wert.

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

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.



Beispiel 42: Abstand von Eckpunkt und Berandungskurve bzw. Eckpunkt und Trägerfläche

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

3.2.5.3 Non-NURBS Face: G-FA-NN [Non-NURBS begrenzte Fläche]

Problembeschreibung: Weil einige Systeme nur NURBS-Geometrien verarbeiten, können begrenzte Flächen, die nicht durch NURBS approximiert werden können, zu diesen Systemen nicht übertragen werden.

Messgröße: Ob die begrenzte Fläche durch eine NURBS-Fläche approximiert werden kann oder nicht.

Zusatzinformationen: 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 Datenaustausch².

Empfehlung: Keine Empfehlung

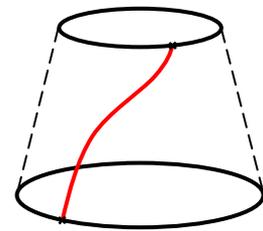
3.2.5.4 Closed face: G-FA-CL [geschlossene begrenzte Flächen]

Problembeschreibung: Gegenüber liegende Berandungskurven einer begrenzten Fläche liegen aufeinander.

Messgröße: Ist das Face „offen“ oder „geschlossen“.

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.



Beispiel 43: geschlossene begrenzte Fläche

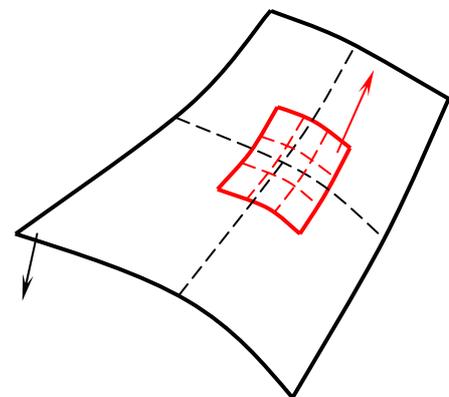
3.2.5.5 Inconsistent face on surface: G-FA-IT [Inkonsistente Normalenrichtung von Face und Surface]

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 ist².

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



Beispiel 44: inkonsistente Normalenrichtung

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

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

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

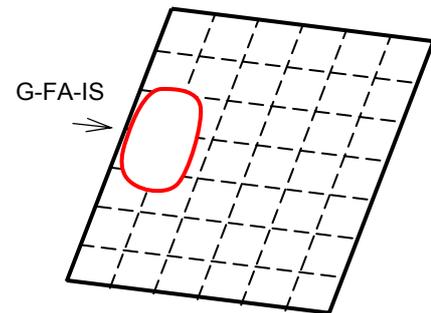
Messgröße: Die Existenz von Schnitt- oder Berührungspunkten zweier Berandungskurvenzüge einer Face im Rahmen der gegebenen Genauigkeit.

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.



Beispiel 45: Berührung von Berandungskurven

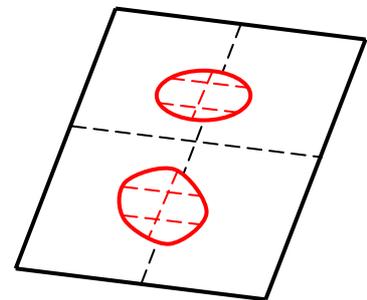
3.2.5.7 Multi-region face: G-FA-MU [begrenzte Fläche mit mehreren Bereichen]

Problembeschreibung: Eine begrenzte Fläche hat mehr als einen sichtbaren Bereich, die räumlich getrennt liegen.

Messgröße: Anzahl der räumlich getrennten Bereiche einer begrenzten Fläche.

Zusatzinformationen: Diese Situation kann in einigen CAD-Systemen erzeugt werden und kann bei der Übertragung in Systeme, die diese Konstellation nicht unterstützen, zu Problemen führen.

Empfehlung: Aufteilen der begrenzten Fläche, um einen Bereich pro Face zu haben.



