

DIGITAL INDUSTRIES SOFTWARE

# Simcenter 3D zur Simulation von Festigkeit und Lebensdauer

Ermöglicht detaillierte Ermüdungs- und Lebensdaueranalysen

## Lösungsvorteile

Verschiedene Konstruktionsoptionen erkunden und Konstruktion hinsichtlich Belastbarkeit und Beanspruchung optimieren

Ermüdungslaufzeit schnell und effizient analysieren und prognostizieren

Erkenntnisreiche und schnelle Rückmeldung zu kritischen Laufzeitaspekten einholen

Neue Materialien und Fertigungsprozesse sowie komplexe Verbindungen und Schweißkonstruktionen simulieren

Lasten auf System- und Komponentenebene vorhersagen

Auf einen Blick die Bedeutung Ihrer Finite-Elemente-Ergebnisse für Festigkeit und Laufzeit erkennen

**Die Simcenter™ 3D-Software bietet eine einzigartige Palette an Werkzeugen zur Unterstützung der Belastbarkeits- und Ermüdungskonstruktion in allen Entwicklungsphasen. Dazu gehören einfach zu bedienende Assistenten für Festigkeit und Ermüdung in der Konstruktionsphase, Ermüdungsinformationen über das aktuelle simulierte Teil, detaillierte Analyse komplexer Belastungsszenarien, einschließlich Schweißkonstruktionen und Verbindungen, sowie neue Materialien und Fertigungsprozesse.**

**Die optimale Methode zur Festigkeits- und Haltbarkeitsanalyse von Produkten**

Kürzere Entwicklungszyklen und stetig steigende Qualitätsanforderungen haben den testbasierten Betriebsfestigkeitsansatz an seine Grenzen gebracht. Das Evaluieren und Anpassen der Betriebsfestigkeitsleistung mit Simulationsmethoden ist die

einzig mögliche Alternative. Die Laufzeitmodule in Simcenter 3D ermöglichen den Zugriff auf hochmoderne Analyseverfahren, mit denen Konstrukteure einem Modell interaktiv Belastungen zuweisen können. Die Lösung ermöglicht eine effiziente Prüfung von Schweißnähten und -punkten sowie innovative Verfahren für Verbundwerkstoffe.



Laufzeitberechnung

**SIEMENS**

[siemens.com/simcenter3d](http://siemens.com/simcenter3d)

# Simcenter 3D

## zur Simulation von Festigkeit und Lebensdauer

<b>Lasten</b> 	<b>Erstellen eines digitalen Zwillings zu Testzwecken</b> 	<b>Test simulieren</b> 	<b>Detaillierte Analyse</b> 
---	---	---	---

### Über- oder unterdimensionierte Konstruktionselemente vermeiden

Analysieren Sie die auf kritische Bereiche einwirkenden Lasten und optimieren Sie den Kraftfluss ausgehend von den Lastangriffspunkten mit dem größten Einfluss auf diese Bereiche. Dies führt zu deutlich besseren Konstruktionen als eine reine Verstärkung der kritischen Bereiche und spart dabei Gewicht sowie Material ein.

### Für eine effizientere und sicherere physische Validierung

Virtuelle Prüfstandsexperimente ermöglichen die Berechnung der Auswirkungen einzelner Lastzustände auf die Komponentenschädigung. Eine solche Berechnung bietet zudem die Möglichkeit, spezifische Lastszenarien für alle Komponenten individuell festzulegen und dadurch Testzeit einzusparen.

### Integration von Fertigungs- und Montageaspekten in die Lebensdauerberechnung

Das Ermüdungsverhalten wird oft wesentlich durch neue Materialien und Fertigungsverfahren beeinflusst. Mit Simcenter 3D lassen sich Fertigungseinflüsse bei der Durchführung von Lebensdaueranalysen berücksichtigen.

### Von Beginn an die richtige Konstruktion wählen

Für eine effiziente Berechnung der Materialermüdung ermöglichen Lebensdauermodule den Zugriff auf:

- Prüfdaten wie verwendete Lasten, Prüfablaufdefinitionen usw.
- Simulationsdaten wie Mehrkörper- und Finite-Elemente-Simulationsergebnisse des digitalen Zwillings
- Modernste Methoden der Festigkeits- und Ermüdungssimulation
- Ermüdungsspezifische Nachbearbeitung

