

Leistungsfähigkeit von NX Nastran

So verbessert Siemens PLM Software
NX Nastran

www.siemens.com

White Paper



- ▶ Die Produktentwicklungsgruppe von Siemens PLM Software verbessert die Software NX™ Nastran durch: Erweiterungen für Berechnungsverfahren, Verbesserungen bei Benutzerfreundlichkeit und Prozessen und eine Leistungssteigerung von NX Nastran. Obwohl jede dieser Verbesserungen auf ihre eigene Weise von Nutzen ist, konzentriert sich dieses White Paper auf die Leistungssteigerung, da sie es ist, die NX Nastran zur ersten Wahl für Anwender macht, die umfangreiche Probleme zu lösen haben.

PLM Software

Answers for industry.

SIEMENS

Inhalt

Kurzdarstellung	1
Leistungssteigerung	2
Aufzeigen des Nutzens der rekursiven Domänenlösung	4
Fazit	7

Die Produktentwicklungsgruppe von Siemens PLM Software konzentriert sich bei der Verbesserung von NX Nastran auf folgende drei Hauptschwerpunkte:

- Bereitstellung von Erweiterungen für Berechnungsverfahren
- Optimierung der Benutzerfreundlichkeit und der Prozesse der Lösung
- Leistungssteigerung

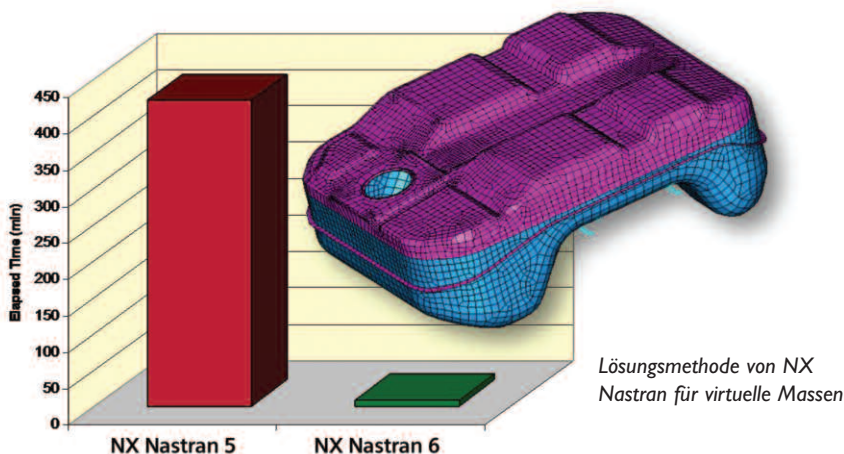
Erweiterungen für Berechnungsverfahren

Die Erweiterungen für Disziplinen von Siemens PLM Software erweitern den Umfang und die verschiedenen Arten von Physikproblemen, die mit Nastran gelöst werden können. Beispielsweise ermöglichen höhere nichtlineare Funktionen dem Anwender die Untersuchung nichtlinearer Kontaktprobleme, um komplexe Materialien wie etwa hyperelastische Materialien definieren zu können, die für Türdichtungen oder ähnliche Anwendungen verwendet werden. Es können sogar Hochgeschwindigkeitsanwendungen mit kurzer Dauer, aber sehr großen nichtlinearen Auswirkungen gelöst werden. Weitere Beispiele sind Funktionen für Rotordynamik sowie für integrierte interdisziplinäre Probleme mit Bewegungen, gekoppelte Thermodynamik und numerische Strömungsmechanik.

Optimierung von Benutzerfreundlichkeit und Prozessen

Die Optimierung von Benutzerfreundlichkeit und Prozessen ermöglicht Anwendern von NX Nastran ein produktiveres Arbeiten und beinhaltet wichtige Verbesserungen von NX Nastran. Darüber hinaus verbessert sie die Integrationsmöglichkeiten der NX CAE Vorverarbeitungs- und Nachbearbeitungs-Umgebungen. Ein gutes Beispiel ist die Art und Weise, in der NX Nastran das Verknüpfen von Netzen vereinfacht. Der Klebprozess von NX Nastran ermöglicht dem Anwender das Verbinden mehrerer Komponenten zu einer Finite-Elemente-Baugruppe. Dieser Prozess unterstützt verschiedene Arten von Verbindungen inklusive linearer Berührungen, wie sie bei Presspassungen auftreten, bei denen zwei Objekte fest miteinander verbunden werden. Die neue automatische Berechnung von Penalty-Faktoren, die in den linearen Kontaktalgorithmus von NX Nastran integriert wurde, ist noch weiter verbessert worden. Weniger Kontaktiterationen bedeuten eine kürzere Laufzeit. Im Rahmen von Kundentests konnten Verbesserungen von 8:1 und mehr erzielt werden.