Beispiel 46: mehrere Bereiche einer begrenzten Fläche

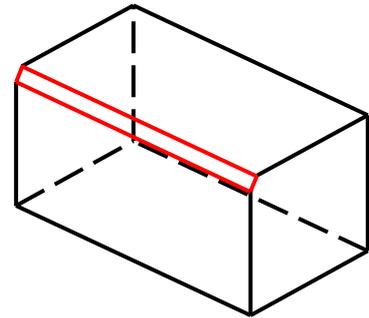
3.2.5.8 Narrow face: G-FA-NA [schmale begrenzte Fläche]

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.

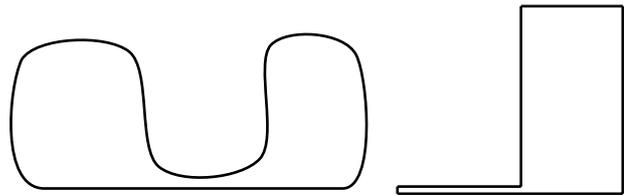


Beispiel 47: schmale begrenzte Fläche

3.2.5.9 Narrow region: G-FA-RN [schmaler Bereich]

Problembeschreibung: Ein Bereich einer begrenzten Fläche ist zu klein 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 48: 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.²

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.

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

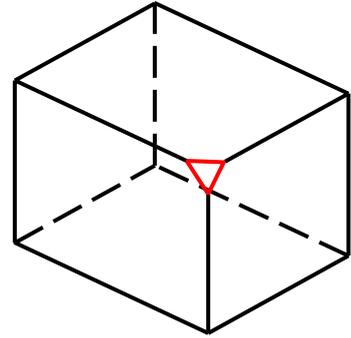
3.2.5.10 Tiny face: G-FA-TI [Minimale begrenzte Fläche]

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 49: minimale begrenzte Fläche

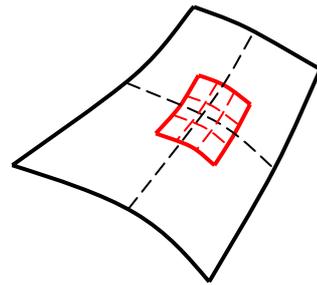
3.2.5.11 Embedded faces: G-FA-EM [(teilweise) identische begrenzte Flächen]

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 50: (teilweise) identische begrenzte Flächen

3.2.6 Topologien (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 Nachbarschaftsinformation 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.²

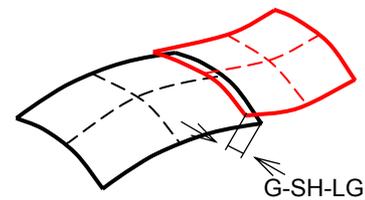
3.2.6.1 Large face gap (G_0 discontinuity): G-SH-LG [Lage-Unstetigkeit]

Problembeschreibung: Ein großer Abstand zwischen oder Überlappung von benachbarten begrenzten Flächen bilden eine Lage-Unstetigkeit (geometrische Bezeichnung: G_0 -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 Krümmungsstetigkeit beachtet werden.



Beispiel 51: Lage-Unstetigkeit

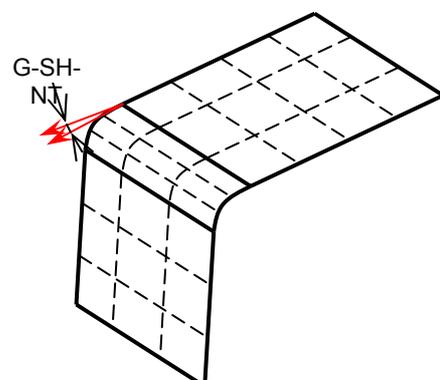
3.2.6.2 Non-tangent faces (G_1 discontinuity): G-SH-NT [Tangenten-Unstetigkeit]

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 52: Tangenten-Unstetigkeit

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

3.2.6.3 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).

