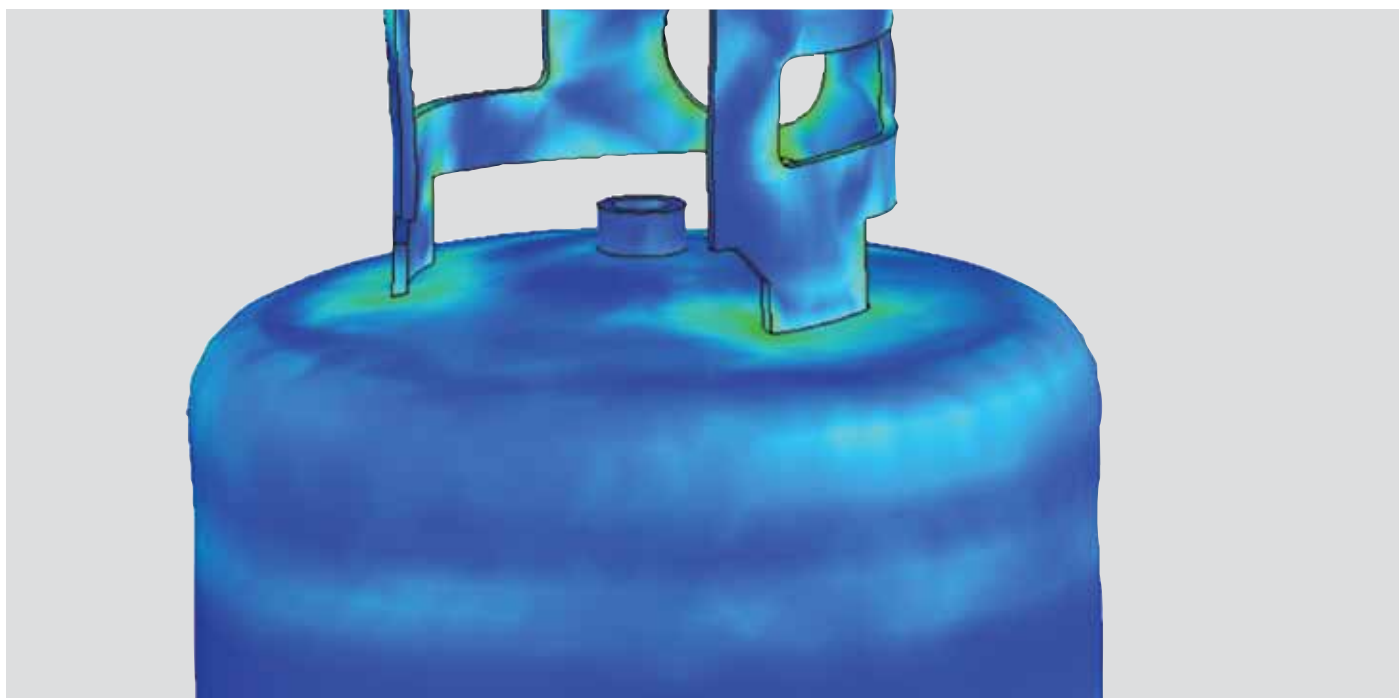

SIMULATION VON FALLPRÜFUNGEN IN SOLIDWORKS

Übersicht

SolidWorks®-Software können Konstrukteure nun im Vorfeld ihre Konstruktionen schnell und einfach einer Fallprüfung unterziehen, obwohl hierbei zigtausend kleinster Zeitschritte untersucht werden, mit denen die Ergebnisse innerhalb von Mikrosekunden des Aufpralls erfasst werden. In diesem Dokument werden die erforderlichen Schritte zur Durchführung einer solchen Prüfung, die Ergebnisse und die diesen Simulationen zugrundeliegende Technologie beschrieben. Für den Anwender unterscheiden sich Fallprüfungen nicht von den anderen SolidWorks-Analysen.



