

Mit Sicherheit höchste Qualität schnell berechnet

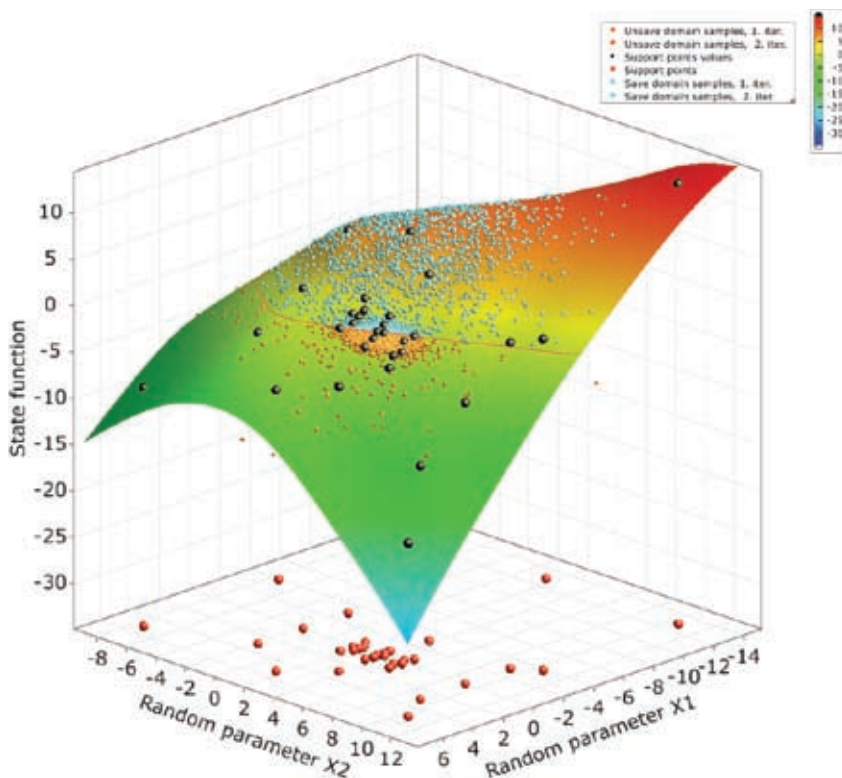


Bild 1: Die assoziative Verknüpfung von CAD- und Berechnungsmodell erlaubt die Optimierung von Bauteilen hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaften und eine Bewertung ihrer Robustheit.

Die Multiphysik-Anwendung Ansys Workbench ist in der Lage, unterschiedliche Arten von physikalischen Lasten gleichzeitig zu berücksichtigen, so dass unter einer einheitlichen Benutzeroberfläche statische, dynamische, thermische, strömungsmechanische, akustische und elektromagnetische Effekte miteinander kombiniert werden können. Hier, in diesem Bericht, soll jedoch eine Beschränkung auf die Strukturmechanik erfolgen, die von der einfachen Statik bis zu diversen statischen und dynamischen Nichtlinearitäten reicht, die mit Hilfe von impliziten und expliziten Gleichungslösern (Solvem) untersucht werden können.

Dessen ungeachtet ist die enorme Anwendungsbreite, die von der Ansys-Software abgedeckt wird, besonders hervorzuheben. Gemeinsam mit der gebotenen Anwendungstiefe in den einzelnen Disziplinen sowie den Integrationsmöglichkeiten in

Die Software Ansys Workbench präsentiert sich als Arbeitsumgebung für Berechnungen zur Simulation und Analyse von physikalischen Eigenschaften in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen. Hauptziele dabei sind die Reduzierung der Entwicklungszeiten und der Herstellkosten. Zusätzlich werden die Steigerung der Produktqualität sowie eine bessere Unterstützung der Kreativität und damit der Innovationsfähigkeit angestrebt.

vorhandene Engineering-Lösungen – wie CAD- und PDM-Lösungen – macht dies die Workbench zu einem einzigartigen Software-Paket. Zusätzliche Vorteile ergeben sich aus der hohen Skalierbarkeit von konstruktionsbegleitenden, überschlägigen Berechnungen bis hin zu den tiefgehenden Spezialanwendungen im nichtlinearen Bereich. Die vielfältige Anpassbarkeit gemäß den spezifischen Anforderungen ermöglicht individuelle Konfigurationen sowohl für den Einsatz in Großkonzernen als auch in kleinen und mittelständischen Unternehmen. Dadurch lassen sich die jeweiligen Prozesse umfassend unterstützen, von den ersten Produktideen bis hin zur Qualitätskontrolle in der Endphase der Produktentstehung, aber auch zur weiteren Optimierung von erfolgreichen bestehenden Produkten oder zur noch erfolgreicherem Etablierung von Nachfolgemodellen.

