ERFOLGSGESCHICHTEN

der CAE Innovative Engineering GmbH

EDITORIAL

Zukünftige Technologien zu fokussieren und Spaß daran zu haben, das stellt die Herausforderungen an unser Team dar. Kein Projekt ist wie das andere. Es ist die Leidenschaft hierfür, die uns als CAE Innovative Engineering GmbH seit mehr als 25 Jahren erfolgreich sein lässt.

Neue Technologiefelder und Entwicklungen mit innovativem Charakter in den Prozess der virtuellen Produktentwicklung einzubinden, das ist unsere Vision. Innovative Lösungsansätze in Prozessabläufe zu implementieren, ist unsere Herausforderung. Als zertifizierter Siemens PLM Partner gehören wir zu den Top Partnern, um neue Technologien in die Siemens Plattform einzubinden.

Unsere Erfahrung erstreckt sich auf die unterschiedlichsten Branchen. Dazu gehört unter anderem die Zusammenarbeit mit Siemens als strategischem Partner mit der Produktentwicklungsplattform NX und der Entwicklung eigener Softwaretools.

CAE steht für qualifizierte Engineering-Teams, die Branchenerfahrung haben, die neueste Technik kennen und außerdem das richtige Maß an strategischem und kreativem Denken mitbringen. All diese Faktoren machen den Erfolg unserer Kunden am Markt aus.

Auf den folgenden Seiten erhalten Sie einen Einblick über unsere spannendsten Entwicklungsprojekte.
Unser Managementteam berichtet für Sie aus erster Hand.

Ihr Michael Runge

INHALT

Editorial	2
Lars Brandt: Neuentwicklung in Rekordzeit	6
Matthias Bax: Entwicklung eines Gleittisches zur Erweiterung der CAE Hydropulsanlage	8
Markus Böcker: Einhaltung des Serienstarts mit Einsatz der Simulationsabteilung	20
Benedikt Schürmann: Konzeption und Entwicklung von insgesamt 3 Lithium-Ionen Akkupacks	22
Peter Spiekermann: FKM-Nachweis bei frequenzabhängigen Belastungen	30
Michael Füchtenhans: Lösungsansätze die überzeugen	34
Dominik Mey: Entwicklung und Vergleich von Batteriekühlsystemen	36
Sebastian Döpke: Simcenter Submodeling	40

Neuentwicklung in Rekordzeit

von Lars Brandt

Seit dem Jahr 2003 bin ich bei der CAE beschäftigt. Hier bin ich Prokurist, Leiter der Disziplin Produktentwicklung und im Rahmen von Projekten für verschiedene Industrieunternehmen tätig.
Vor Kurzem habe ich als Projektleiter, gemeinsam mit meinem Team, eine 5 Plunger Reihenkolbenpumpe für industrielle Anwendungen entwickelt.

Aufgabenstellung: Unser Kunde benötigte zur Erweiterung seines Portfolios eine Pumpe mit gesteigerter Leistung, geringerem Gewicht, verbesserter Laufruhe und ohne Getriebe. Bisher gab es noch keine getriebelose Pumpe im Portfolio, außerdem sind die Druckbereiche über 700 bar bis 1500 bar nicht vorhanden gewesen. So standen wir vor einer neuen und spannenden Herausforderung!
Innerhalb des Projektes wurde die Gesamtprojektleitung durch die CAE Innovative Engineering GmbH gestellt. Hierdurch konnte ein reibungsloser Ablauf der einzelnen Gewerke erfolgen. Als ersten Schritt haben wir uns zu einem Brainstorming mit verschiedenen Kollegen aus den einzelnen Disziplinen getroffen. So sind erste Ideen und Skizzen entstanden.

Durch die enge Zusammenarbeit mit der Simulation haben wir die Laufruhe der Kurbelwelle und der einzelnen Druckstufen optimal umgesetzt. Ebenso wurden die extrem belasteten Bauteile wie der Pumpenkopf und die Ventile funktionssicher ausgelegt. Durch das Engineering mit fundiertem Branchen-Know-how konnten wir innovative Lösungen für die stark belasteten Dichtbereiche entwickeln. Nun ist es möglich, die Druckstufen der Pumpe in kürzester Zeit und mit geringstem Montageaufwand zu tauschen. Hier konnte durch ein hohes Maß an Modularität ein Baukastensystem geschaffen werden, welches die Bauteilvielfalt beim Kunden auf ein Minimum begrenzt.
Zu guter Letzt wurde ein ausdrucksstarkes Industriedesign umgesetzt, welches in dieser Branche unerreicht ist.

Fazit:
Durch unseren Einsatz kann der Kunde nun eine optimal ausgelegte, innovative Plungerpumpe in sein Produktspektrum aufnehmen. Das Produktspektrum konnte er auf die Baureihen von 700 bis 1500 bar erweitern.

Entwicklung eines Gleittisches zur Erweiterung der CAE Hydropulsanlage

von Matthias Bax

Als einer der ersten Mitarbeiter der CAE bin ich nun seit 26 Jahren in der Disziplin NVH/Messtechnik tätig. Meine Haupttätigkeiten sind die Untersuchung von Maschinenschwingungen mittels Modal- und Betriebsschwingungsanalysen, die Maschinenakustik sowie die Bauteilprüfung.

Die Entwicklung von individuellen Prüfmaschinen im Auftrag von Kunden ist eine weitere Aufgabe meiner Disziplin. Hierbei werden die Anforderungen der Kunden ermittelt, die Prüfungen physikalisch umgesetzt, Steuerungs- und Regelungstechnik definiert und der Prüfstand selbst sowie die notwendige Software konstruiert, entwickelt und gefertigt.

Seit 1993 setzen wir in unserem Labor eine Hydropulsanlage ein. Diese wird zur Zeitfestigkeitsuntersuchung von Bauteilen, zur Ermittlung der Steifigkeiten von Elastomerlagern und zu Vibrationsprüfungen genutzt.
In einem Portal - Prüfstand ist der Hydropulszylinder über Kopf verbaut, sodass Lasten schwebend mit Vibrationen beaufschlagt oder Kräfte in der Vertikalen in Bauteile eingeleitet werden können.

Um die Anlage zu erweitern und auch in Querrichtungen prüfen zu können, haben wir einen Gleittisch entwickelt, auf dem die Prüflinge in Einbaulage auf einem Schlitten mit horizontalen Vibrationen belastet werden können.

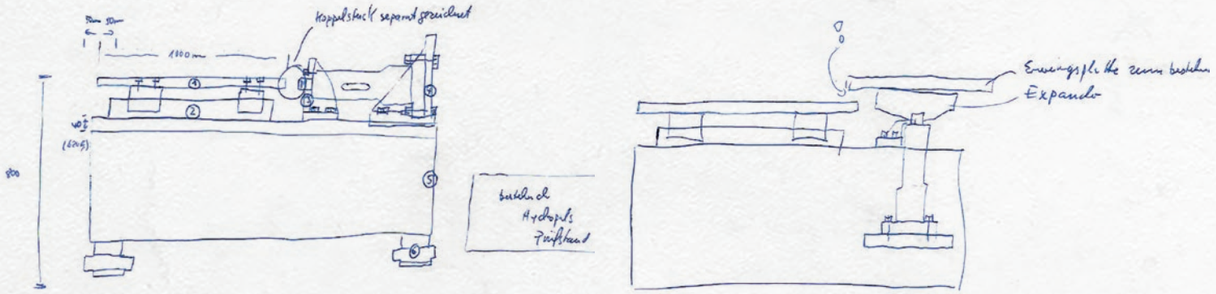
Der Hydropulszylinder dient als Antrieb des Gleittisches, da dieser hervorragend für Vibrationsprüfungen wie z. B. Sinus – Sweep Anregungen geeignet ist.