### NX, eine Plattform für multidisziplinäre Konstruktion

Die Simcenter 3D-Lebensdauerlösung ist als Teil einer umfassenden, integrierten multidisziplinären Simulationsumgebung um den Simcenter 3D Engineering Desktop aufgebaut. Die zentrale Desktop-Umgebung stellt sämtliche Pre- und Postprocessing-Tools für alle Simcenter 3D-Lösungen bereit. Diese integrierte Umgebung ermöglicht schnellere CAE-Prozesse und optimiert multidisziplinäre Simulationen. Sie verbindet Lebensdauer mit Disziplinen wie Spannungs- und Dehnungslehre sowie konstruktiven Lösungen. Zudem ermöglicht sie auch Lastvorhersagen anhand von Bewegungslösungen für kurz- und endlosfaserverstärkte Verbundwerkstoffe mit nichtlinearem Verhalten bei durchgängiger Integration in die schadenstolerante Konstruktion.

## Anwendungen nach Branche

### Luft- und Raumfahrt

Simcenter 3D wird zur Vorhersage der Lebensdauer von mechanischen Systemen wie Turbinen, Fahrwerken, Steuerungsmechanismen, Vorflügelbahnen und anderen kritischen Baugruppen eingesetzt. Lokale Spannungskonzentrationen werden anhand sämtlicher möglicher Kombinationen der lokalen Lastfälle ermittelt, um Probleme der Betriebsfestigkeit bereits vor dem Bau von Prototypen zu erkennen. Eine breite Palette von Methoden ermöglicht die Lokalisierung von Schwachstellen und die Bewertung der Ermüdungslebensdauer.

### Automobil- und Transportwesen

Mit Simcenter 3D werden Lebensdaueranalysen an Karosserierahmen, Verkleidungen, Querträgern und Türsystemen sowie an Schiebedächern, Verschlüssen und Verriegelungssystemen durchgeführt. Das Simcenter 3D Durability-Modul bietet eine hohe Genauigkeit für eine spezifische Nahtschweiß- und Punktschweißanalyse. Erweiterte numerische Haltbarkeitsvorhersagen können auf Motoren, Antriebsstrangteile, Motorhalterungen, Getriebekettenabsätze und Auspuffleitungen angewendet werden.

### Industriemaschinen

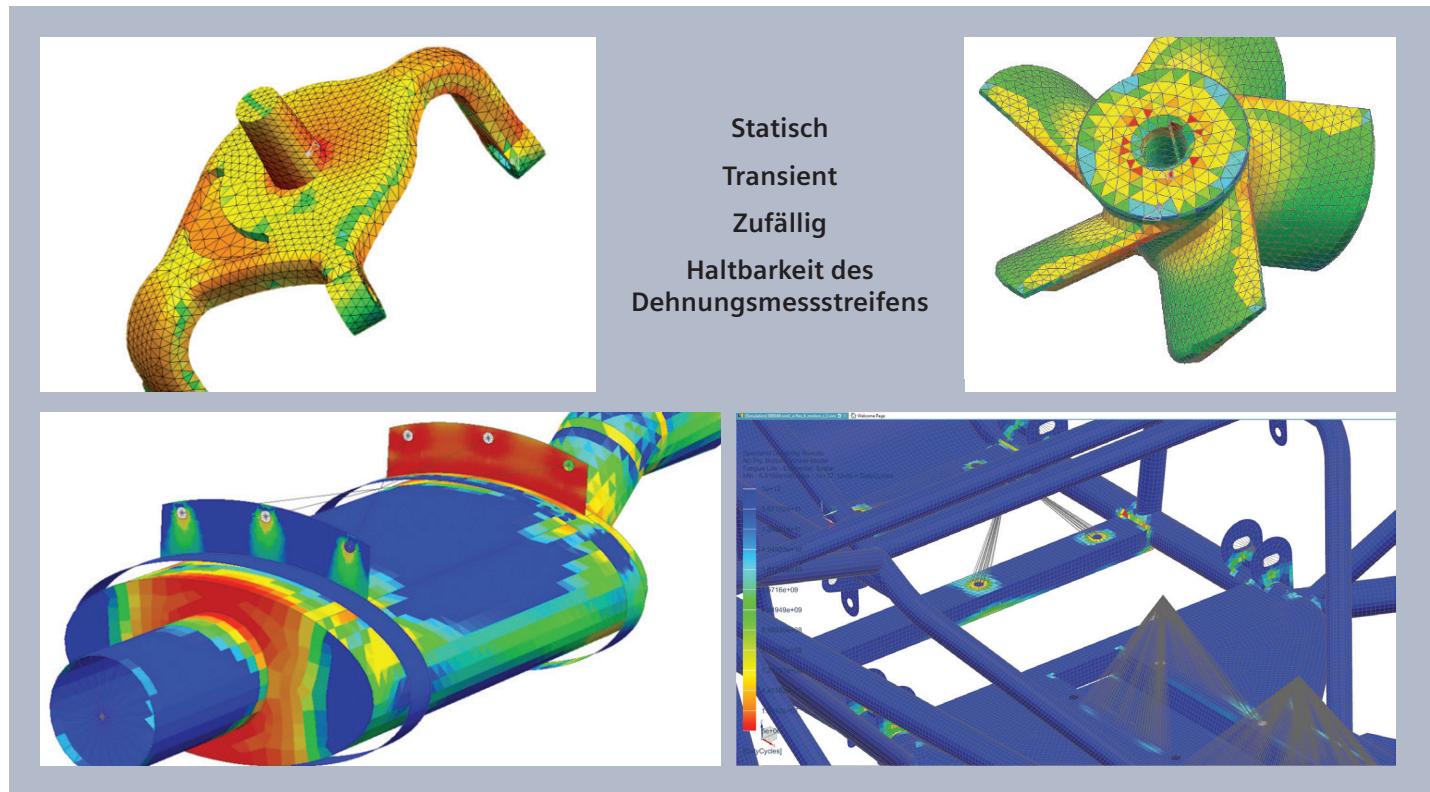
Bei industriellen Anwendungen ist die Kosteneinsparung von kritischen Bauteilen abhängig, die in der Regel hohen dynamischen, mehrachsigen Belastungen ausgesetzt sind. Sämtliche Metallkomponenten unter zyklischer Belastung lassen sich effizient optimieren. Mit Simcenter 3D Durability lässt sich die Ermüdungslebensdauer der Rotorbasis in großen Rotationsmaschinen ermitteln.