Weitere Prozessoptimierungen konnten mit NX Nastran bei der Lösung von Innenakustikproblemen erzielt werden, indem durch einen neuen Ansatz bei der Berechnung der Matrizen für die Akustik-Struktur-Kopplung im Vergleich zur ursprünglichen Methode eine Geschwindigkeitssteigerung von über 100:1 erreicht werden konnte. Darüber hinaus verbessert eine neue Lösungsmethode für virtuelle Massen die Leistung für mittlere bis große Modelle wie Flüssigkeitstanks und Schiffe, die in Flüssigkeiten vibrieren (siehe zugehörige Abbildung).



Erweiterungen für Disziplinen

- Zusätzliche Physiklösungen
- Gemeinsames Modellierungsformat

Optimierung von Benutzerfreundlichkeit und Prozessen

- Einfachere Modellierung
- Gesteigerte Genauigkeit

Leistungssteigerung

- Größere Modelle
- Aktuelle Technik

In diesem White Paper werden die Leistungssteigerungen von NX Nastran detailliert besprochen.

Leistungssteigerung

Obwohl die Erweiterungen für Disziplinen und die Optimierung von Benutzerfreundlichkeit und Prozessen von NX Nastran viele Vorteile mit sich bringen, steht doch die Leistungssteigerung im Mittelpunkt der Verbesserungen von Siemens PLM Software. Die hohe Leistung macht NX Nastran zur ersten Wahl für Anwender, die Lösungen für die immer komplexeren Probleme von heute finden müssen. Siemens PLM Software hat viel Arbeit in wichtige Bereiche investiert und dabei mit der Verbesserung der Leistung von NX Nastran bei umfangreichen dynamischen Problemen begonnen. Diese können jetzt aufgeteilt und an mehrere Prozessoren gesendet werden. NX Nastran nutzt jetzt Distributed Memory Parallel Processing (DMP), um diese Probleme auf einzigartige Art und Weise zu lösen.

► Leistungssteigerung

Die Anwender von NX Nastran können Probleme aufspalten und die Leistung annähernd linear verbessern, indem sie mehrere Prozessoren nutzen, die in einer DMP-Cluster-Umgebung bereitgestellt werden. NX Nastran verfügt außerdem über Erweiterungen für die Adressierbarkeit des Speichers, die dem Anwender die Lösung umfangreicher Probleme mit 500 Millionen Freiheitsgraden und mehr ermöglichen. Mit NX Nastran lassen sich sehr anspruchsvolle dynamische Probleme sehr schnell lösen.

Bearbeitung großer Matrizen

Eine wichtige Verbesserung bezieht sich auf die Art und Weise, mit der NX Nastran sehr große Matrizen bearbeitet, indem beispielsweise iterative Solver und verwandte Verfahren genutzt werden, um diese Matrizen schneller aufzulösen und verwandte Probleme bei Bedarf schneller zu lösen. Siemens PLM Software hat einen interaktiven Solver in NX Nastran integriert, der die schnelle Auflösung hochkomplexer Geometrien – üblicherweise Gussteile und andere strukturelle Anwendungen – und dadurch Anwendern eine rasche Abfrage von Ergebnissen ermöglicht.

Der interaktive Solver war ein frühes Projekt. Das Entwicklungsteam von Siemens PLM Software verbesserte die Leistung und erreichte so eine Leistungssteigerung von 7:1 im Vergleich zu vorher. In Kombination mit Verbesserungen beim Speichermanagement eröffnet dies viele neue Möglichkeiten zur Lösung großer Probleme, die mit vergleichbaren Solvieren der damaligen Zeit nicht gelöst werden konnten.