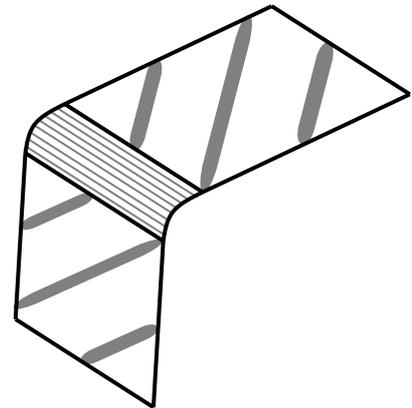
Messgröße: Die Krümmungsstetigkeit in einem gemeinsamen Berührungspunkt zweier begrenzter Flächen (bei gegebener Lage- und Tangentenstetigkeit) bedeutet:

- 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 Grenzwert²:

$$2 |r_1 - r_2| / (|r_1| + |r_2|)$$

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.



Beispiel 53: Krümmungs-unstetige Flächen

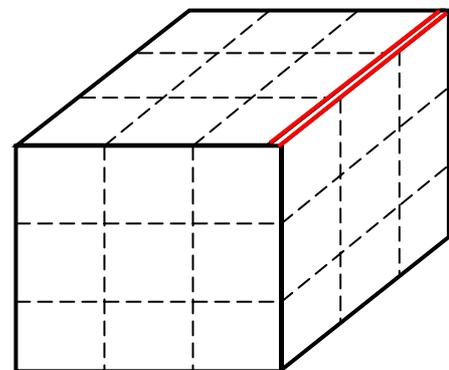
3.2.6.4 Free Edge: G-SH-FR [Freie Berandungskurve]

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 54: freie Berandungskurve

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

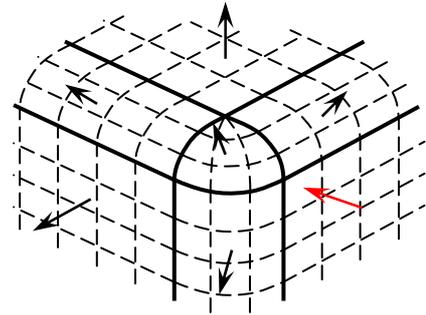
3.2.6.5 Inconsistent face in shell: G-SH-IT [Inkonsistente Orientierung]

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 55: inkonsistente Orientierung in einer Topologie

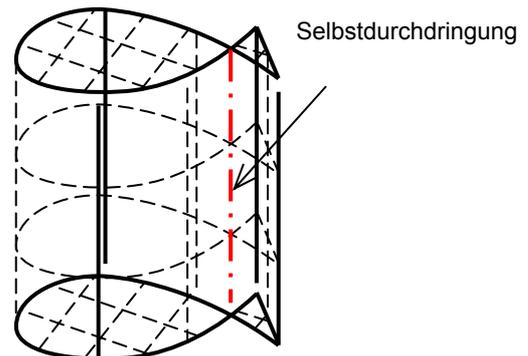
3.2.6.6 Self-intersecting shell: G-SH-IS [Selbstdurchdringung einer Topologie]

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 Selbstdurchdringung².

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 56 Selbstdurchdringung einer Topologie

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

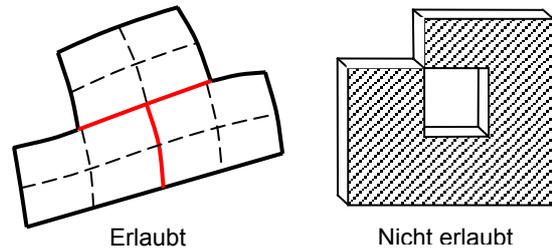
3.2.6.7 Over-used edge: G-SH-NM [Über-belegte Berandungskurve]

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 57: Über-belegte Berandungskurve