### Medizin

Bei Medizinprodukten sind Langlebigkeit und einwandfreie Funktion von besonderer Bedeutung. Simcenter 3D Specialist Durability dient der Vermeidung von Ausfällen kritischer Systeme.

### Schiffbau

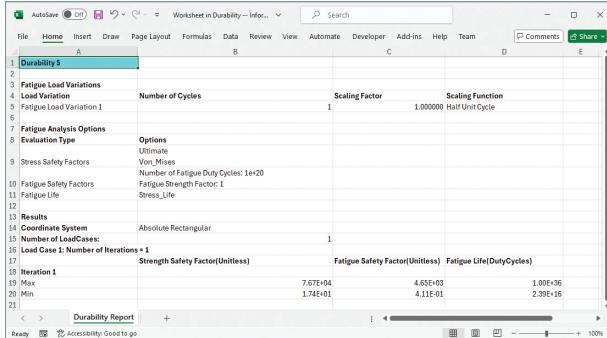
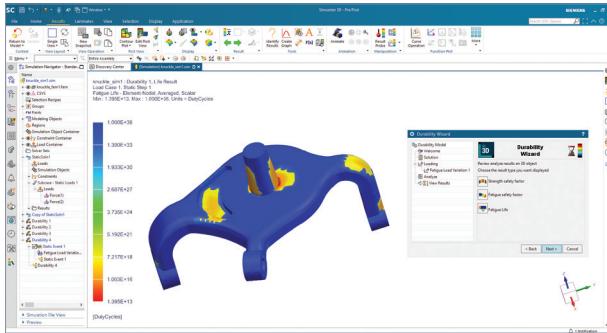
Mit der Verbindungsmodellierung von Simcenter 3D Specialist können Sie einen digitalen Zwilling der kilometerlangen Schweißnähte in Schiffskonstruktionen erstellen. Für hochwertige Yachten mit zahlreichen Verbundwerkstoffen bietet das Simcenter 3D Specialist Durability Composite Fatigue Modul modernste Analysetechnologie.



# Simcenter 3D

## Durability Wizard

Simcenter 3D Durability Wizard ist ein Simulationsassistent zur Berechnung der Ermüdungslebensdauer von mechanischen Komponenten, die Belastungsszyklen ausgesetzt sind. Diese Lösung erfolgt, nachdem die Anwender einen Spannungszustand aus statischer Belastung mithilfe eines Finite-Elemente-Lösers berechnet haben. Die Belastbarkeitsalgorithmen im Assistenten basieren auf der Rissinitiiierungsmethode für die Berechnung der Materialermüdung.