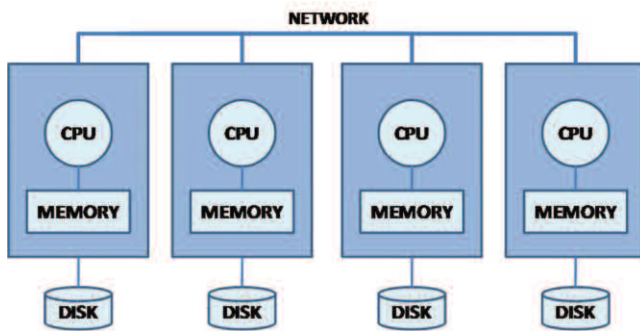
Nutzung neuer Computersystem-Architekturen

Die nächste Herausforderung bestand darin, moderne Computersystem-Architekturen mit NX Nastran optimal zu nutzen. Shared Memory Processing (SMP) wird in NX Nastran nur für weniger anspruchsvolle Vorgänge wie das Auflösen von Matrizen und die Multiplikation von Matrizen für alle Lösungssequenzen verwendet. Da Matrixmultiplikationen in jeder Lösungssequenz vorkommen, kann SMP in allen Lösungssequenzen für alle Analysen aktiviert werden, wenn SMP von der Hardware unterstützt wird. In diesem Fall können die Anwender mit einer erheblich schnelleren Lösung rechnen.

Die parallele Verwendung mehrerer Prozessoren kann die Laufzeiten für Lösungen im Vergleich zu eher traditionellen, seriellen Lösungen mit nur einem Prozessor erheblich verkürzen. Des Weiteren kann mit Distributed Memory Processing (DMP) eine sehr viel höhere Skalierbarkeit erzielt werden als mit Shared Memory Processing (SMP), der bevorzugten Technologie bei Multiprozessorknoten mit Shared Memory oder bei Prozessorknoten mit mehreren Kernen.

DMP-Lösungen verwenden ein Cluster mit mehreren Prozessoren und mehreren E/A-Kanälen, die über ein Netzwerk miteinander kommunizieren. Die Abbildung unten zeigt eine typische Architektur eines Hardwaresystems mit DMP. Jeder Prozessor hat einen eigenen Speicher und eine oder mehrere Festplatten.

DMP-Lösungen basieren auf der Domänenzerlegung der Geometriedomäne (Frequenzdomäne) oder der Lastdomäne. DMP-Methoden erreichen ihre Geschwindigkeit durch Aufteilung der Finite-Elemente-Modelle in kleinere Bestandteile, die simultan gelöst werden können. Der Anwender muss lediglich die Anzahl der Prozessoren angeben. Die Aufteilung der Lösung erfolgt intern.



Diese Aufteilung in Bezug auf Geometrie- oder Frequenzbereich erfolgt einzeln oder gleichzeitig. Obwohl jeder Prozessor an einem eigenen Bestandteil des Geometrie- oder Frequenzbereichs arbeitet, kommunizieren die Prozessoren untereinander, um Informationen auszutauschen. Sobald die Lösung vorliegt, werden die Ergebnisse zu einer einzigen Ergebnisdatei zusammengeführt.

NX Nastran bietet viele Optionen für die Aufteilung der Lösungsdomäne. Diese Optionen sind in der beigefügten Tabelle gekennzeichnet.

Lösung	Geometrisch	Frequenz	Hierarchisch	Rekursiv	Last
Statikanalyse (101)	•				•
Normalschwingungen (103)	•	•	•	•	
Direktfrequenz (108)		•			
Modale Frequenz (111)	•	•	•	•	
Modales Einschwingverhalten (112)	•	•	•		
Konstruktionsoptimierung (200)	•	•	•		

Die Aufteilung der Geometriedomäne ist für statische und dynamische Lösungen verfügbar. Das physische Modell wird automatisch in kleinere Bestandteile aufgeteilt, die von verschiedenen Prozessoren gelöst werden. Dieses Konzept ist vergleichbar mit einer automatischen Aufteilung in Substrukturen (Superelemente). Die Leistung skaliert hierbei gut mit der Anzahl der verfügbaren Prozessoren. Dieser Ansatz verringert den zur Lösung von Problemen benötigten Speicherplatz sowie die benötigte Rechenleistung erheblich und liefert eine rechnerisch exakte Lösung für Eigenlösungen.