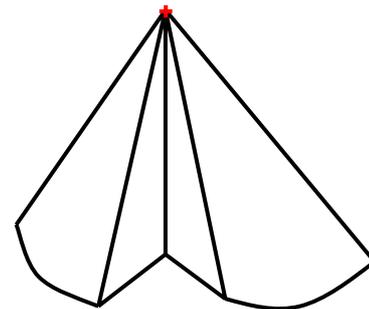
3.2.6.8 Over-used vertex: G-SH-OU [Über-belegter Eckpunkt]

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 58: Über-belegter Eckpunkt

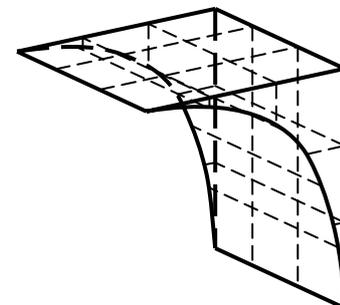
3.2.6.9 Sharp face angle: G-SH-SA [Messerkante]

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

Messgröße: Winkel² 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 59: Messerkante

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

3.2.7 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.

3.2.7.1 Non-updatable solid: G-SO-NU [Nicht regenerierbarer Solid]

Problembeschreibung: Ein Solid hat eine Entstehungsgeschichte („construction history“) mit Zwischenständen, die ggf. in der Geometrie und Topologie des „fertigen“ Solid noch nicht sichtbar sind oder bei der Regenerierung (dem „update“) zu einem Fehler führen.

Messgröße: Aktualität bzw. Regenerierbarkeit des Solid.

Zusatzinformationen: In einigen Systemen werden Solids nicht immer automatisch aktualisiert, sondern müssen explizit regeneriert werden. Solids, die nicht regenerierbar sind, können nicht weiterverarbeitet werden.

Empfehlung: Die Regenerierung eines Solid soll in dem System durchgeführt werden, in dem er entstanden ist. Warnungen, Fehlermeldungen oder automatische Unterdrückung fehlerhafter Operationen sollen kritisch geprüft und mit angemessenen Mitteln vermieden, beseitigt oder korrigiert werden.

3.2.7.2 Missing solid construction history: G-SO-MH [Fehlen der Entstehungsgeschichte]

Problembeschreibung: Der Solid hat eine unvollständige oder gar keine construction history, z.B. benutzte Einzelteile, Parameter oder Operationen sind nicht verfügbar.

Messgröße: Verfügbarkeit der vollständigen History (kann nur systemspezifisch geprüft werden, z.B. über die Existenz von Features [siehe Kapitel 3.4.5], importierten Features, etc.).

Zusatzinformationen: Die construction history dient vor allem der späteren Modifikation des CAD-Modells. In manchen Fällen wird diese history absichtlich gelöscht um Entwicklungs- und Modellierungs-Know-How zu schützen. In wieder anderen Situationen wird die history nicht benötigt, z.B. bei einer Einbauuntersuchung.

Empfehlung: Eine Neuanlage einer „Original-history“ ist i.d.R. nicht möglich. Aus diesem Grund ist das Löschen oder der irgendwie anders begründete Verlust der history tunlichst zu vermeiden.

3.2.7.3 Unused solid construction history: G-SO-UH [Nicht genutzte Entstehungsgeschichte]

Problembeschreibung: In construction histories finden sich gelegentlich Features, Parameter oder Operationen, die zwar definiert sind, aber keinen Beitrag für die Produktbeschreibung liefern (z.B. „tote Äste“ eines CSG-Baumes).

Messgröße: Nutzung sämtlicher Bestandteile der history im Solid.

Zusatzinformationen: Nicht genutzte, d.h. überflüssige Modellinhalte erschweren die Nachvollziehbarkeit und gefährden oft die Regenerierbarkeit von Solids.

Empfehlung: Bereinigen des Modells von allen überflüssigen Modellinhalten.