Neben der statischen Festigkeit und der Verschleißfestigkeit der Prüfanlage, ist die Resonanzfreiheit bis zu einer festgelegten Grenzfrequenz eine der Hauptanforderungen.

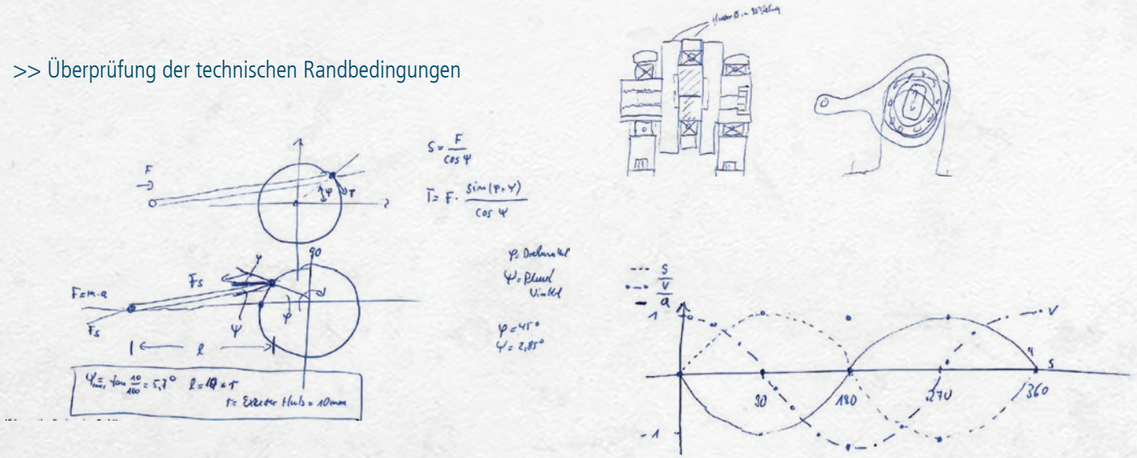
Die Entwicklung der Anlage ist auf den nächsten Seiten von der ersten Idee bis zur fertigen Anlage beschrieben.

Vorentwicklungs- und Konzeptphase

>> Neuer Gleittisch mit Hydraulikantrieb für vertikale Prüfungen



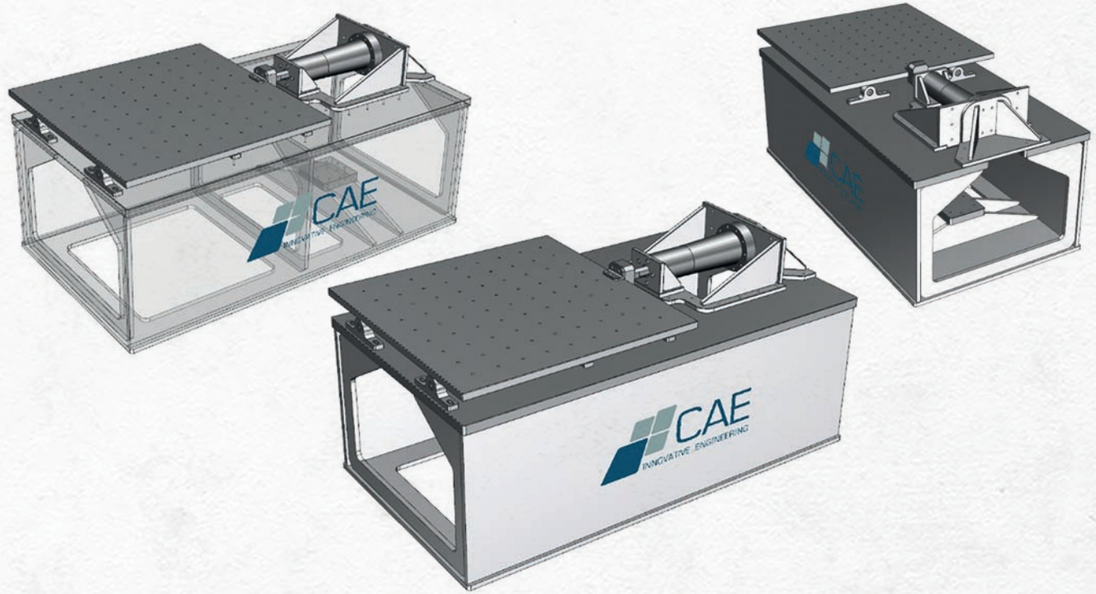
>> Überprüfung der technischen Randbedingungen

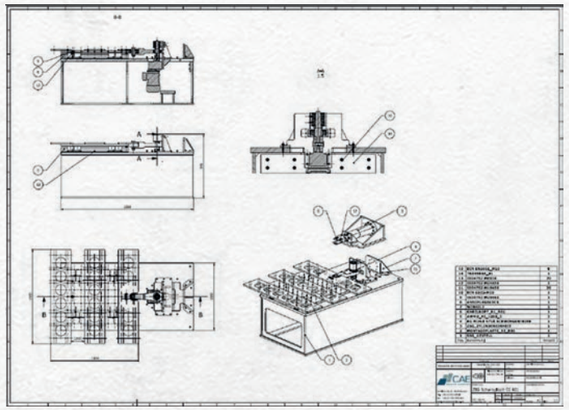


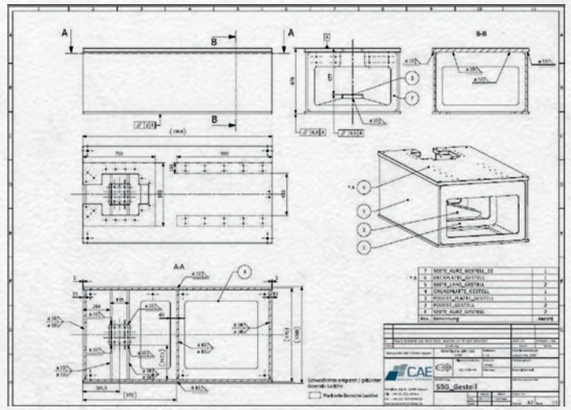
Technische Randbedingungen

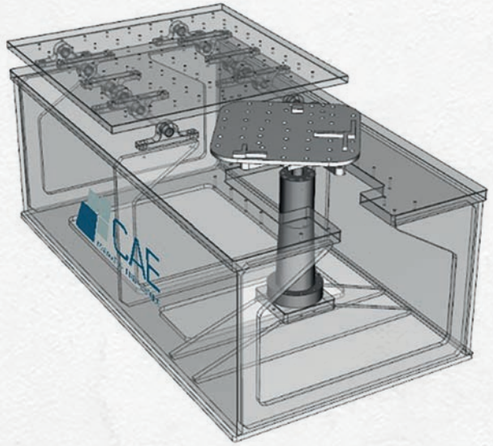
Verwendung des bestehenden Hydropulszylinders, Frequenzbereich bis 150 Hz resonanzfrei, Prüfung in vertikaler und horizontaler Richtung wechselnd möglich. Einsatz eines Exzenterantriebs für langlaufende Prüfungen.