Die Aufteilung der Frequenzdomäne ist für dynamische Lösungen verfügbar. Der Frequenzbereich von Interesse wird automatisch in Segmente aufgeteilt, die einzeln gelöst werden. Jeder Prozessor löst in seinem Frequenzsegment das komplette Modell. Eine Kommunikation ist nur beim Zusammenfassen der Ergebnisse für den Hauptprozessor erforderlich.

Die hierarchische Domänenauflösung ist eine Kombination der Methoden zur Aufteilung der Geometrie- und Frequenzdomänen. Dieser Ansatz wird für modale Lösungen verwendet. Er ermöglicht die Skalierbarkeit auf einer höheren Ebene, als dies mit den einzelnen Methoden jeweils möglich wäre. Bei diesem Ansatz löst eine Gruppe von Prozessoren oder ein Cluster das Eigenwertproblem für die lokale Geometrie und kommuniziert dabei mit anderen Gruppen von Prozessoren oder anderen Clustern, um die anderen Frequenzbereiche ebenfalls zu berücksichtigen. Die bevorzugte Hardwareumgebung für hierarchische Domänen ist ein Cluster aus Multiprozessor-Workstations, die üblicherweise durch einen Hardware-Switch oder ein Netzwerk miteinander verbunden sind.

Die Aufteilung der Lastdomäne ist hilfreich, wenn bei einer linearen Statikanalyse viele Lastfälle vorhanden sind. Statt dem Finite-Elemente-Modell wird die Lastmatrix so gleichmäßig wie möglich auf die Prozessoren aufgeteilt und die lineare Lösung wird von jedem der Prozessoren für dessen eigenen Lastfall berechnet. Wie die Aufteilung der Frequenzdomäne auch ist die Aufteilung der Lastdomäne, bei der keine Kommunikation der Prozessoren erforderlich ist, annähernd linear skalierbar.

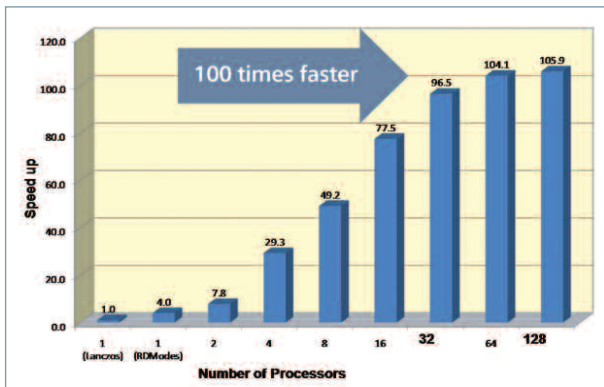
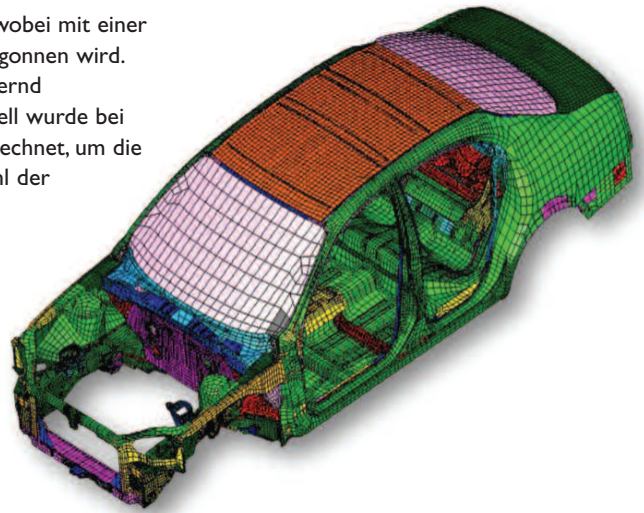
Die neueste DMP-Methode ist die rekursive Aufteilung in Substrukturen. Sie funktioniert für modale Lösungen und ist die bisher am besten skalierbare Lösung. Sie arbeitet mit der Aufteilung der Masse- und Steifigkeitsmatrizen auf mehreren Ebenen, indem eine automatische Matrizenreduktion durchgeführt wird. Da es sich um eine mathematische Reduktionsmethode handelt, stellt die Lösung im Vergleich zu den anderen DMP-Methoden eine Näherungslösung dar. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass die Näherung sehr gut ist und nur geringfügig von einer exakten Lösung abweicht.