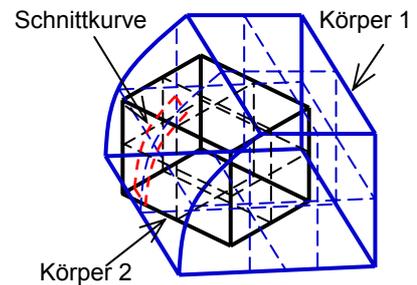
3.2.7.4 Intersecting shells: G-SO-IS [Selbstdurchdringung von Topologien]

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.²



Beispiel 60: Selbstdurchdringung von Topologien

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

Problembeschreibung: Ein Solid besteht aus mehr als einem abgeschlossenem 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.

3.2.7.6 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.

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

3.2.7.7 Tiny solid: G-SO-TI [Mini-Solid]

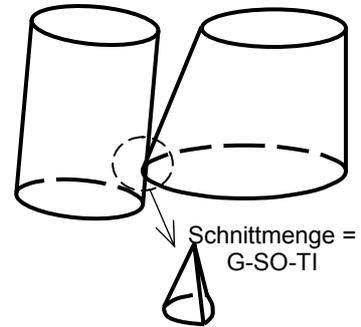
Problembeschreibung: Die Gesamtausdehnung eines Solid ist unterhalb eines vorgegebenen Wertes.

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 61: Mini-Solid

3.2.7.8 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.

3.2.8 Modell (Part, CAD-File)

3.2.8.1 Multi-solid model: G-MO-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.

3.2.8.2 Hybrid model: G-MO-HY [Mischmodell]

Problembeschreibung: Das Modell enthält verschiedene Geometrietypen und -beschreibungen: Solids, sowie verschiedene Elemente aus den Gruppen der Flächen- und Drahtgeometrien, Edges, Topologien, etc.

Messgröße: Existenz von Geometrien mehrerer Gruppen.²

Zusatzinformationen: Siehe Kapitel 1.4 zur Bedeutung der unterschiedlichen Datentypen, die ein Hybridmodell ausmachen.

Empfehlung: Das Modell hinsichtlich redundanter, überflüssiger Elemente bereinigen. Wenn dieses Kriterium bestimmten Vorgehensweisen in einzelnen Prozessschritten widerspricht, sollten dennoch in der Weise bereinigt und dokumentiert werden, dass wesentliche Beiträge zur Produktbeschreibung deutlich erkennbar sind (z.B. ein Maß im Zeichnungsteil überstimmt 3D-Geometrie).

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

3.3 Beschreibung der Qualitätskriterien für Zeichnungsdaten

Die folgenden Kriterien gelten für herkömmliche Zeichnungen, die mit einem CAD-System erstellt werden.

3.3.1 Tiny elements: G-DW-TI [Minielemente]

Problembeschreibung: Zeichnungselemente, die eine bestimmte Ausdehnung unterschreiten, können beim Datenaustausch in eine Systemumgebung geringerer Genauigkeit zu ungültigen, weil degenerierten Elementen führen.

Empfehlung: Minielemente löschen. Falls abhängige Elemente (Bemaßung, Schraffur) vorhanden sind, diese vorher isolieren.

3.3.2 Identical elements (by approximation): G-DW-EM [Identische Elemente]

Problembeschreibung: Bei der Zeichnungserstellung kann es vorkommen, dass ungewollt identische Elemente entstehen (z.B. mehrere Linien unterschiedlicher oder gleicher Länge übereinander), die den Platzbedarf des Modells unnötig vergrößern. Identische Elemente, auch doppelte Elemente genannt, verhindern z.B. oft die automatische Erkennung von kontinuierlichen Kurvenzügen.

Empfehlung: Identische Elemente löschen. Solange die Elemente exakt identisch sind, können sie problemlos gelöscht werden. Bei mehreren übereinanderliegenden Elementen unterschiedlicher Länge ist es u.U. sinnvoll, das längste Elemente herauszufinden und die kürzeren Elemente zu löschen.