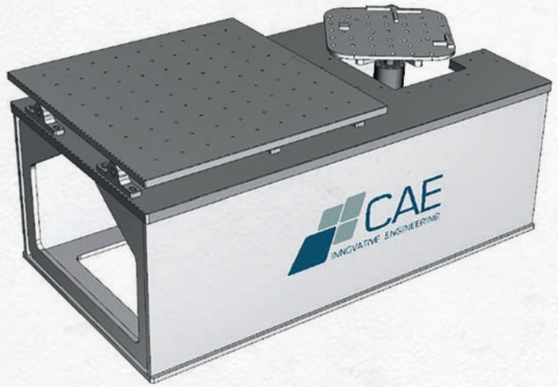
CAD Entwicklung aus den Konzepten der Vorentwicklung

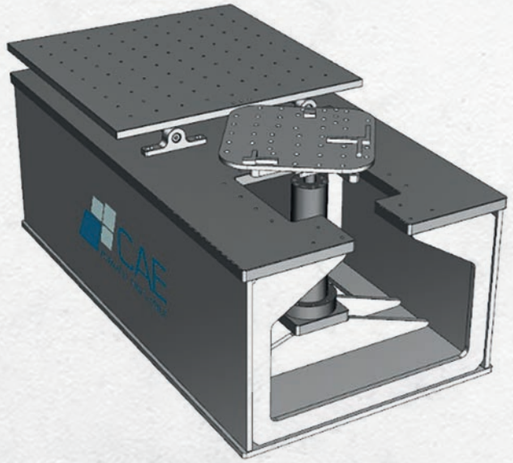


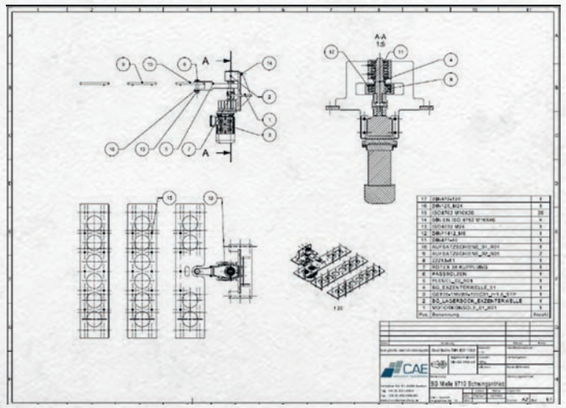


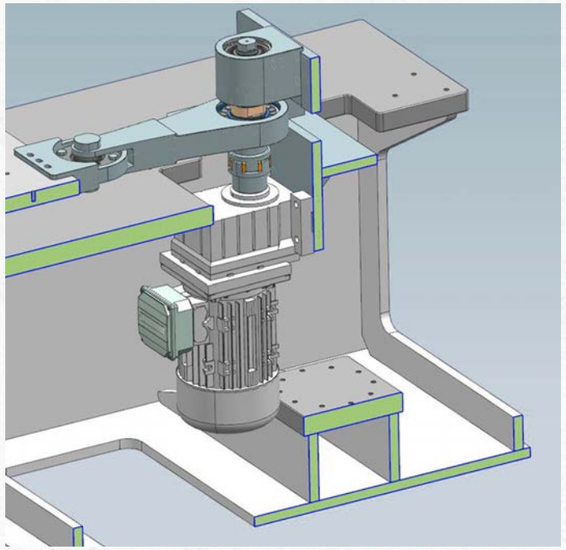


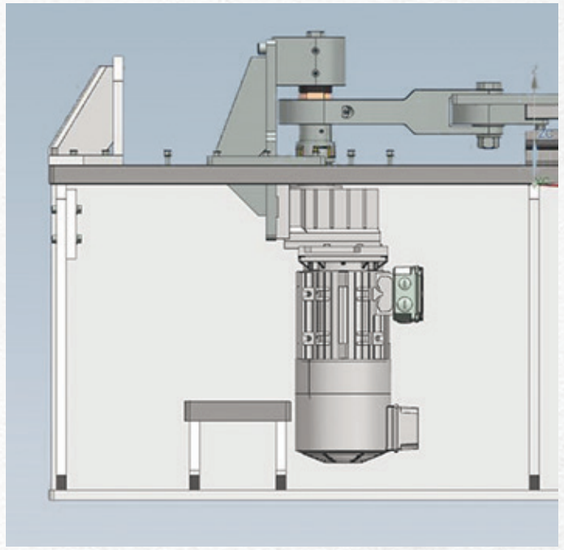

CAE

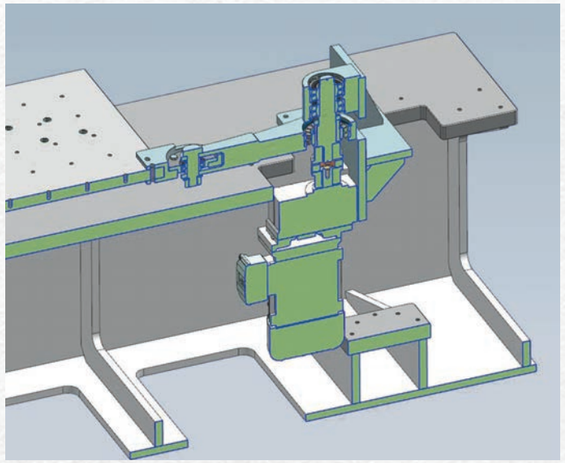

CAE
INNOVATIVE ENGINEERING

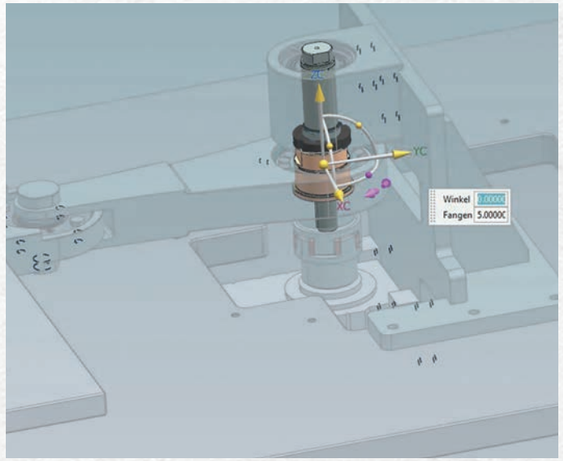

CAE



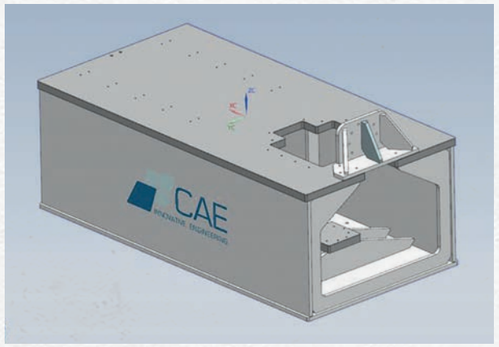




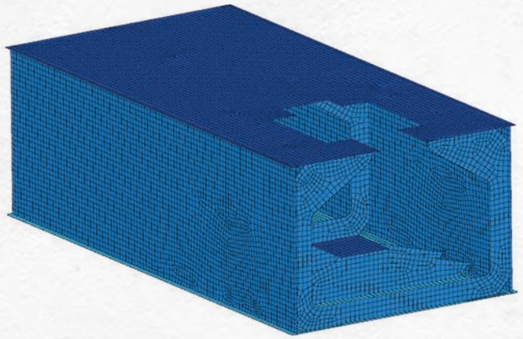



ZC
YC
XC
Winkel 0.0000
Fangen 5.0000

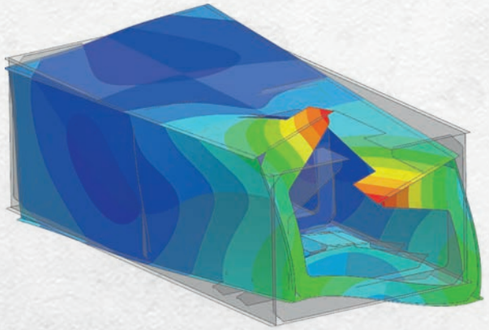
Dynamische FEM-Berechnungen zur Absicherung der geforderten Resonanzfreiheit bis 150 Hz