Definieren einer Studie

Wie können die Funktionsteile eines PDA oder Mobiltelefons geschützt werden, wenn das Gerät während der Verwendung auf den Boden fällt? Wie verändert sich die Struktur eines Lagertanks, wenn dieser bei der Positionierung vom Kran fällt? Bisher mussten zur Untersuchung solcher Zwischenfälle physikalische Tests, bei denen die zu untersuchende Struktur zerstört wird, oder aber sehr schwierige nicht-lineare und dynamische Finite-Elemente-Analysen, die eher zur Crash-Simulation geeignet sind, durchgeführt werden. In SolidWorks Simulation kann jedoch eine Fallprüfung wie jede andere Studie eingerichtet werden.

Schritt 1 - Definieren einer Studie und Auswählen des Materials

Der Anwender öffnet eine Studie und nennt sie „Fallprüfung“. Wenn das Material nicht bereits im SolidWorks-Modell definiert ist, wählt der Anwender nun ein Material aus. Den unterschiedlichen Komponenten in einer Baugruppe können verschiedene Materialien zugewiesen werden. Anschließend wird die Studie über die Menüoptionen eingerichtet.

Mit der SolidWorks-Software können Konstrukteure nun im Vorfeld ihre Konstruktionen schnell und einfach einer Fallprüfung unterziehen. Eine Fallprüfung wird auf die gleiche Art und Weise wie andere Studien eingerichtet.

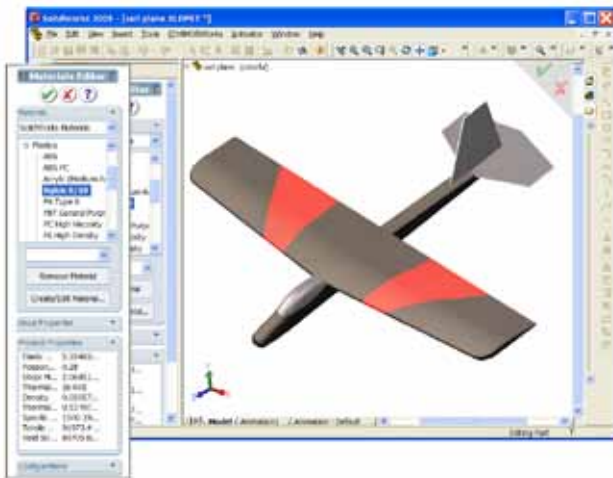


Abbildung 1: Bereits in SolidWorks definierte Materialien können unverzüglich für Fallprüfungsstudien verwendet werden, wodurch wertvolle Zeit eingespart wird

Schritt 2 - Festlegen der Fallhöhe sowie der Ausrichtung und Härte des Bodens

Bei der Einrichtung der Studie wird entweder die Fallhöhe (d. h. der Abstand bis zum Aufprall) oder die Geschwindigkeit beim Aufprall festgelegt, die anhand einer vor der Fallprüfung durchgeführten Bewegungsstudie definiert werden kann. Bei Angabe der Fallhöhe legt der Anwender anschließend fest, ob die Höhe vom Schwerpunkt (oder Mittelpunkt des Objekts) oder vom Boden des Objekts gemessen werden soll. Außerdem gibt er die Schwerkrafttrichtung oder die Ausrichtung des Objekts beim Fallen ein. Bei Angabe einer Fallhöhe berechnet das Programm automatisch die Geschwindigkeit kurz vor dem Aufprall als Quadratwurzel aus $(2 \times g \times h)$. Dabei ist 'g' die Schwerkraft und 'h' die Fallhöhe. Die Standardausrichtung des Bodens oder einer anderen Aufprallobfläche ist normal zur Schwerkraft. Der Anwender kann diese Ausrichtung jedoch ändern und bei Bedarf eine beim Aufprall des Objekts auf dem Boden entstehende Reibung eingeben. Eine solche Reibung hängt vom Material der Aufprallobfläche, wie z. B. Asphalt oder Beton, ab. Der Standardboden ist außerdem verglichen mit dem fallenden Objekt weitaus härter (oder starrer). Der Anwender kann einen flexiblen Boden festlegen und dem Boden eine Härte zuweisen. So hat z. B. ein Holzboden eine andere Härte als ein Teppichboden. Simuliert werden kann auch die Interaktion zwischen Komponenten innerhalb einer Baugruppe (siehe Abbildung 4) nach dem Aufprall, indem die Flächen oder Oberflächen der Komponenten festgelegt werden, die wahrscheinlich miteinander in Kontakt kommen.