Gute Skalierbarkeit für diese Methode wurde für 128 CPUs erreicht, wie eines der folgenden Beispiele zeigt. Unter Verwendung der Lanczos-Methode für einen einzigen Prozessor als Ausgangspunkt, arbeitet die rekursive DMP-Lösung um mehr als das Hundertfache schneller. Die rekursive Methode kann auch mit einem einzigen Prozessor verwendet werden und ist dann aufgrund der Aufteilung in Substrukturen viermal so schnell wie die Lanczos-Methode.

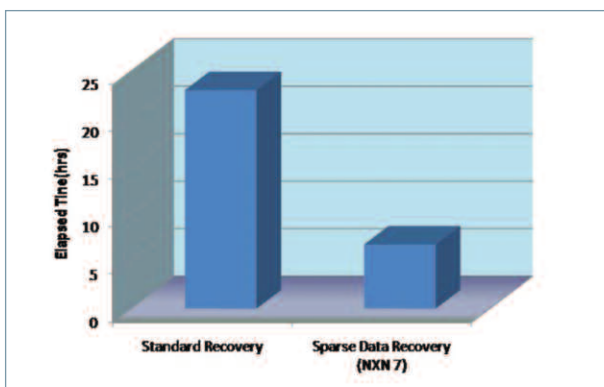
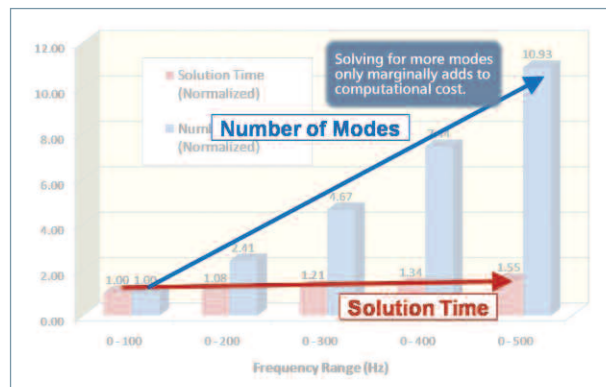
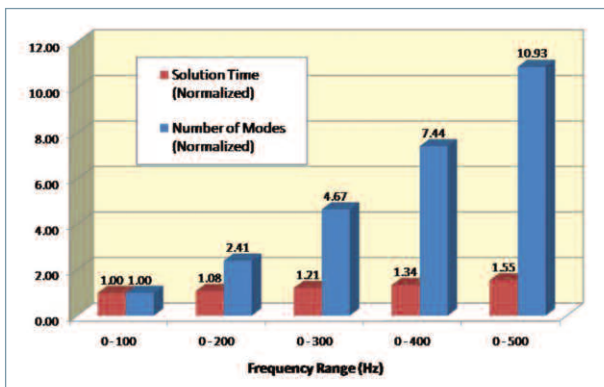
► Aufzeigen des Nutzens der rekursiven Domänenlösung

Zwei Beispiele sollen den Nutzen der rekursiven Domänenlösung aufzeigen, wobei mit einer Normalschwingungsanalyse (Eigenwert) eines FE-Modells einer Karosserie begonnen wird. Dieses Modell verfügt über etwa 6,5 Millionen Freiheitsgrade, inklusive annähernd 1,3 Millionen Gitterpunkten und 1,2 Millionen Schalelementen. Dieses Modell wurde bei aktivierter Sparse-Eigenvektorwiederherstellung (neu in NX Nastran 7.0) berechnet, um die Skalierbarkeit im Hinblick auf das Verhältnis von verstrichener Zeit zur Anzahl der Prozessoren zu ermitteln.