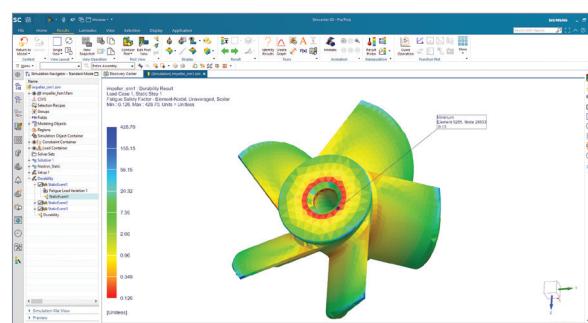


### Vorteile des Moduls

- Verbessert die Robustheit, indem die Lebensdauer von Produktkonstruktionen vorhergesagt und festgestellt wird, welche Konstruktionsmerkmale über- oder unterdimensioniert sind
- Reduziert die Kosten für physische Tests, indem Sie die Produktlebensdauer in einer virtuellen Umgebung analysieren können
- Beschleunigt die Produktkonstruktion, indem Konstrukteure schnell Was-wäre-wenn-Analysen für neue Konstruktionen durchführen können
- Verstehen der Auswirkungen veränderter Produkthaltbarkeit

### Wesentliche Funktionen

- Auswertung linearer Spannungen und Dehnungen in statischen Berechnungen mittels NX™ Spannungsassistent, Simcenter Nastran®, MSC Nastran, Abaqus und ANSYS
- Festlegen der zyklischen Belastungen, die den Lastzyklus des Teils über seine gesamte Lebensdauer bestimmen
- Berechnung von statischen Sicherheitsfaktoren, Ermüdungssicherheitsfaktoren und Ermüdungslebensdauer
- Verfügbares Ermüdungskriterium: Smith-Watson-Topper, Belastung oder Stressleben
- Darstellung der Konturdiagramme für Festigkeits- und Ermüdungssicherheitsfaktoren sowie Ermüdungslebensdauer
- Erstellen eines technischen Betriebsfestigkeitsberichts



# Simcenter 3D

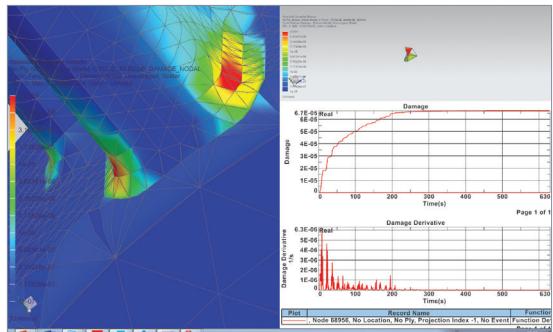
## Specialist Durability Modeling

Simcenter 3D Specialist Durability Modeling stellt ein umfassendes und benutzerfreundliches Toolset bereit, mit dem Sie Lösungen vorbereiten, an den Solver senden und Lebensdauerberechnungen auswerten können. Es beginnt mit dem neuen Festigkeits- und Betriebsfestigkeits-Assistenten und ermöglicht die Einrichtung komplexer Dauerhaftigkeitsszenarien mit vielen Fällen von Finite-Elemente- und Lastverlaufsfällen. Betriebsfestigkeitslösungen lassen sich entweder über die bereitgestellten Parameter konfigurieren oder an die Standardverfahren des Anwenders anpassen.

Simcenter Specialist Durability startet mit einem standardisierten Setup mittels Assistenten und erweitert die Tests mit wenigen Mausklicks um sämtliche hochmodernen Lebensdauer- und Ermüdungsanalyse-Tools. Von automatisch erstellten Ergebnisdiagrammen im Assistenten bis hin zu detaillierten Analysen von Ereignissen, Schäden und Restlebensdauer – eine breite Palette von Ergebnissen steht zur Verfügung.

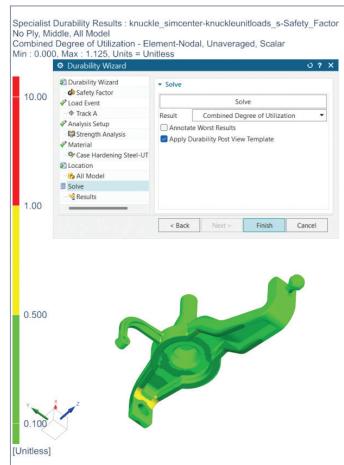
### Vorteile des Moduls

- Intuitive und flexible Parametrierung
- Komplette Analysefunktionen in einem einzigen Tool
- Schnelle Identifizierung von ermüdungskritischen Ereignissen, Orten und Lastfällen in komplexen Betriebszyklen
- Ursachenanalyse von Ermüdungsproblemen