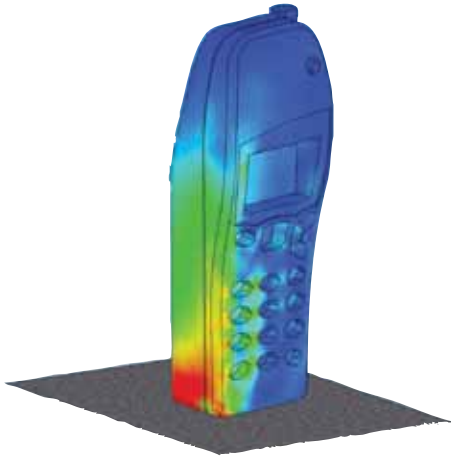


Abbildung 2: Simulation einer Fallprüfung für ein Mobiltelefon in SolidWorks.

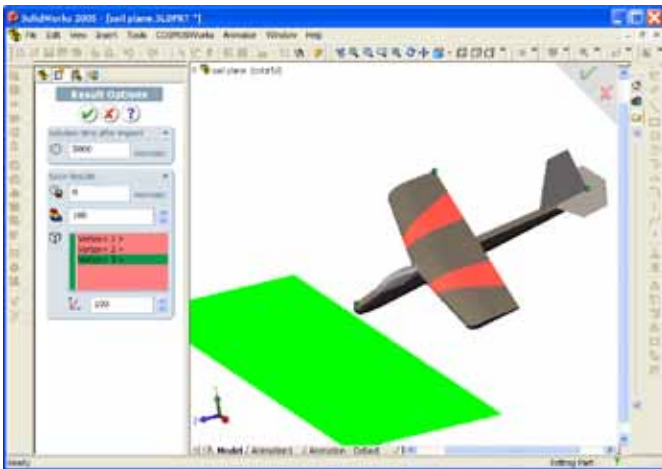


Abbildung 3: Die Ausrichtung des Modells und die Fallhöhe sind einfach zu definieren.

Die Simulation einer Fallprüfung besteht aus drei einfachen Schritten:

1. Definieren einer Studie und Auswählen des Materials
2. Festlegen der Fallhöhe sowie der Ausrichtung und Härte des Bodens
3. Ausführen der Analyse und Untersuchen der Ergebnisse

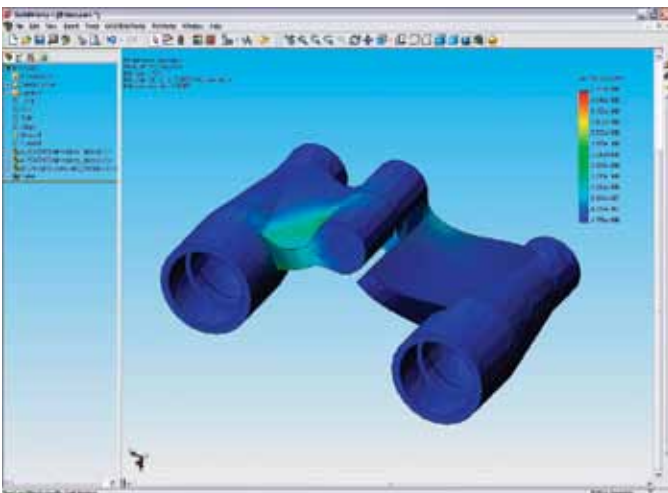


Abbildung 4: Bei der Fernglasbaugruppe werden die Spannungen von einer Seite der Baugruppe über ein Stiftverbindungsmitglied zur anderen Seite der Baugruppe übertragen.