Die Fülle an Simulationsmöglichkeiten am virtuellen Prototypen kann dazu genutzt werden, dass die endgültigen realen Prototypen früher realisierbar sind und gleichzeitig deren Anzahl erheblich reduzierbar ist. Dies eröffnet ein enormes Einsparpotenzial bei den Kosten und versetzt die Unternehmen zusätzlich in die Lage, mit ihren Produkten früher am Markt

zu sein als der Wettbewerb und folglich einen höheren Preis realisieren zu können. Weiteres Einsparpotenzial ergibt sich durch die Nutzung der Simulations-Software in den frühen Phasen der Produktentwicklung. Schon dann lassen sich die wesentlichen physikalischen Eigenschaften überprüfen, um die Produktentwicklung in die richtige Richtung zu lenken. Eventuell auftretende Probleme – wie zu starke Belastungen oder unerwartete Resonanz – können schon in dieser frühen Phase am virtuellen Prototypen behoben werden, bevor noch die ersten Bauteile für einen realen Prototypen in Auftrag gegeben werden.

Aufgrund der durchgängigen Benutzeroberfläche ist die Ansys Workbench einfach handhabbar, wobei zusätzliche Assistenten den Einstieg erleichtern. Dies gilt sowohl für die DesignSpace-Lösung, die für die konstruktionsbegleitende Berechnung konzipiert wurde, als auch für die diversen Spezialanwendungen, die vielleicht nur in seltenen Fällen benutzt werden. Der jeweilige Assistent erscheint rechts vom Grafikfenster und führt den Anwender schrittweise durch die gewählte Simulation. Damit wird sichergestellt, dass sämtliche erforderlichen Randbedingungen vom Anwender definiert werden. Selbstverständlich kann der erfahrene Anwender auch ohne Assistenten arbeiten und die erforderlichen Eingaben direkt vornehmen.

Oberhalb des Grafikfensters sind – wie sonst auch üblich – die Grundmenüs zu finden und die so genannten Applikations-Tabs für die Auswahl der gewünschten Anwendung. Auf der linken Seite des Bildschirms befinden sich zwei weitere Fenster, das eine für den Strukturbaum und das andere zur Darstellung der jeweils gewählten Detailinformationen. Der Strukturbaum listet die gesamten Eingaben und Simulationsergebnisse übersichtlich auf, so dass jederzeit ein schneller Zugriff auf die gewünschten Informationen möglich ist. Dabei werden auch mehrere Varianten – beispielsweise mit modifizierter Geometrie oder auch mit unterschiedlichen Lastfällen – in dem Strukturbaum abgebildet. Einfache Symbole – wie ein grüner Haken (alles ok), ein gelber Blitz

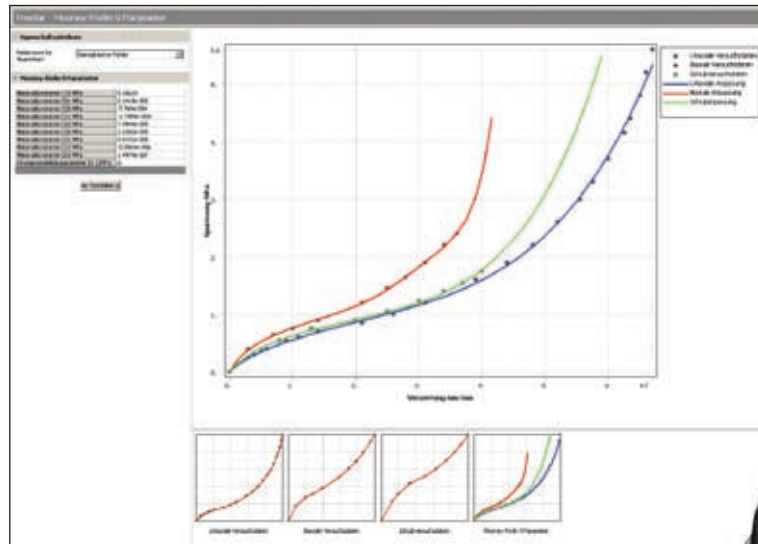


Bild 2: Bei hyperelastischem Materialverhalten wird das Material mit komplexen Materialmodellen abgebildet. Per Curve-Fitting werden die Messdaten (Punkte) mit den Parametern des Materialmodells (durchgezogene Linie) in Deckung gebracht.