### Wesentliche Funktionen

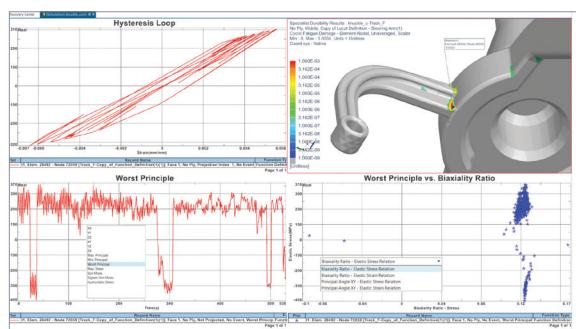
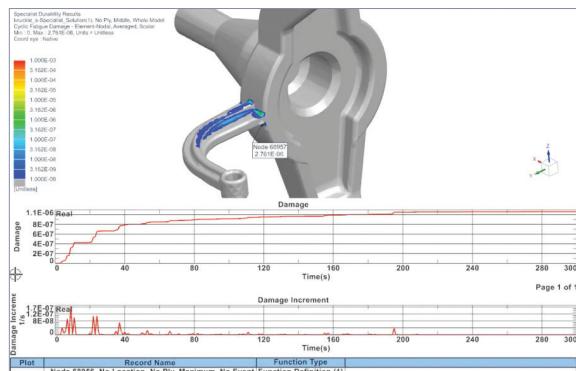
- Automatisierte Verarbeitung von Finite-Elemente-, Lastvorhersage- und Bewegungsauswertungen
- Parametrische Analysevorlagen, Solver-Profile und Lebensdauersimulationsobjekte
- Direkter Lastimport aus Prototypenmessungen, Smart Virtual Sensors oder Simcenter 3D-Mehrkörpersimulation sowie Zeitreihenformaten von Drittherstellern
- Direkter Zugriff auf Simcenter 3D-Materialdatenbanken, dedizierte Tools zur Erstellung und zum Zugriff auf Lebensdauerdaten sowie Ermüdungsmaterial-Datenbanken
- Integration in Simcenter Testlab™ Softwaretools zur Lastdatenverarbeitung für die Auswahl von Belastungsfällen
- Komplexe Arbeitszyklen für Baugruppen und deren Verbindungen, inklusive Naht- und Punktschweißnähte
- Spezielle 2D- und 3D-Nachbearbeitungsszenarien für anwendungsbezogene Darstellungen



# Simcenter 3D

## Specialist Durability Solver

Der Simcenter 3D Specialist Durability Solver ist die aktuelle, offene Version des bewährten FALANCS-Solvers für Festigkeits-, Ermüdungs- und Lebensdaueranalysen. Die Last- und Temperaturzyklen werden automatisch aus jedem Lastereignis extrahiert. Es kann sowohl auf demselben Rechner als auch unabhängig im Batch-Modus mit paralleler Verarbeitung ausgeführt werden. Aufgrund seiner einzigartigen Offenheit über anwenderdefinierte Ermüdungsmethoden, bietet er alle Standardmethoden für die Lebensdauerberechnung, kann aber auch leicht mit einer beliebigen Ermüdungsmethode erweitert werden.



### Vorteile des Moduls

- Verkürzung von Analysezeiten
- Schnelle und präzise Lebensdauerprognosen unter realitätsnahen Lastbedingungen
- Erkunden Sie verschiedene Konstruktionsvarianten und optimieren Sie die Konstruktion hinsichtlich des Ermüdungsverhaltens

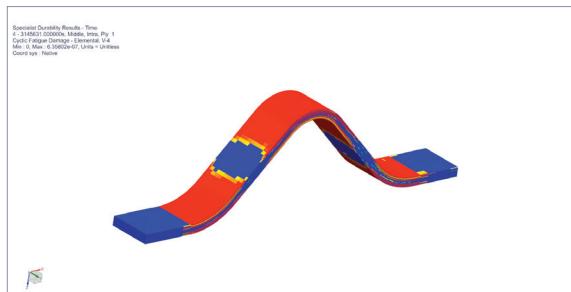
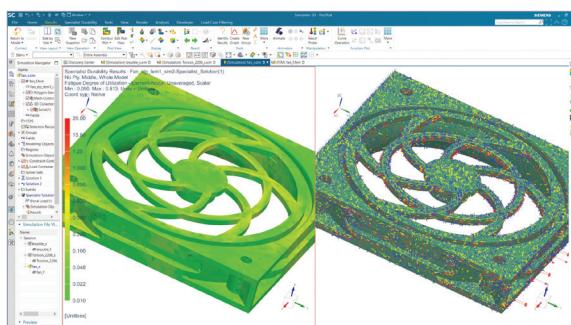
### Wesentliche Funktionen