Schritt 3 – Ausführen der Analyse und Untersuchen der Ergebnisse

Vor einer Analyse sollten die folgenden Fragen berücksichtigt werden, um die Simulation optimal zu nutzen:

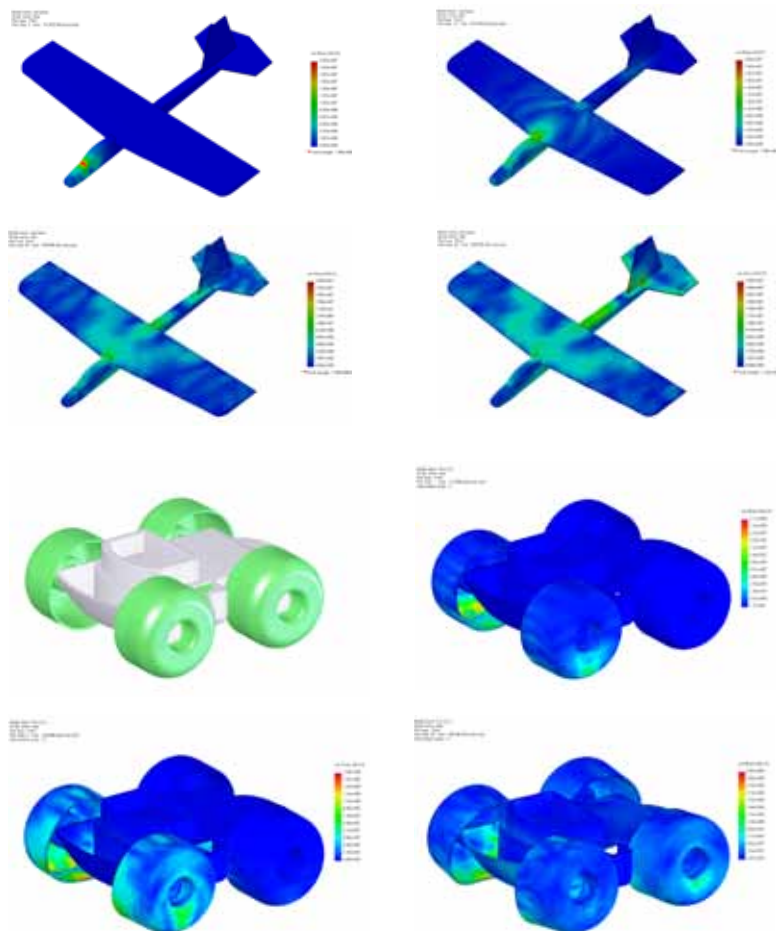
A. Für welchen Zeitraum sollte die Lösung nach dem Aufprall erfasst werden?

Die Lösungszeit nach dem Aufprall wird in Mikrosekunden gemessen. Die Gesamtdauer hängt davon ab, wie viel Zeit vergeht, bis sich die gesamte, nach dem Fall mögliche Aufprallspannung auf das Objekt auswirkt. Wenn sekundäre Aufprallwirkungen berücksichtigt werden sollen, wird dieser Zeitraum der Dauer hinzugerechnet. Beim Aufprall des zu untersuchenden Objekts setzt sich ab dem Aufprallpunkt eine Spannungswelle durch die Länge des Objekts und zurück fort. Dieser Effekt ist mit dem Kräuseleffekt eines Steins vergleichbar, der in einen Teich oder See geworfen wird. SolidWorks Simulation berechnet intern den Zeitraum, den die Welle benötigt, um den Körper mehrmals auf der ganzen Länge zu durchlaufen, und geht davon aus, dass in diesem Zeitraum alle relevanten Spannungsereignisse auftreten und erfasst werden.

Nehmen wir als Beispiel ein Spielzeug-Segelflugzeug, das mit der Spitze zuerst auf den Boden prallt. Die Spannungswelle beginnt an der Spitze des Segelflugzeugs, die auf den Boden prallt, und setzt sich anschließend in Richtung des Flügels und des Hecks fort.

Zur Untersuchung der sekundären Aufprallwirkungen muss die Simulation weitaus länger ausgeführt werden. Die folgende Abbildung zeigt ein einfaches Beispiel eines Spielzeugautos. Zuerst prallen die Hinterräder und dann die Vorderräder auf den Boden, so dass es zu einem primären und einem sekundären Aufprall kommt.