3.3.3 ISO conformable texts: G-DW-CT [IGES-konforme Texte]

Problembeschreibung: Bei der Texterstellung und Bemaßung können nationale Sonderzeichen (z.B. deutsche Umlaute sowie „ß“) zu Übertragungsproblemen führen. Eine zu hohe Anzahl von Textzeichen (>70 pro Zeile) sowie mehrzeiliger Text können bei der Übertragung ebenso zu Verlusten führen und sind deshalb zu vermeiden bzw. speziell zu vereinbaren.

Empfehlung: Sonderzeichen und Umlaute sind zu ersetzen (z.B.: ä durch ae). Texte mit mehr als 70 Zeichen sind in mehrere Einzeltexte aufzuteilen. Mehrzeilige Texte sind durch mehrere einzeilige Texte zu ersetzen.

3.3.4 Views: G-DW-VW [Ansichten]

Problembeschreibung: Bei Verwendung des Strukturelements Ansicht (View) sind Regeln einzuhalten, um dem Empfänger die Weiterverarbeitung im System, über das Plotten hinaus, zu erlauben.

Empfehlung:

- Die View-Frames (senkrechte Begrenzungsebenen) sollen innerhalb des Zeichnungsrahmens liegen,
- Zeichnungselemente sind in der View zu erzeugen, in der sie dargestellt werden,
- Views mit Detailausschnitten/-vergrößerungen haben den gleichen Ursprung (Nullpunkt, Bezugspunkt) wie die Originalview,
- Views können skaliert werden; die Geometrie selbst darf nicht skaliert werden!

3.3.5 Referencing of 3D models: G-DW-MM [Referenzierung von 3D]

Problembeschreibung: Manche CAD-Systeme erlauben den Aufbau von Zeichnungen ohne separate 2D Geometrie durch Projektion der 3D-Geometrie in die Zeichnungsebene.

Empfehlung: Zu Projektbeginn ist zwischen den beteiligten Partnern Einverständnis zu erzielen, ob die Zeichnung ausschließlich aus echten Zeichnungselementen besteht oder ob auch Ansichten auf das 3D-Modell zulässig sind. In beiden Fällen ist für die exakte Beschreibung des Bauteils das 3D-CAD-Modell verbindlich. Widersprüche zwischen 3D-CAD-Modell und Zeichnung sind unbedingt zu vermeiden.

3.3.6 CAD source notice: G-DW-GR [CAD-Quellenvermerk]

Problembeschreibung: Zeichnungen (z.B. Plots) enthalten oft keinen Hinweis auf ihren CAD-Ursprungsdatensatz. Dadurch wird die Rückführung von Änderungen (z.B. im Werkzeugbau) in das 3D-CAD-Modell gefährdet.

Empfehlung: Zeichnungen müssen einen CAD-Quellenvermerk (Systemname, Version, Speicheradresse 3D-CAD-Modell, Teile-/Zeichnungsindex, etc.) enthalten.

3.3.7 References on external databases and libraries: G-DW-ER [externe Referenzen]

Problembeschreibung: Beim Austausch von Geometrien, Symbolen, etc. aus externen Bibliotheken ist die Sichtbarkeit/Brauchbarkeit beim Empfänger sicherzustellen.

Empfehlung: Bei Verwendung von z. B. Symbolen, Zeichnungsrahmen oder Normteilen aus externen Datenbanken sollen entweder

- ein eindeutiger Hinweis auf die Existenz solcher Referenzen gegeben und über den Austausch der Bibliotheken Vereinbarungen getroffen, oder
- die vollständige Auflösung dieser Struktur sichergestellt werden.

3.4 Beschreibung nicht-geometrischer Qualitätskriterien

3.4.1 Administrative information/model name: G-MS-AI [Administrative Informationen/Modellname]

Problembeschreibung: Es besteht Bedarf für den Austausch von administrativen Informationen (z.B. Änderungsindex, Änderungsbeschreibung, Materialangaben, Freigabestand, Freigabedatum, Ersteller, Projekt, etc.). Der Modellname kann nur begrenzt Informationen über Inhalt und Zustand enthalten.