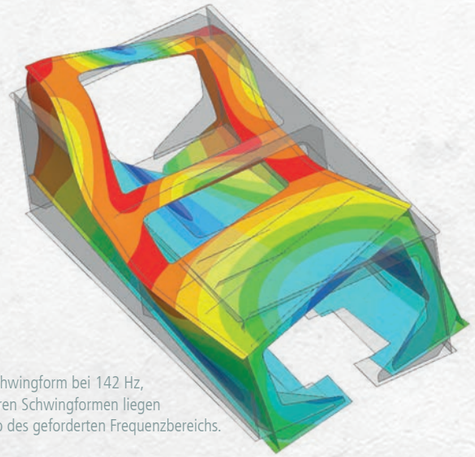
CAD Daten des Prüfstandsrahmens



Vernetztes FEM-Modell

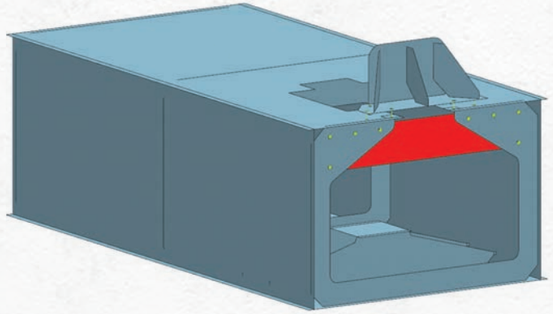


Erste Schwingform bei 87 Hz

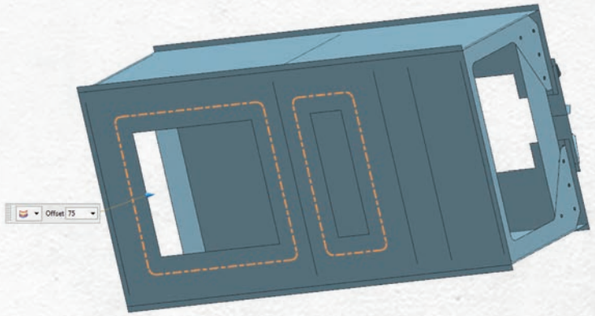


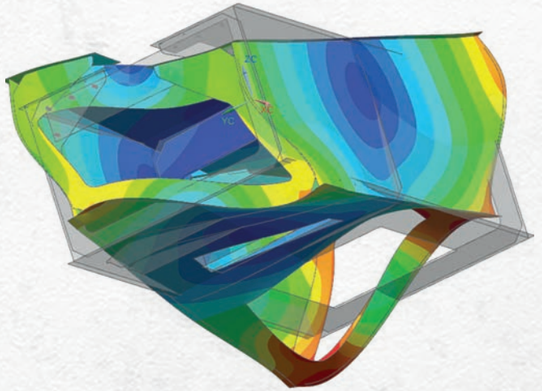
Zweite Schwingform bei 142 Hz,
alle anderen Schwingformen liegen
außerhalb des geforderten Frequenzbereichs.

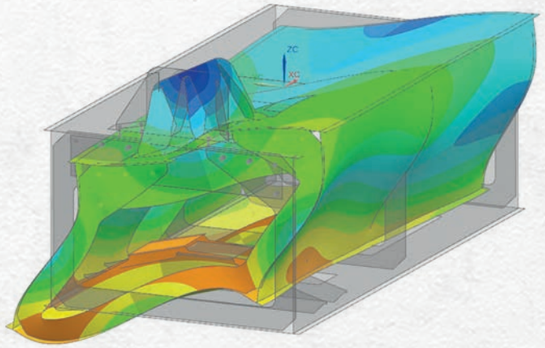
Optimierungsmaßnahmen



Versteifung der vorderen Öffnung durch ein demontierbares Blech
(hier rot dargestellt).