.....
In SolidWorks können primäre und sekundäre Aufprallergebnisse angezeigt werden.



B. Wie werden die Zeitschritte zum Speichern der Ergebnisse ausgewählt?

Standardmäßig werden in SolidWorks detaillierte Ergebnisse alle 25 Schritte und Positionsergebnisse alle 20 Schritte innerhalb jedes Hauptschrittes gespeichert. Da jede Simulation mehrere Tausend Zeitschritte haben kann, macht es Sinn, nur die wichtigen Zeitschritte zu speichern, anstatt Computer-Ressourcen für die gesamte Serie zu verschwenden. Unter Umständen kann die Analyse weiter verkürzt werden, indem mit Standardeinstellungen eine grobe Analyse durchgeführt wird, um erste Ergebnisse zu erhalten. Der Anwender kann dann anhand dieser Ergebnisse Zeitfenster bestimmen, die verfeinert werden müssen. Die für die Lösung benötigte Gesamtzeit lässt sich somit verkürzen.

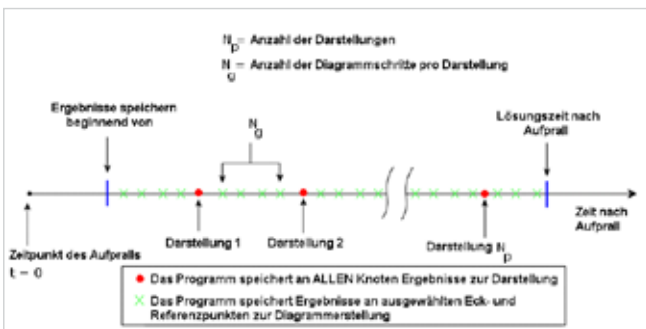


Abbildung 5: Spannungsänderungen im Zeitverlauf nach dem Aufprall an zwei verschiedenen Stellen eines Modells.

C. Warum sollten Fallprüfungen in SolidWorks ausgeführt werden?

Wie am Beispiel der Propangasflasche in Abbildung 6 zu erkennen, können mit einer Fallprüfung in SolidWorks die Auswirkungen verschiedener Ausrichtungen beim Fallen von Objekten einfach untersucht werden. So sind z. B. für Gefahrstoffbehälter unterschiedliche Konstruktionsanforderungen gegeben, um verschiedene Ausrichtungen beim Fall zu berücksichtigen.

Bei den Fallprüfungssimulationen in SolidWorks wird außerdem die Plastizität unterstützt, so dass dauerhafte Verformungen, wie z. B. Kerben nach dem Aufprall, bestimmt werden können. Bei Kunststoffen und Metallen kommt es zu dauerhaften Verformungen (Definition der Plastizität), wenn die Belastung die Fließgrenze übersteigt. Die Form einer Büroklammer geht so beispielsweise verloren, wenn die Klammer über einen bestimmten Punkt hinaus gebogen wird. Bei den hier angesprochenen Fallprüfungen kann ein solches Materialverhalten in Kombination mit der Aufprallanalyse berücksichtigt werden.



Abbildung 6: Bei Propangasflaschen, die in unterschiedlichen Ausrichtungen fallengelassen werden, sind deutliche Unterschiede bei den Spannungsergebnissen zu verzeichnen.

Zugrundeliegende Technologie einer schnellen Fallprüfungsanalyse

Obwohl die zur Durchführung einer Fallprüfung erforderlichen Schritte einem erfahrenen SolidWorks-Anwender vertraut vorkommen, ist die zugrundeliegende Technologie komplexer als sie im ersten Moment erscheinen mag. Um den Fall und Aufprall eines Objekts auf eine harte Oberfläche zu simulieren, muss die folgende Gleichung von der Simulations-Software iterativ gelöst werden, da sich die Kräfte und die Steifigkeit beim Fall und Aufprall des Objekts ständig ändern.