- Branchenüblicher Ermüdungsrechner mit nachgewiesener Präzision und Schnelligkeit
- Parallelverarbeitung verfügbar mit der Standard-Lizenz
- Alle branchenüblichen Methoden
- Neue und einzigartige Schnittstelle für benutzerdefinierte Methoden
- Batch-Verarbeitung
- Leicht erweiterbar durch benutzerdefinierte Methoden

# Simcenter 3D

## Specialist Durability Composite Fatigue

Simcenter 3D Specialist Durability Composite Fatigue bietet eine einzigartige Methode für die Analyse von Kurz- und Endlosfaser-Verbundstoffen. Die Lösung kann Steifigkeitsminderung und Spannungsumlagerung während der Ermüdungslebensdauer von Verbundwerkstoffen unter komplexen Lastbedingungen integrieren. Neue Technologien verringern den Aufwand für das Testen der Methodenparametrisierung.



### Vorteile des Moduls

- Erkennen des realen progressiven Schädigungsverhaltens Ihres Verbundmaterials
- Ermöglicht eine beschädigungstolerante Konstruktion
- Fähigkeit zur Vorhersage von Ermüdungsschäden in Verbundwerkstoffen
- Definierte Verfahren zur Parameteridentifizierung verfügbar

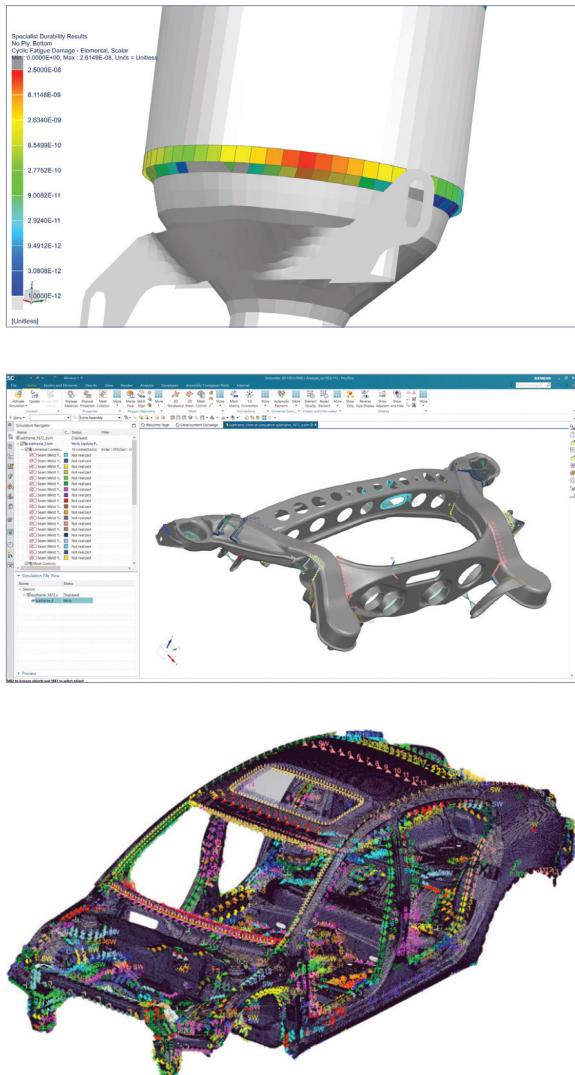
### Wesentliche Funktionen

- Einzigartiger Workflow zur Reduzierung der Steifigkeit und Umverteilung von Spannungen
- Variable Amplitude und Mehrfachbelastung
- Modellierung des lagenbasierten Ermüdungsverhaltens ohne vollständige Stapelprüfungen
- Master-SN-Kurven-Verfahren für beliebige Kurzfaserorientierungen
- Intra- und Interlaminarmethoden für kontinuierliche Faserverbundwerkstoffe
- Vom Anwender definierte Methoden, einschließlich Steifigkeitsreduzierung und Spannungsumverteilung

# Simcenter 3D

## Specialist Durability for Connections

Mit Simcenter 3D Specialist Durability for Connections können Sie spezielle Punktschweiß- und Nahtschweißanalyseläufe einrichten und durchführen. Schweißnähte stammen aus Verbindungen, die in Simcenter 3D modelliert, im xMCF-Format definiert oder in bestehenden Netzen erkannt wurden. Die Lastfälle und deren Analyse erfolgen mit denselben Werkzeugen von Simcenter 3D Specialist Durability Modeling und lassen sich auch innerhalb eines Analysefalls kombinieren.