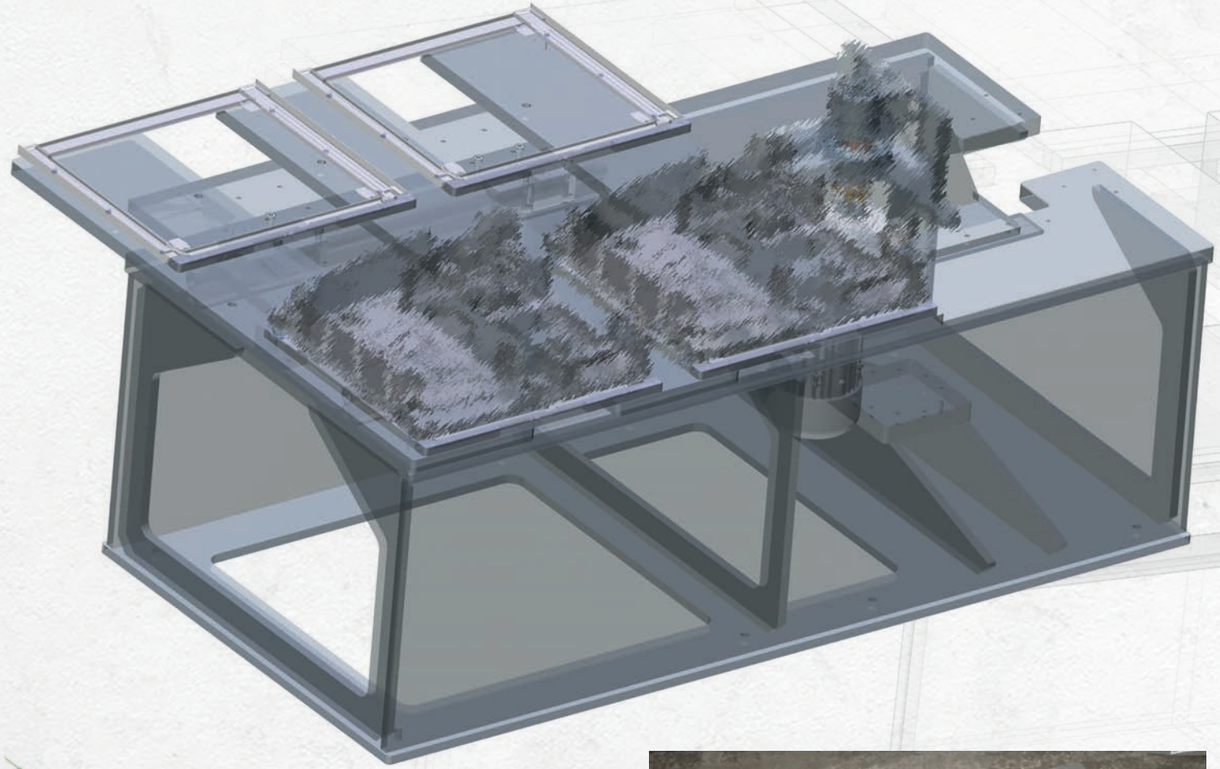


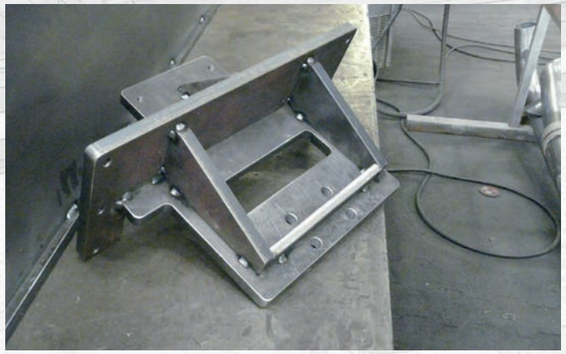


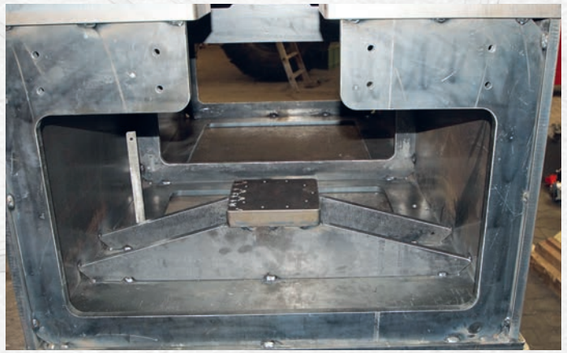


Durch die getroffenen Maßnahmen wird das geforderte Ziel erreicht.