$$[M]\{a\} + [C]\{v\} + [K]\{x\} = \{F\}$$

Dabei gilt Folgendes:

M = Massenmatrix	a = Beschleunigungsvektor
C = Dämpfungsmatrix	v = Geschwindigkeitsvektor
K = Steifigkeitsmatrix	x = Verschiebungsvektor
F = Externer Kraftvektor	

Bei der Finite-Elemente-Analyse kann diese Gleichung anhand von zwei Methoden gelöst werden. Dabei handelt es sich um die so genannte implizite und die explizite Lösung. In SolidWorks wird die explizite Lösung zur Fallprüfungssimulation verwendet. Während die Genauigkeit beider Methoden gleich ist, dauert die implizite Lösung von Aufprallproblemen, wie z. B. bei dynamischen Fallprüfungen, länger. Warum? Die impliziten Gleichungslöser berechnen zunächst die Verschiebung „X“, so dass die Steifigkeitsmatrix invertiert wird. Die Invertierung der Matrix ist ressourcenintensiver als die Matrixmultiplikation, die von expliziten Gleichungslösern verwendet wird.

Bei der expliziten Methode werden Beschleunigungen berechnet, so dass nur die Massenmatrix invertiert werden muss. Dieser Vorgang ist weitaus einfacher, da es sich hierbei um eine diagonale Matrix handelt. Ein Nachteil expliziter Lösungen besteht jedoch darin, dass für eine gute, stabile Lösung sehr kleine Zeitinkremente erforderlich sind.

Reale Probleme lassen sich im Allgemeinen mit beiden Methoden lösen. Die Geschwindigkeit der Lösung hängt jedoch von der Art des Problems ab. Lineare Probleme mit langsamen Lastwechseln ohne dynamische Komponente können mit der impliziten Methode kosteneffizienter oder schneller gelöst werden. Probleme, bei denen die Last jedoch nur kurz aufgebracht wird, wie z. B. bei Fallprüfungen, lassen sich besser mit der expliziten Methode lösen. Die explizite Methode ist außerdem besser für Probleme geeignet, bei denen die Steifigkeitsmatrix aufgrund des größtenteils nicht-linearen Verhaltens ständig aktualisiert werden muss.

Mit SolidWorks können die Auswirkungen verschiedener Ausrichtungen beim Fallen von Objekten einfach untersucht werden.

Bei der Finite-Elemente-Analyse (FEA) können Fallprüfungsgleichungen anhand von zwei Methoden gelöst werden. Dabei handelt es sich um die so genannte implizite und die explizite Lösung. In SolidWorks wird die explizite Lösung zur Fallprüfungssimulation verwendet. Während die Genauigkeit beider Methoden gleich ist, dauert die implizite Lösung von Aufprallproblemen, wie z. B. bei dynamischen Fallprüfungen, länger.

Fazit

Dank der Geschwindigkeit und Benutzerfreundlichkeit von SolidWorks können Anwender ihre Konstruktionen mühelos einer Fallprüfung unterziehen. Dadurch ergibt sich eine neue Dimension für die allgemeine, im Vorfeld durchführbare Simulation. Konstrukteure können nun im Vorfeld ihre Konstruktionen schnell und einfach einer Fallprüfung unterziehen, obwohl hierbei zigtausend kleinster Zeitschritte untersucht werden, mit denen die Ergebnisse innerhalb von Mikrosekunden des Aufpralls erfasst werden. Für den Anwender unterscheiden sich Fallprüfungen nicht von den anderen SolidWorks-Analysen. Eine Fallprüfung wird auf die gleiche Art und Weise wie andere Studien eingerichtet.

Unternehmenssitz
Dassault Systèmes
SolidWorks Corp.
300 Baker Avenue
Concord, MA 01742 USA
Telefon: +1-978-371-5011
E-Mail: info@solidworks.com

Hauptsitz Europa
Telefon: +33-(0)4-13-10-80-20
E-Mail: infoeurope@solidworks.com

Niederlassung Deutschland
Telefon: +49-(0)89-612-956-0
E-Mail: infoGermany@solidworks.com