(bereit zur Berechnung) oder ein blaues Fragezeichen (Eingabe fehlt) – geben einen guten Überblick über den aktuellen Stand des Arbeitsablaufes für die aktuellen Berechnungsaufgaben.

Als erster Schritt eines Simulationsprojektes muss zunächst die zu berechnende Geometrie als CAD-Modell eingelesen werden. Die Ansys-Lösung DesignSpace für die konstruktionsbegleitende Berechnung arbeitet dabei mit Volumenmodellen. Mit weitergehenden Ansys-Lizenzen lassen sich selbstverständlich auch andere Elementoptionen wie Schalen und Balken verwenden. So genannte SolidShell-Elemente, die mit der Ansys-Software bereitgestellt werden, vereinen die Vorteile von Schalenelementen mit denen der Volumenmodelle, so dass zum Beispiel bei Blechstrukturen die Aufbereitung für die Berechnung deutlich schneller realisierbar ist als bei klassischen Schalenmodellen.

Das Materialverhalten wird bei DesignSpace als linear, konstant, homogen und isotrop (in alle drei Raumrichtungen gleich) vorausgesetzt, wobei die Lasten keinen zeitlichen Einfluss haben und auch nur mit kleinen Verformungen »gerechnet« wird. Mit weitergehenden Ansys-Lizenzen stehen natürlich auch andere Optionen wie nichtlineares und richtungsabhängiges Materialverhalten oder große Deformationen zur Verfügung, auf die später noch eingegangen wird. Zur Berechnung von Baugruppen verfügt das System über eine automatische Kontakterkennung mit modifizierbaren Toleranzeinstellungen.

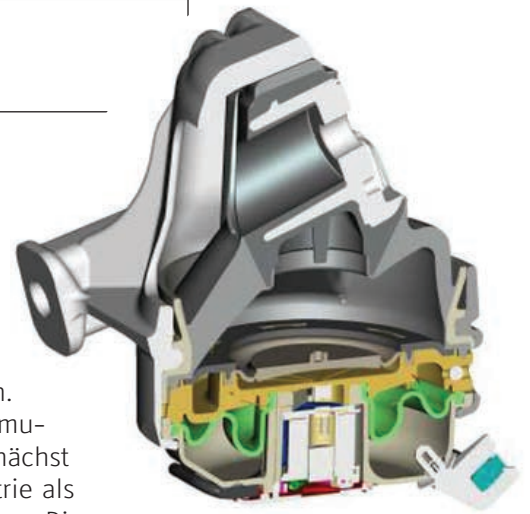


Bild 3: Dieses hydraulische Motorlager dämpft die Vibrationen, die durch den Antrieb und Fahrbahnbeschaffenheit auftreten können.

Nach der Materialauswahl erfolgt die Festlegung der Randbedingungen – wie Lagerungen und Belastungen – indem die Kraftgröße und -richtung definiert wird. Die anschließende Vernetzung und Analyse wird unmittelbar am CAD-Modell durchgeführt. Die Verfeinerung des Netzes kann vom Anwender manuell über Schieberegler, die Festlegung der Elementgrößen und weitergehende ausgefeilte Vernetzungsoptionen oder auch automatisch durch eine einstellbare Genauigkeitsvorgabe erfolgen, wobei dadurch natürlich die Berechnungsdauer entscheidend

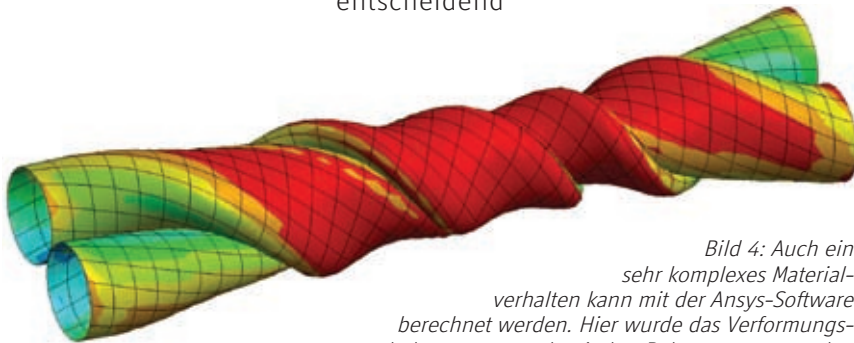


Bild 4: Auch ein sehr komplexes Materialverhalten kann mit der Ansys-Software berechnet werden. Hier wurde das Verformungsverhalten unter mechanischer Belastung untersucht..