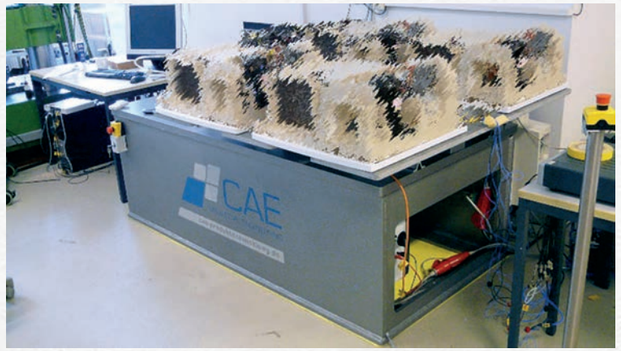
Prüfstand in der Fertigung

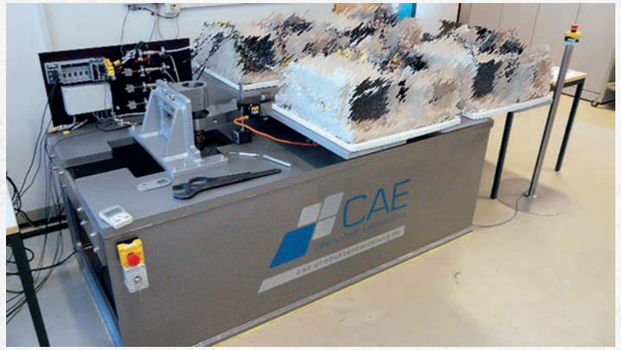


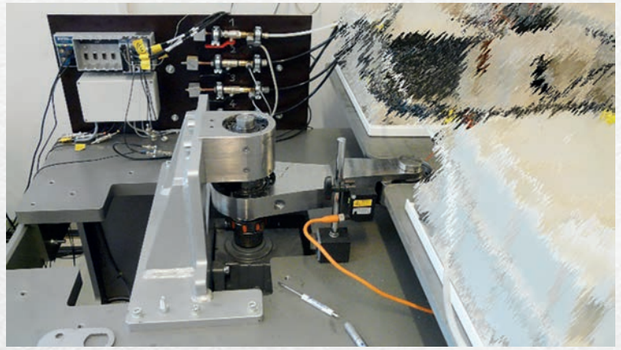


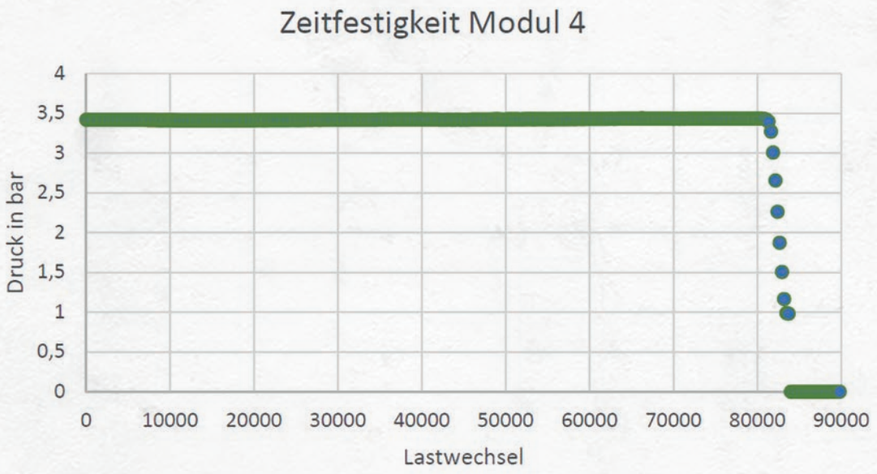


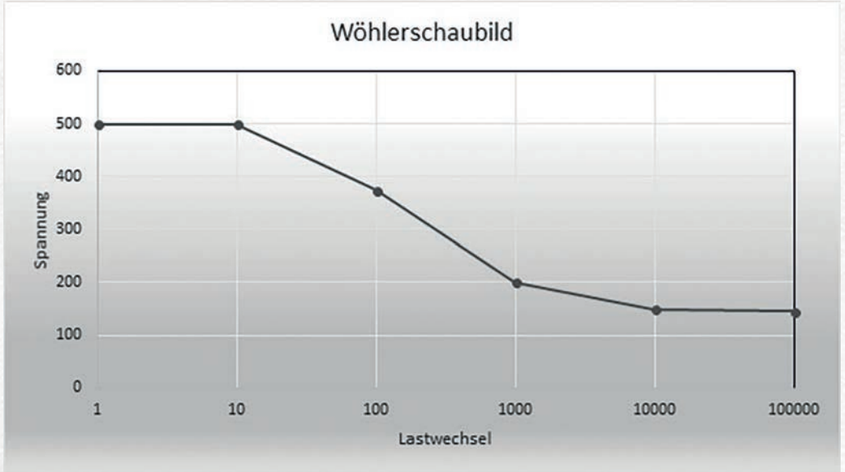
Prüfstand im Einsatz

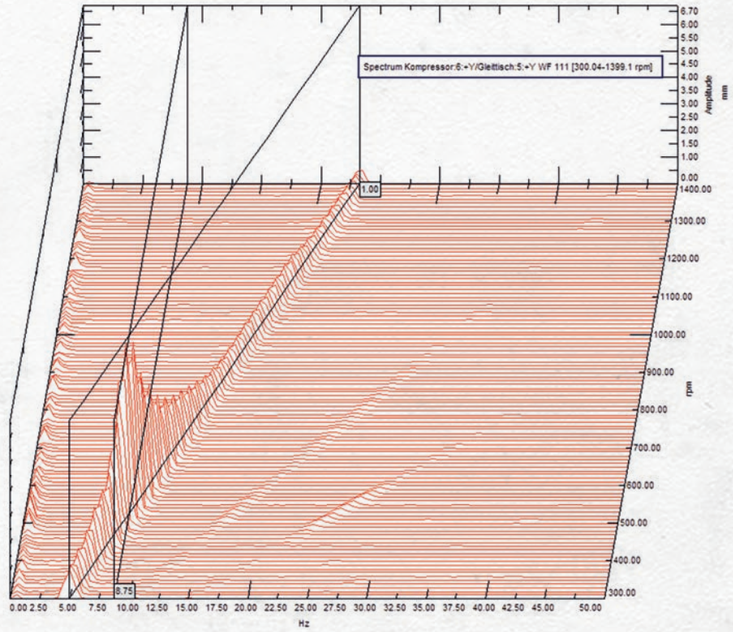












Einhaltung des Serienstarts mit Einsatz der Simulationsabteilung

von Markus Böcker

Seit bereits acht Jahren bin ich bei der CAE Innovative Engineering GmbH als Berechnungsingenieur beschäftigt und seit einem Jahr als Projektleiter der Simulationsabteilung.
In meiner Zeit habe ich viele sehr unterschiedliche Projekte bearbeitet. Vom Laser in der Größe eines Fingernagels über mehrere Tonnen schwere Bauteile der Windkraftindustrie bis hin zu Wälzlagern mit einem Durchmesser von 15 m für die Ölindustrie, war ein breites Produktspektrum vertreten.

Eines haben alle Projekte gemeinsam:
Die Größe eines Bauteils hat nichts mit der Komplexität der Simulation zu tun.
Aus diesen vielen Projekten ist mir eins in besonderer Erinnerung geblieben:
Bei unserem Kunden aus der Landmaschinenbranche ist im Zuge der Neuentwicklung einer Antriebseinheit eine hohe Überlastung der Konstruktion aufgefallen. Eigentlich nichts Ungewöhnliches in der Entwicklung, aber in diesem besonderen Fall war die konstruktive Phase beendet! Die Gusswerkzeuge der Serienfertigung sollten zeitnah bestellt werden, um die geplante Erprobung mit terminiertem Serienstart gewährleisten zu können.
Um diese enge Zeitschiene realisieren zu können, wurde parallel an der Konstruktion des Bauteils und der Gussform gearbeitet.

Ein Arbeitskollege der Disziplin Konstruktion hat die Bauteile als Innen- und Außenkörper methodisch konstruiert, die über Abhängigkeiten miteinander verbunden sind. Durch den Aufbau des Innenkörpers als Abzugskörper lassen sich Elemente wie Verrippungen stabiler in die Modellstruktur einbringen, wodurch diese und die dazugehörigen Verrundungen einfacher und besser änderbar sind.
Dies hat zum Vorteil, dass die Konstruktion sehr robust und einfach zu verändern ist und das als Nebenprodukt die Gussform konstruiert wird.
Im ersten Schritt habe ich ein Simulationsmodell der alten, überbeanspruchten Konstruktion aufgebaut und die überlasteten Bereiche identifiziert. In einem zweiten Schritt wurden gemeinsam mit dem Konstrukteur die Ergebnisse diskutiert und die Geometrie optimiert. Die optimierte Geometrie wurde erneut berechnet und weiter verbessert.
Durch diese enge und intensive Zusammenarbeit zwischen der Simulation und der Konstruktion konnten wir das Bauteil so optimieren, dass die neue Antriebseinheit gewichtsneutral und termingerecht fertig wurde.

Fazit:
Nach Durchlauf einer intensiven Erprobung der neuen Antriebseinheit und aller weiteren neuen Komponenten der Maschine war letztes Jahr der planmäßige Serienstart. Unser Kunde konnte so seine Marktposition ausbauen.

Konzeption und Entwicklung von 3 Lithium-Ionen Akkupacks

von Benedikt Schürmann

Seit dem Jahr 2000 bin ich bei der CAE Innovative Engineering GmbH als Projektleiter beschäftigt. Als Entwicklungsingenieur unterstütze ich seitdem die Disziplin Produktentwicklung. In dieser Zeit habe ich Projekte mit den unterschiedlichsten Themen, Anforderungen und Umfängen bearbeitet. Die Palette reicht von komplexen Kunststoffbauteilen, Melkrobotern, Geldautomaten und Luftansaugsystemen für die Automobilindustrie bis jetzt zuletzt Antriebseinheiten für schwere Landmaschinen. Die Vielseitigkeit und die Abwechslung machen meine tägliche Arbeit so interessant.

Ein Projekt - vier Disziplinen

In diesem Projekt wurde ein neues Akkukonzept für die bestehende 18 V Li-Ion Variante einer Rohrmuffenpresse entwickelt. Parallel hierzu lief die Neuentwicklung von zwei 12 V Li-Ion Varianten (3s1p, 3s2p) bis zum Serienwerkzeug.

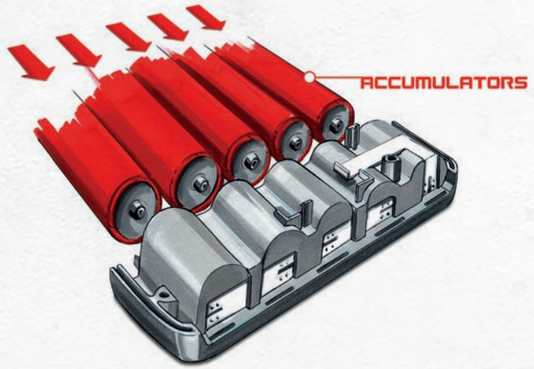
Hauptentwicklungsziele:

>> Kostenreduktion
>> Teilereduzierung
>> Vereinfachung der Montage
>> geringere Hauptabmessungen

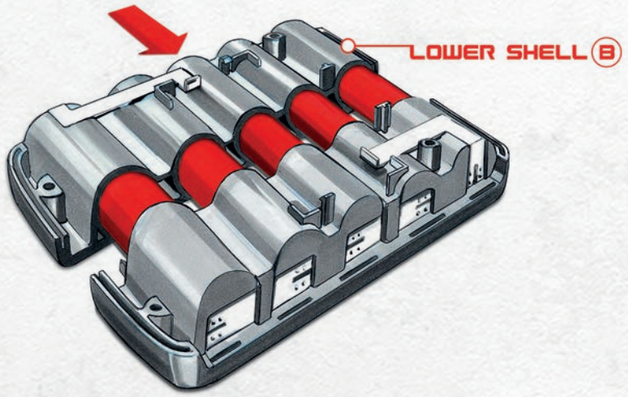
Design

>> Neugestaltung Ladeschale,
Druckknopf, Ideenfindung, Skizzen…

Design Entwurf Ladeschale

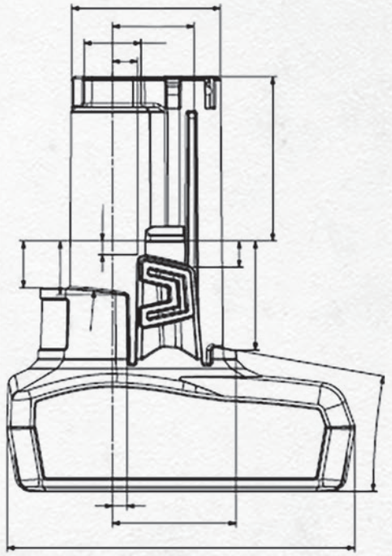


Prinzipskizze Montagevariante
18 V Akkupack

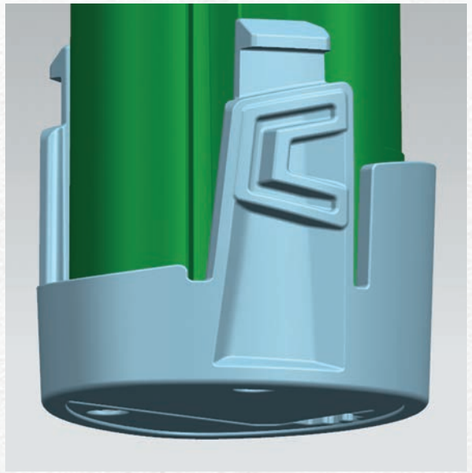


Konstruktion

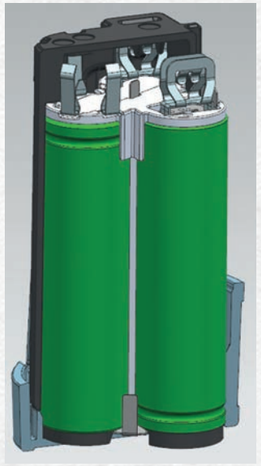
>> Innovative Ideenphase, Konzeptausarbeitung und Auswahl, 3D Umsetzung nach Lastenheft, kunststoffgerechte Ausarbeitung, Zeichnungserstellung, Absprache mit dem Werkzeugmacher…