### Vorteile des Moduls

- Umfassende Software zur Ermüdungsprognose von Naht- und Punktschweißverbindungen unter beliebigen Lastbedingungen
- Ermöglicht genaue Vorhersagen der Ermüdungslaufzeit von Schweißnähten ohne Neumodellierung
- Erhöht den Durchsatz der Ingenieure durch die automatische Erkennung von Schweißnahttopologien
- Leistungsstarke Software für den Umgang mit geschweißten Baugruppen unabhängig von Größe und Anzahl der Schweißnähte
- Effiziente Handhabung sowohl traditioneller Ansätze als auch genauerer Ansätze auf demselben Modell
- Validierung von mehr Konstruktionsvarianten hinsichtlich Ermüdungslaufzeit innerhalb kürzerer Entwicklungszyklen
- Verstehen und Verbessern von Ermüdungsprüfungen für nahtgeschweißte Baugruppen

### Wesentliche Funktionen

- Innovativ gestaltete Algorithmen: Automatische Erfassung von Schweißverbindungen und deren Geometrien aus FE-Modellen und -Gruppen nach Verbindungsart, Einbrandtiefe und Blechstärke
- Unterstützung der branchentypischen FE-Modellierung von Naht- und Punktschweißverbindungen
- Verarbeitet sämtliche Lastfälle: transient, stochastisch, harmonisch, proportional und nicht-proportional sowie Ablaufpläne
- Spezialwerkzeuge zum Nahtschweißen: Netzunabhängige Kerbspannungsmethode (R1MS, R03MS, R005MS) unter Berücksichtigung von Kerbwirkungen (effektive Kerbspannungsmethode) auf Basis der mikrostrukturellen Länge  $\rho^*$
- Anwenderdefinierte Methoden ermöglichen den Zugriff auf sämtliche Schweißdaten

# Diagramm „Funktionen“

Allgemeine Funktionen	Spezifische Funktionen				
	Simcenter 3D Durability Wizard	Simcenter 3D Specialist Durability Modeling	Simcenter 3D Specialist Durability solver	Simcenter 3D Specialist Durability Composite Fatigue	Simcenter 3D Specialist Durability for Connections
Belastungen und Beanspruchungen	Lasten aus dem Simcenter Testlab				
	Lasten aus branchenüblichen Testformaten (IST, MSC, EDAS, ...)	•	•	•	•
	Lasten aus Simcenter 3D Motion	•	•	•	•
	Simcenter 3D Smart Virtual Sensing	•	•	•	•
	Finite-Elemente-Ergebnisse (Simcenter Nastran, Simcenter Samcef, ABAQUS, ANSYS, universelles Format)	•	•	•	•
	Nichtlineare Beanspruchungen und/oder Dehnungen	•	•	•	•
	Blocklastereignisse	•	•	•	•
	Überlagerungseignisse (unbegrenzte Anzahl von Lastfällen, automatischer Abgleich)	•	•	•	•
	Transiente Ereignisse (Editor für Inkrementauswahl, Sortierung und Umkehrung der Reihenfolge)	•	•	•	•
	Vorspann- und statische Lastfälle	•	•	•	•
	Flexibler Vorgang (direkte Analyse von Simcenter3D Motion Flexible Body)	•	•	•	•
	Fachveranstaltung für intelligente virtuelle Sensorik	•	•	•	•
	Betriebszyklusereignisse	•	•	•	•
	Betriebszyklen aus Tabellenblättern	•			
	Harmonische Schwingungsbelastungen	•	•		•
	Zufällige Schwingungsbelastungen	•	•		•
Materialien	Simcenter 3D-Materialdatenbank	•	•	•	•
	Generierung eines Materialsets auf Basis vorhandener Materialdaten (UML, universelle Steigung ...)		•		
	Individuell zugewiesenes Material für Selektionen und Gruppen	•	•		
	Schweißnormdaten (IIW, Eurocode, BS ...)		•		
	Datenbanken für Betriebsfestigkeit		•		
Einstellung	Direkt aus der Finite-Elemente-Berechnung	•	•		
	Materialien erben oder überschreiben	•	•		
	Temperaturabhängige Ermüdungsmaterialdaten		•		
	Parameter-Datenbanken		•		
	Benutzerdefinierte Analysevorlagen – Definition von Methoden und Parameter in einer Auswahl		•		
Ermüdungsmethoden und Solver	Ermüdung bei hohen Zyklen – Spannungslife	•	•	•	
	Geringe Zyklusermüdung – Dehnungs-Lebensdauer	•	•	•	
	Unbegrenzte Lebensdauer – Sicherheitsfaktor / Sicherheitsreserve / Auslastungsgrad	•	•	•	
	Benutzerdefinierte Methoden zur Berechnung der Materialermüdung		•	•	
	Analyse struktureller Spannungen an Schweißnähten				•
	Analyse der Kerbspannungen an Schweißnähten (inkl. Kerbwirkung)				•
	Schweißpunktberechnung nach Spannungskriterien				•
	Kraftbasierte Analyse von Schweißpunkten				•
	Benutzerdefinierte Schweißmethoden				•
	Mehrere Methoden zur Beeinflussung der mittleren Spannung	•	•	•	•
	Multiaxiale Ermüdung	•	•	•	•
	Kerb- und Größeneffekte – Spannungsgradientenkorrektur	•	•	•	•
	Lokalisierte Parameter (Material-/Parameterzuordnung)	•	•		
	Methode zur Berechnung der Materialermüdung unter der Oberfläche	•	•		
	Verwenden von Materialdaten zur benutzerspezifischen Überlebenswahrscheinlichkeit	•	•		•
	Lineare Regeln zur Schadensakkumulation	•	•	•	
	Kurzfaserverstärkte Verbundwerkstoffe (SN-Kurven-Referenzansatz)			•	