beeinflusst wird. Danach kann die Simulation gestartet werden, im Statikbereich zum Beispiel die Berechnung von Verformungen und Spannungen, aber auch eine Modalanalyse zur Bestimmung der Eigenfrequenzen oder eine Temperaturfeldanalyse.

Auf Grund der assoziativen CAD-Schnittstellen zu den gängigen Konstruktionssystemen wie AutoCAD Mechanical, Inventor, Catia, SolidWorks, Pro/Engineer, NX und Solid

Edge unterstützt Ansys Workbench die schnelle und einfache Berechnung von Konstruktionsvarianten sowie deren Vergleich. Dazu wird im

Workbench-Strukturbaum eine Kopie von der Original-Geometrie angelegt und diese nach der Modifikation der CAD-Original-Geometrie im Workbench-Strukturbaum aktualisiert. Für die geometrische Konstruktionsvariante werden dabei sämtliche Definitionen für die FEM-Berechnung übernommen, so dass ein direkter Vergleich der Varianten möglich ist. Selbstverständlich lassen sich auch die Randbedingungen bei gleichbleibender Geometrie verändern, um einen Berechnungsvergleich durchzuführen.

Noch eleganter beziehungsweise effektiver lassen sich die Berechnungen bei Konstruktionsvarianten vergleichen, wenn die

assoziative CAD-Schnittstelle bidirektional genutzt wird. Dazu muss eine Auswahl von Parametern an die Workbench-Software übergeben werden, um mit Hilfe dieser Parameter direkt von Ansys aus eine Geometrieoptimierung zu realisieren. Hierbei kann sich der Anwender entscheiden, ob weiterhin die CAD-Geometrie das Master-Modell sein soll, oder ob die in Ansys importierte und modifizierte Geometrie zum Master-Modell werden soll.

Mit Hilfe des DesignXplorer lassen sich Parameterstudien als »what-if«-Analysen berechnen und erhält eine tabellarische Darstellung und ein entsprechendes Diagramm, in denen die Berechnungsergebnisse in Abhängigkeit von den gewählten Parameterwerten enthalten sind. Ebenso sind mit dem

DesignXplorer auch so genannte Response-Surfaces generierbar, um den Einfluss von konstruktiven Maßnahmen auf das physikalische Verhalten besser beurteilen zu können. Dazu werden Einflussgrößen wie Material, Lasten und Geometrie-Parameter festgelegt und das System berechnet die Ergebnisgrößen, beispielsweise die Verformungen und die Spannungen. Anhand der Response-Surface ist schnell und deutlich erkennbar, welche Gewichtung die einzelnen Einflussgrößen auf das jeweilige Ergebnis haben (Bild 1). Anders als bei den Parameterstudien werden die erforderlichen Berechnungsvariationen automatisch festgelegt und abgearbeitet. Dadurch lassen sich auch bestimmte Zielfunktionen – unter anderem minimales Gewicht oder maximale Eigenfrequenz – und Nebenbedingungen, wie Spannungen kleiner als 200 MPa, definieren, auf deren Grundlage die Ansys-Software dazu passende Varianten berechnet und präsentiert.

Der DesignXplorer kann durch die umfassendere Software-Lösung OptiSlang ergänzt werden, mit der nicht nur einige wenige, sondern mehrere Tausend Parameter berücksichtigt werden können. Damit lässt sich eine umfassende Optimierung und Robustheitsbewertung realisieren, um die Struktur der zu entwickelnden Bauteile belastungsgerecht zu konstruieren.