Technische Dokumentation



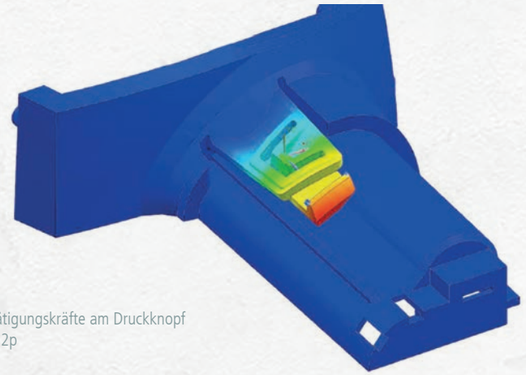
Verrastung 12 V Akkupack



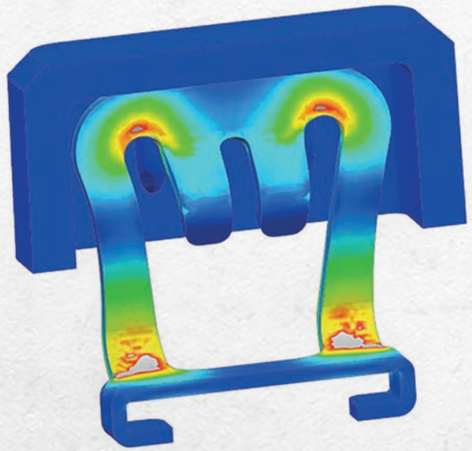
Entwicklung der 3D Modelle

Simulation

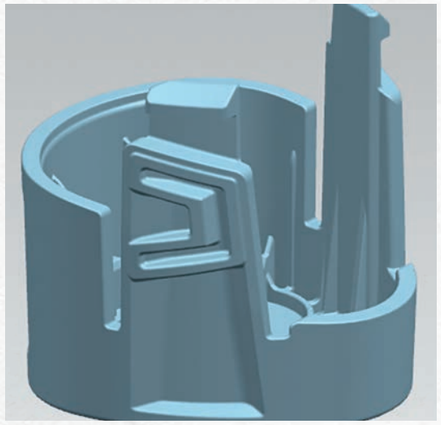
>> Berechnung der Betätigungskraft am Druckknopf, Klemmkräfte an den Leistungskontakten …

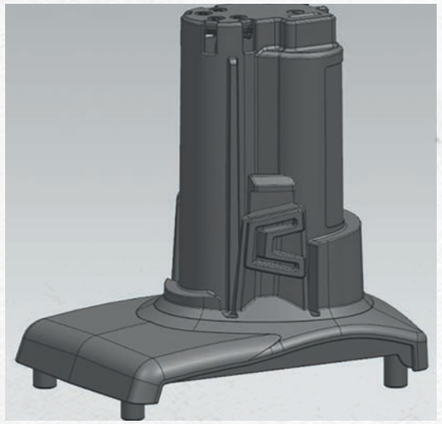


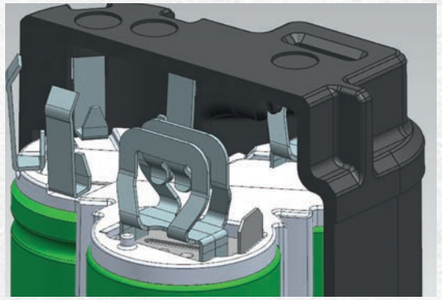
Abgleich der Betätigungskräfte am Druckknopf zwischen 1p und 2p



Ermittlung der Klemmkräfte und möglichen Verformungen für die Toleranzbetrachtung



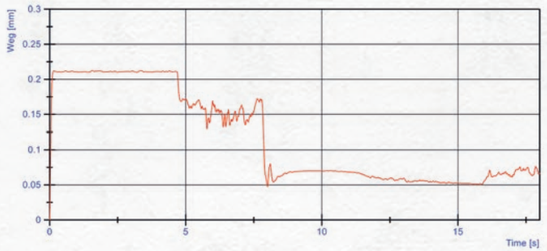




NVH/Messtechnik

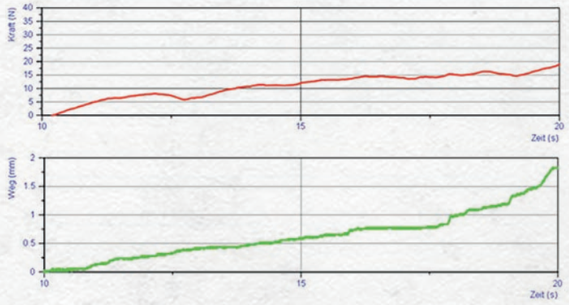
>> Ermittlung der tatsächlich vorhandenen Klemmkräfte und Federrate der Steckkontakte …

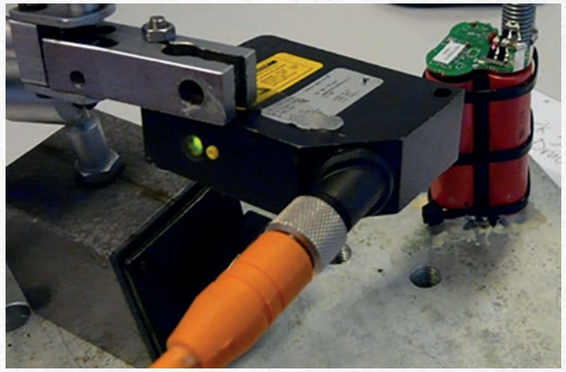
>> Wegmessung einer Kontaktlasche - Vorspannweg



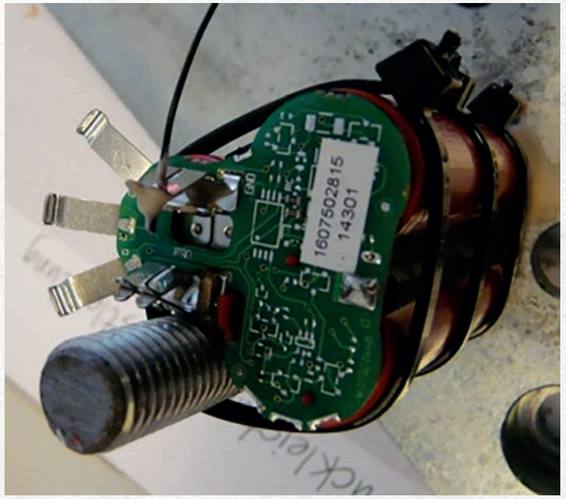
Auswertung der Kraft/Weg Messung für den linearen und nichtlinearen Bereich