Empfehlung: Der Modellname sollte einer festgelegten Konvention entsprechen. Er kann z.B. Bauteil-/Projektnummer und -benennung, Datenart, Änderungsindex, Freigabedatum, Ersteller, etc. enthalten.

Weitere administrative Informationen können abgesprochen und in anderer geeigneter und übertragbarer Form dem CAD-Modell beigelegt werden.

Es ist eine Liste der unzulässigen Meta-Zeichen zu erstellen, ebenso sind Länge und Inhalt des Modellnamens mit Hilfe einer CAD-Vereinbarung (Anhang) festzulegen.

3.4.2 Presentation [Präsentation]

3.4.3 Visualisation [Darstellung]

3.4.4 Parametrics [Parametrik]

3.4.5 Features [Einheiten von Geometrie, Information und Eigenschaften]

Die folgenden Kriterien gelten für Modelle, die mit Hilfe von Formfeatures erstellt wurden.

3.4.5.1 Preference for form features: G-FE-FF [Formfeatures bevorzugen]

Problembeschreibung: Die Technologie der Formfeatures umfasst die Beschreibung der Geometrie und zusätzlich ihrer konstruktiven Bedeutung (z.B. Bohrung statt Zylinder). Dies kann auch technologische Parameter (z.B. Materialdaten) mit einschließen. Formfeatures erleichtern Änderungen und machen den Modellaufbau verständlicher.

Empfehlung: Solids kritisch überprüfen, ob tatsächlich überall, wo dies möglich war, Formfeatures verwendet wurden, ggf. nachholen. Der beste Ansatz besteht darin, das Modell mit jenen Möglichkeiten zu erstellen, welche spätere Modifikationen möglich bzw. einfach machen.

3.4.5.2 Reduction of the degree of detailing: G-FE-RD [Reduzierung des Detaillierungsgrades]

Problembeschreibung: Für Einbauuntersuchungen, FEM-Berechnung oder zur Reduzierung der Datenmenge kann es sinnvoll sein, bestimmte Operationen aus dem Solid zu entfernen (z.B. alle Ausrundungen und Formschrägen). Beim Aufbau des Solids ist dies entsprechend zu berücksichtigen.

Empfehlung: Falls erforderlich, ist der Solid entsprechend zu modifizieren.

3.4.6 Construction geometry (Auxiliary Geometry)
[Hilfsgeometrie]

3.4.7 Associativity
[Assoziativität]

3.4.8 Relationship between types of data
[Beziehung zwischen Datentypen]

3.4.9 Assembly representation
[Darstellung von Baugruppen]

3.4.10 Tolerancing
[Toleranzangaben]

3.4.10.1 Geometrical tolerances
[Geometrische Toleranzen]

3.4.10.2 Dimensional tolerances
[Maßtoleranzen]

3.4.11 Surface condition
[Oberflächenangaben]

3.4.12 Material properties
[Materialangaben]

3.4.13 Part information
[Teileinformationen]

4 CAE Daten

In diesem Kapitel sollen die für CAE-Anwendungen erforderlichen Daten sowie deren Qualität berücksichtigt, vorgestellt und erläutert werden. Dabei sollen verschiedene Formate von Analysedaten einbezogen werden. Dieses Kapitel soll in einer zukünftigen Version dieser Richtlinien vervollständigt werden. Im folgenden sind die voraussichtlichen Unterkapitel aufgeführt, die eine Übersicht darüber vermitteln sollen, welche Themen behandelt werden.

- Finite-Elemente-Analyse
 - Strukturanalyse
 - Crash-Simulation
- Computergestützte Strömungslehre
- Formverlaufs-Analyse
- Kinematik und Dynamik
- Akustik
- Elektromagnetismus
- Schweißen

5 PDM Daten

6 Prüfdaten

6.1 CMM und andere Messgeräte

6.2 Eichung

7 Daten für die Prototypen-Erstellung

8 Fertigungsdaten

9 Sonstige Daten

Die restlichen Sektionen und Kapitel wurden für diese Version des Dokuments nicht übersetzt!