Ansys Workbench ist auch in der Lage, nichtlineare statische Aufgabenstellungen zu bewältigen, beispielsweise nichtlineare Materialien (Kunststoffe) oder Analysen mit Kontakten zwischen mehreren Bauteilen sowie große Verformungen (Federn). Im Dynamikbereich sind zusätzlich zur Modalanalyse – bei der Eigenfrequenzen bestimmt werden – auch Frequenzganganalysen (Nachgiebigkeit) und transiente (zeitlich veränderliche

Assoziative CAD-Schnittstellen vereinfachen den Datenfluss im Entwicklungsprozess

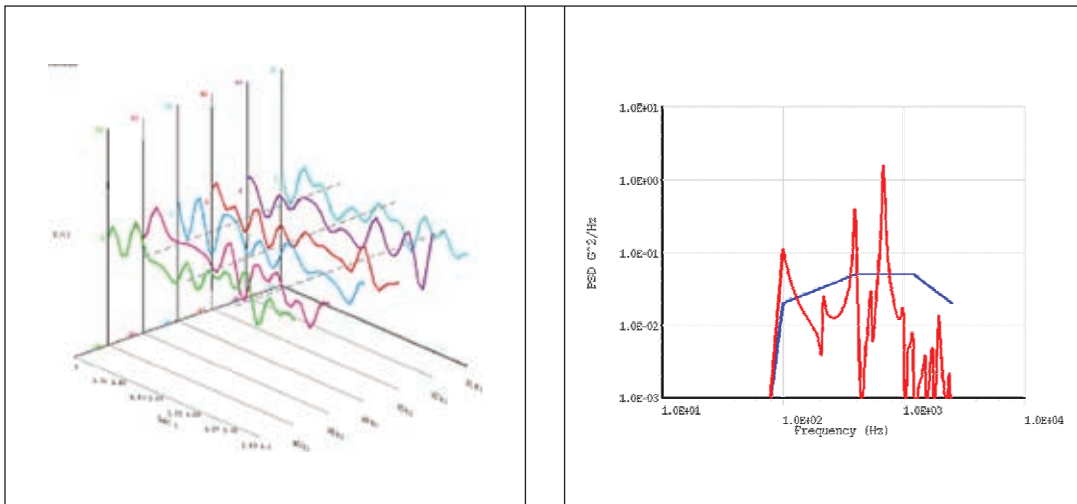


Bild 5: Neben harmonischen Anregungen können auch rauschförmige verwendet werden. Damit wird ein komplettes Frequenzspektrum als Anregungsquelle definiert, links sind Anregungszeitreihen dargestellt und rechts die spektrale Leistungsdichte (blau) sowie die Systemantwort (rot).

Lasten wie Stöße) sowie schnell ablaufende nichtlineare Vorgänge berechenbar. Gleiches gilt sowohl für die Analyse von stationären und instationären Temperaturfeldern als auch für laminare oder turbulente Strömungen in kompressiblen und inkompressiblen Medien sowie für elektrische und elektromagnetische Felder. Dabei ist jeweils ein Austausch der berechneten Daten zwischen den einzelnen Anwendungen möglich, beispielsweise um die Verformung auf Grund von magnetischen Kräften zu berechnen oder um die Spannungen zu analysieren, die sich durch thermische Verlustleistungen aufbauen.

Zur Analyse von hyperelastischem Materialverhalten muss zunächst das Material mit komplexen Materialmodellen abgebildet werden. Ansys Workbench bietet die Möglichkeit, mit Hilfe des so genannten Curve-Fittings die gewonnenen Messdaten mit den Parametern eines Materialmodells in Deckung zu bringen, um dieses dann für die gewünschten Berechnungen zu benutzen (Bild 2 und 3).

Ein weiterer beispielhafter Anwendungsfall sind Untersuchungen bei Schläuchen, bei denen das Verformungsverhalten unter mechanischer Belastung untersucht wurde (Bild 4). In diesem Zusammenhang können auch Steifigkeitsanalysen von Interesse sein, um schon vor der ersten Prototypenerstellung eventuell vorhandene konstruktive Schwachstellen aufzuspüren und zu beheben. Mit Hilfe gemessener elastisch-plastischer Materialkurven ist das physikalische Verhalten auch über den linearen Bereich hinaus analysierbar, so dass auch große Verformungen sowie die Bildung von Beulen berücksichtigt werden können. Auch in diesem Anwendungsfall lassen sich mit Hilfe von verschiedenen Parametern umfassende Variantenstudien erstellen, die zu

optimierten Konstruktionsmodellen führten. Ein Berechnungsbeispiel für die Quasi-Statik ist das so genannte Crimpen einer Kabelverbindung, bei der auf die explizite Simulation zurückgegriffen wurde. Der Umformprozess wird dabei in einer langsam ablaufenden transient dynamischen Analyse abgebildet, in der die Massenkräfte aufgrund der geringen Geschwindigkeit kaum eine Rolle spielen (Bild 6). Weil das explizite Verfahren auf