Allgemeine Funktionen	Spezifische Funktionen				
	Simcenter 3D Durability Wizard	Simcenter 3D Specialist Durability Modeling	Simcenter 3D Specialist Durability solver	Simcenter 3D Specialist Durability Composite Fatigue	Simcenter 3D Specialist Durability for Connections
<b>Ermüdberechnungsmethoden und Solver (Fortsetzung)</b>	Intralagige Ermüdung bei Endlosfaser-Verbundwerkstoffen (unidirektional/gewebt usw.)			•	
	Zwischenlagen-Ermüdung bei Endlosfaser-Verbundwerkstoffen (unidirektional/gewebt etc.)			•	
	Automatische Iteration von FE-Läufen zur Berücksichtigung globaler Steifigkeitsänderungen			•	
	Zufällige Schadensakkumulation			•	
	Benutzerdefinierte Schadensregeln für Verbundwerkstoffe			•	
	Parallele Verarbeitung (lokal und auf externen Rechnern)	•	•	•	•
	Mehrere Bewertungsmethoden (z. B. Spannungslebensdauer und Schweißnahtanalyse) für verschiedene Bereiche (Gruppen) innerhalb einer Berechnung	•	•	•	•
<b>Nachbearbeitung</b>	Verschiedene Methoden (z. B. verschiedene Parameter) für eine Gruppe innerhalb einer Analyse	•	•	•	•
	Schaden/Lebensdauer	•	•	•	•
	Detaillierte Analyse von Spannung und Dehnung (max./min./max. Amplitude, Mittelwert)	•	•	•	•
	Kilometerstand/Tatsächliche Lebensdauer	•	•	•	•
	Verbleibende nutzbare Lebensdauer	•	•	•	•
	Faktoren für die Lebensdauer der Konstruktion	•	•	•	•
	Sicherheitsfaktoren / Nutzungsgrad	•	•	•	•
	Temperaturübersicht (min/max), Modellierer und Solver	•	•	•	•
	Individuell für Gruppen	•			
	Individuell für Ereignisse von Betriebszyklen	•			
	Für Zwischenschritte der Zeitachse	•		•	
	Hotspot-Erkennung	•			
	Detaillierte Analyse der Funktionalität von Dehnungsmessstreifen und einzelnen Knoten/Elementen	•			
	Funktionsanalyse aller kritischen Ebenen	•			
	Biaxialitätsdiagramme	•			
	Hysterese-Plots	•			
	Parametrische Diagramme von Spannung/Dehnung/Temperaturen (Erdnussdiagramme)	•			
	Zeitverläufe der Schadensakkumulation	•			
	Lastdatenanalyse	•			
	Analyse des Ereignisbeitrags	•			

**Legende:**

• = im Modul enthalten

Hinweis: Simcenter 3D Engineering Desktop ist eine Mindestvoraussetzung für alle Simcenter 3D-Produkte. Für einzelne Produkte können andere Abhängigkeiten oder Voraussetzungen gelten.

**Siemens Digital Industries Software**  
[siemens.com/software](http://siemens.com/software)

Nord-, Mittel- und Südamerika  
+1 800 498 5351

Europa  
00 800 70002222

Asien/Pazifik  
001 800 03061910

Für weitere Nummern klicken Sie bitte [hier](#).