Wie aus dem zugehörigen Diagramm ersichtlich ist, skaliert die Lösungsgeschwindigkeit auch weiterhin gut mit der Anzahl der verwendeten Prozessoren. Die Linearität der Geschwindigkeitssteigerung ist sehr gut, wobei die Skalierbarkeit scheinbar von der Modellgröße und der Anzahl der zur Verfügung stehenden Prozessoren abhängig ist.



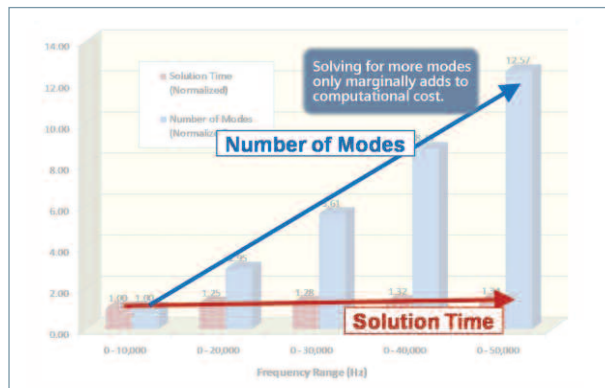
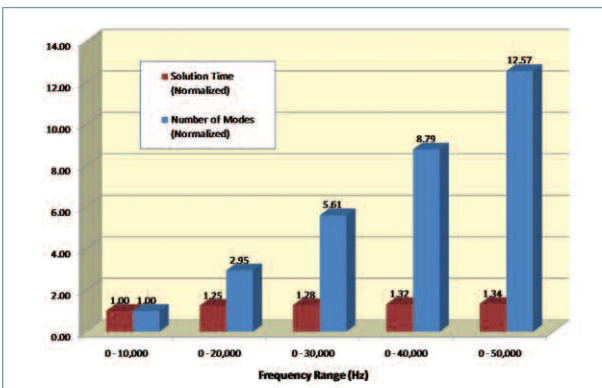
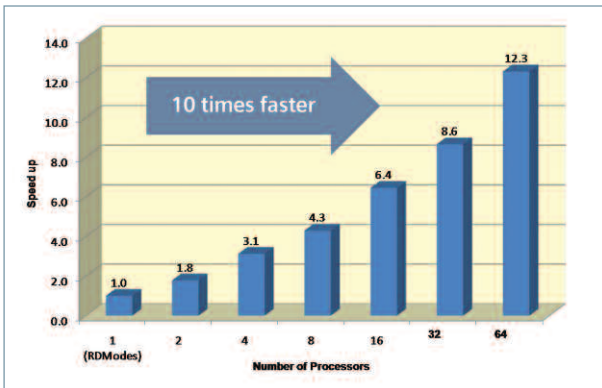
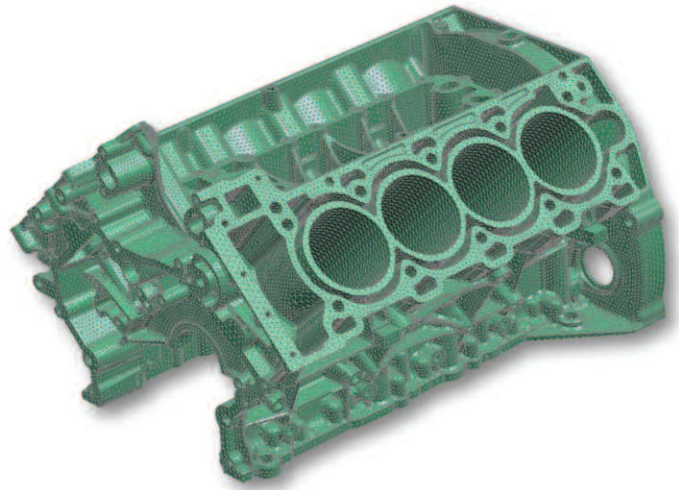
Im ersten Durchlauf wurden etwa 1.000 Modi mit bis zu 300 Hz berechnet. Die Analyse wurde aber auch verwendet, um Auswirkungen auf die Leistung im Zusammenhang mit der Anzahl der angeforderten Modi zu prüfen. Wie aus dem zugehörigen Diagramm ersichtlich, verläuft die Lösung relativ flach im Vergleich zur Anzahl der berechneten Modi.