CADFEM: Das ANSYS Competence Center FEM

Als »Ansys Competence Center FEM« vertritt das Unternehmen CAD-FEM die Ansys-Software seit über 25 Jahren in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Über die Software hinaus werden ein umfassendes Seminarangebot rund um Ansys, kompetenter Anwendersupport sowie kundenspezifische Programmweiterentwicklungen angeboten. Ein weiterer Schwerpunkt des FEM-Spezialisten ist die Erbringung von Berechnungsdienstleistungen. CAD-FEM kooperiert eng mit Ansys Germany, dem Kompetenzzentrum für strömungsmechanische Anwendungen.

Gemeinsam richten beide Unternehmen die größte jährliche Anwenderkonferenz zum Thema Simulation in Deutschland aus. Die »ANSYS Conference & das 27. CADFEM Users´ Meeting« finden in diesem Jahr vom 18. bis 20. November in Leipzig statt.

www.cadfem.de
www.usersmeeting.com

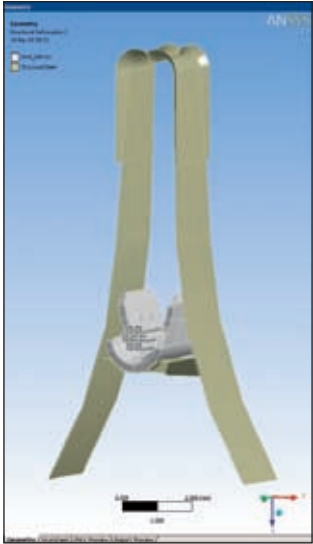
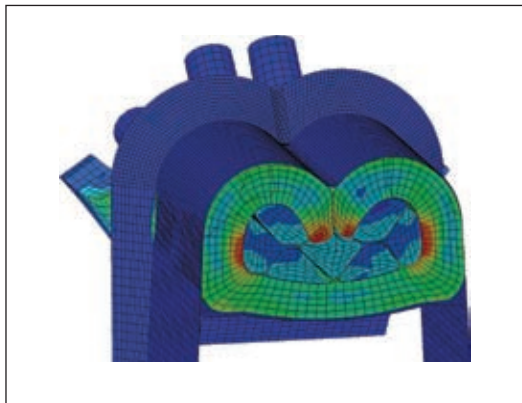


Bild 6: Die explizite Simulation wurde für das Crimpen einer Kabelverbindung genutzt.



Gleichgewichtsiterationen verzichtet, lassen sich komplexe Kontaktsituationen, plastisches Materialverhalten sowie große Deformationen robust und effizient berücksichtigen.

Die explizite Methode wird speziell dann genutzt, wenn hochgradig nichtlineare, transient dynamische Analysen – wie bei Crash-Untersuchungen, Falltests und Umformungen – durchgeführt werden sollen. Bei entsprechenden linearen Vorgängen könnten auch modalbasierte Lösungen verwendet werden. Die Rechenzeit bei der expliziten Methode ist primär von der Größe des kritischen Zeitschritts sowie der Größe des Zeitfensters abhängig.

Mit der Version Ansys 12.0, die seit Mai 2009 verfügbar ist, wird mit dem Produkt Ansys Explicit STR eine Integration der expliziten Solver Ansys Autodyn und das Preprocessing für LS-Dyna in der Ansys Workbench bereitgestellt. Damit erweitert sich das Spektrum der Workbench-Umgebung um häufige Anwendungen der expliziten Strukturmechanik, insbesondere komplexe Kontaktsituationen, Materialversagen oder Falltests. Autodyn zeigt seine Stärken bei der Berechnung von Detonationen, Druckwellen, beim Hochgeschwindigkeitsaufprall (HVI – High Velocity Impact) und anderen hochdynamischen Vorgängen, bei denen Festkörper, Flüssigkeiten und Gase miteinander interagieren. Neben

einem Einsatz bei der Entwicklung von militärischen Systemen dient diese Ansys-Lösung zur Berechnung von Fassaden, Glasscheiben oder auch Komponenten im Anlagenbau, um eine größtmögliche Sicherheit zu realisieren. LS-Dyna wird dagegen hauptsächlich für Metallumformvorgänge, Crash-Tests von Fahrzeugen und detaillierte Berechnungen von Komponenten für die aktive und passive Fahrzeugsicherheit sowie den Insassen- und Fußgängerschutz verwendet.

Weitere Neuheiten in der Version Ansys 12.0 sind ein hochwertiger CFD-Vernetzer, der auch für mechanische Analysen nutzbar ist, sowie das Modul Ansys Composite PrepPost, das eine effiziente Unterstützung beim Aufbau und der Auswertung von Composit-Strukturen bietet. Auch die Solver-Technologie für Multi- und Parallel-Processing wurde verbessert, was zu einem hohen Geschwindigkeitszuwachs führt. Unter anderem lassen sich im HPC-Bereich (High Performance Computing) 128 CPUs und mehr auch für implizite Analysen einsetzen.

Das erweiterte Projektmanagement-System erleichtert die Verwaltung und Verknüpfung von Geometrie-, Material- und Berechnungsdaten aller physikalischen Disziplinen. Darüber hinausgehend steht mit Ansys EKM (Engineering Knowledge Management) eine leistungsfähige Software für das Wissens- und Prozessmanagement zur Verfügung, wobei auch direkte Integrationen in PLM-Umgebungen beziehungsweise PDM-Lösungen wie Teamcenter Engineering realisierbar sind.

Dieser Bericht kann auf Grund der gegebenen Rahmenbedingungen nur einige wenige Schlaglichter auf die reichhaltige Funktionalität und das dadurch erschließbare Nutzenpotenzial der Ansys-Software werfen. Die DesignSpace-Lösung für die konstruktionsbegleitende Berechnung ermöglicht einen schnellen und einfachen Einstieg in den Simulationsbereich der Strukturmechanikanwendungen. Der Konstrukteur erhält durch die eigenständige Nutzung der Berechnungssoftware ein tiefgreifenderes Verständnis für das physikalische Verhalten seiner Bauteile und kann folglich in der Produktentwicklung eine umfassende Optimierung vorantreiben. Dazu wird er in vielen Fällen die Unterstützung von Berechnungsspezialisten benötigen, denen durch die Nutzung der Gesamtfunktionalität der Ansys-Workbench-Lösung ein sehr weitreichendes Funktionsspektrum für die verschiedensten Simulationsanwendungen zur Verfügung steht. -fr-