Dieser Fall zeigt auch den Nutzen der Sparse-Datenwiederherstellung auf. Dieser Ansatz wurde für umfangreiche Probleme implementiert, da ein Anwender oftmals lediglich an der Lösung an wenigen wichtigen Stellen interessiert ist. In Fällen wie diesem kann die automatisch aktivierte Sparse-Eigenvektorwiederherstellung die Gesamtdauer der Berechnung und die Speicherressourcen erheblich reduzieren (in diesem Fall um 5:1).

Das zweite Beispiel behandelt das Modell eines V8-Motors mit 3,6 Millionen Gitterpunkten, 2,3 Millionen parabolischen Testelementen und 10,8 Millionen Freiheitsgraden.

Das Problem wurde auf einem HP-Cluster mit 64 CPUs unter Linux berechnet. Wie aus den zugehörigen Ergebnissen ersichtlich skaliert auch hier die Leistung gut. Es ist wichtig, Modelle stets mit verschiedenartigen Netzen zu betrachten, da die zu berechnenden Matrizen verschiedene Formen aufweisen. Dies wiederum wirkt sich darauf aus, wie die Effizienz der Solver-Algorithmen beschaffen sein muss, um den gewünschten Leistungszuwachs zu erreichen.



Für den obigen Fall wurden etwa 250 Modi im Bereich von 0 bis 10.000 Hz berechnet. Die Überprüfung des Verhältnisses der Anzahl der angeforderten Modi zur CPU-Auslastung hat erneut gezeigt, dass eine Lösung für mehr Modi die Kosten für die Berechnung nur geringfügig ansteigen ließ.

► Fazit

Komplexe Modelle mit Millionen von Knoten und mehreren zehn Millionen Freiheitsgraden sind heute ganz normal. Da Größe und Komplexität von Analysemodellen stetig zunehmen, ist die Solver-Leistung ein entscheidender Faktor. Sie ermöglicht Unternehmen die rechtzeitige Berechnung von Ergebnissen, die für wichtige Konstruktionsentscheidungen benötigt werden. Siemens PLM Software ist sich der Bedeutung der Solver-Leistung bewusst, die das Kernstück der Entwicklungsstrategie für NX Nastran bildet.

Siemens PLM Software

Siemens PLM Software, ein Geschäftsgebiet von Siemens Industry Automation, ist ein weltweit führender Anbieter von Software und Services für das Product Lifecycle Management (PLM) mit 6,7 Millionen Softwarelizenzen und 63.000 Kunden auf der ganzen Welt. Siemens PLM Software, ein Unternehmen mit Sitz in Plano, Texas, arbeitet mit Unternehmen zusammen, um offene Lösungen anbieten zu können, die ihnen dabei helfen, mehr Ideen in erfolgreiche Produkte umzuwandeln. Weitere Informationen zu den Produkten und Services von Siemens PLM Software erhalten Sie unter www.siemens.com/plm.

Siemens PLM Software

Deutschland

Siemens Industry Software
GmbH & Co. KG
Hohenstaufenring 48-54
50674 Köln
+49 221 20802-0
Fax +49 221 248928

Österreich

Siemens Industry Software GmbH
Franzosenhausweg 53
A-4030 Linz
+43 732 37755-0
Fax +43 732 37755-050

Schweiz

Siemens Industry Software AG
Grossmattstrasse 9
CH-8902 Urdorf
+41 44 75572-72
Fax +41 44 75572-70

www.siemens.com/plm

© 2010. Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Alle Rechte vorbehalten. Siemens und das Siemens-Logo sind eingetragene Warenzeichen der Siemens AG. D-Cubed, Femap, Geolus, GO PLM, I-deas, Insight, Jack, JT, Parasolid, Solid Edge, Teamcenter, Tecnomatix und Velocity Series sind Marken oder eingetragene Marken der Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. oder ihrer Niederlassungen in den USA und in anderen Ländern. Alle anderen Logos, Warenzeichen, eingetragenen Warenzeichen oder Dienstleistungsmarken sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.
W16-DE 19887 7/10 L