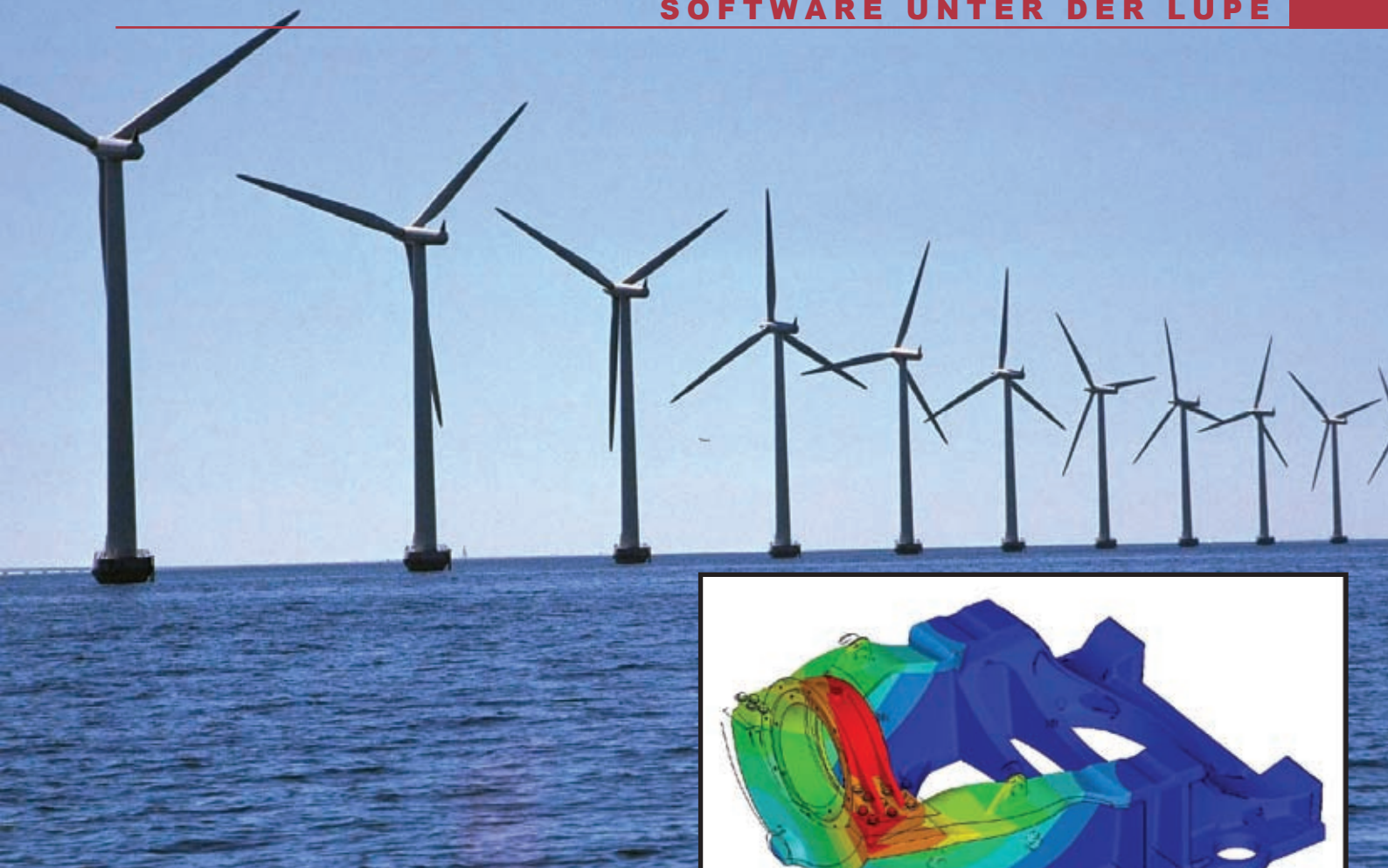


Bild 7: Betriebsfestigkeits- und Dauerfestigkeitsanalysen sind in der heutigen Produktentwicklung ebenfalls wichtige Themen, zum Beispiel für die Windenergie-Branche, die entsprechende Software-Lösungen sehr intensiv nutzt (Quelle: SKF GmbH).

Fachbuch: »Konstruktionsbegleitende Berechnung mit Ansys DesignSpace«

Das seit Mai 2009 verfügbare Fachbuch »Konstruktionsbegleitende Berechnung mit Ansys DesignSpace« vom Autor Christof Gebhardt richtet sich an Anwender und technisch Verantwortliche aus der CAD-Konstruktion. Auf leicht verständliche Weise werden die Grundlagen der Finite-Elemente-Methode vermittelt, die Anwendungsgebiete in Statik und Dynamik gezeigt, aber auch Begriffe wie Nichtlinearitäten und Kontakt erläutert.

Der Schwerpunkt des Buches liegt auf der praktischen Anwendung von Ansys DesignSpace, bezogen auf die Version 12. Dazu gehören die Frage nach der geeigneten Vernetzung und Genauigkeit, die Definition und Kontrolle von Last- und Lagerbedingungen sowie die Darstellung und Bewertung von Ergebnissen. Vierzehn umfangreiche Übungen zeigen typische Vorgehensweisen zum Beispiel für die Berechnung von Kerbspannungen, Schraubverbindungen und Presspassungen

oder die Berücksichtigung der Steifigkeit von Kaufteilen. Organisatorische Themen wie Training, Qualitätssicherung, Software- und Hardware-Konzepte runden den Inhalt ab.

Aufgrund der einheitlichen Arbeitsweise in den verschiedenen Ausbaustufen der strukturmechanischen Simulation, eignet sich dieses Handbuch auch für Einsteiger weiterführender Lizenzstufen, wie Ansys Professional, Structural oder Mechanical. Unter <http://downloads.hanser.de> stehen die Geometrien und Musterlösungen zu den im Buch beschriebenen Übungen bereit. Das Buch kann direkt bei CADFEM zum Preis von EUR 49,90 (inkl. ges. MwSt., zzgl. Verpackung und Versand) bestellt werden.

Online: www.cadfem.de/shop
 Fax: 0 80 92/70 05 - 77, z. Hd. Frau Wagner
 Tel. 0 80 92/70 05 - 0, Frau Wagner
 E-Mail marketing@cadfem.de