>> Wegmessung einer Kontaktlasche - plastisch





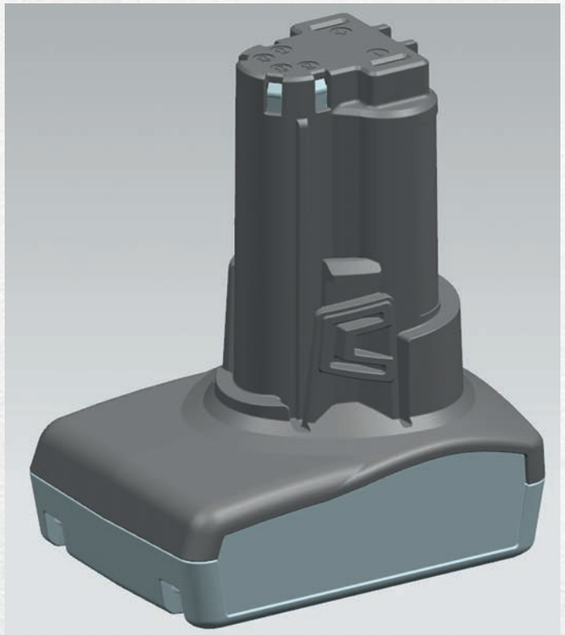
Messaufbau mit Lesersensor

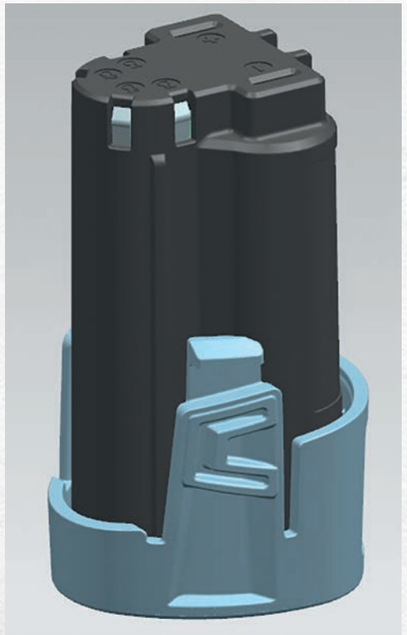


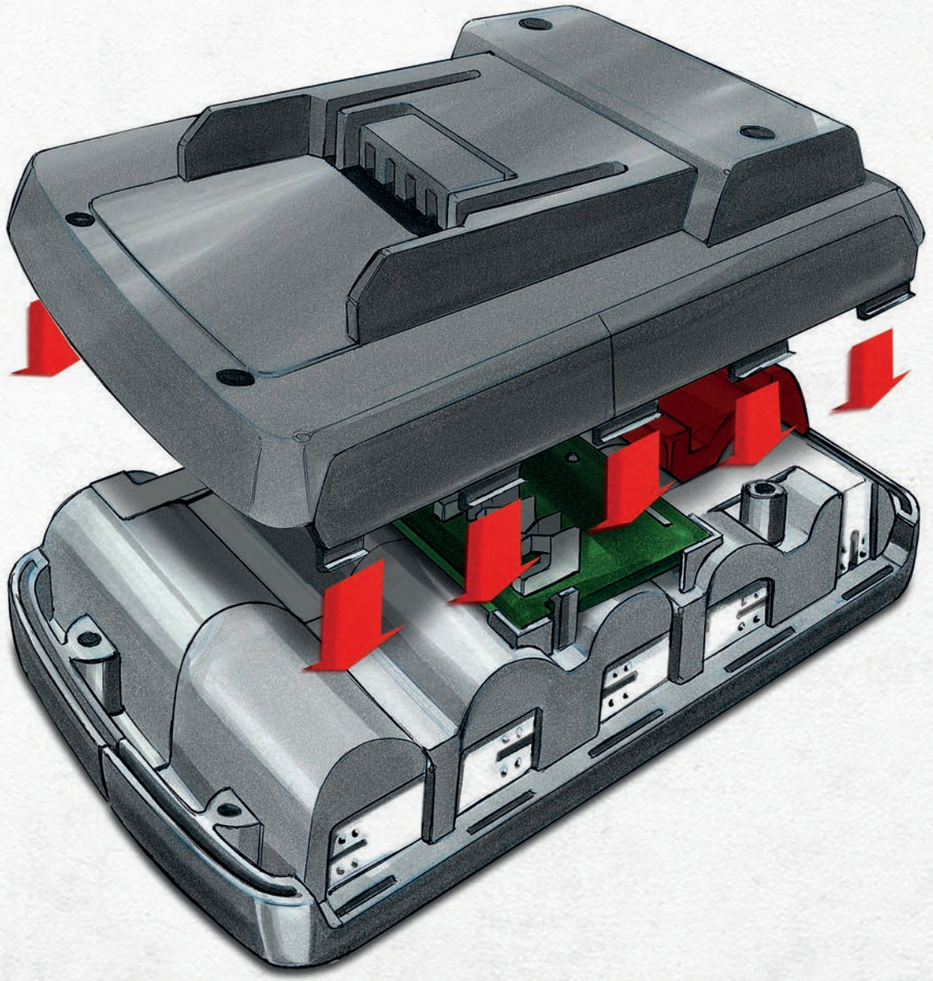
Kraftmessung mit DMS Technik

Fazit:

Durch direkt verzahntes Zusammenarbeiten der unterschiedlichen Disziplinen unter einem Dach wurden die Projektziele noch übertroffen. Die beiden 12 V Varianten konnten trotz sehr eng gestecktem Zeitplan termingerecht fertiggestellt werden. Durch eine neue Gehäuseaufteilung der 18 V Variante wurden die Anzahl der Bauteile um über 30 % reduziert und die Montage stark vereinfacht.







FKM-Nachweis bei frequenzabhängigen Belastungen

von Peter Spiekermann

Ich bin seit 1993 im Unternehmen und leite seit 2000 den Bereich Simulation. Schon lange reicht es nicht mehr aus, nur FEM-Berechnungen durchzuführen und auszuwerten.
Vielmehr sind die FEM-Ergebnisse erst die Eingangsdaten für eine nachgeschaltete Bewertung gemäß vieler verschiedener Richtlinien.
Heutzutage ersetzen richtlinienkonforme Nachweise immer häufiger die Tests an den reellen Bauteilen, was eine enorme Zeit- und Kostenersparnis bedeutet.
Es ist unverzichtbar, dass der Berechnungsingenieur zur Abarbeitung der Richtlinien Software zur Verfügung hat, die ihn durch die Richtlinien führt und manuelle Fehler weitestgehend ausschließt.
Ein von uns selbst entwickeltes Produkt ist der Durability Inspector, der konkret die FKM-Richtlinie abbildet. Diese Richtlinie hat einen breiten Anwendungsbereich im Maschinenbau und ist in Europa und Asien anerkannt.
Meine Erfolgsstory handelt von dem neuesten Update des Durability Inspector, welches nun FEM-Analysen im Frequenzbereich verarbeiten kann.
Unser FKM-Nachweisprogramm, der Durability Inspector, kann nun die Ergebnisse dynamischer FEM-Berechnungen verarbeiten.

Dynamische FEM-Berechnungen unterscheiden sich von statischen dadurch, dass Massenträgheiten berücksichtigt werden. Dies ist wichtig bei Geschwindigkeitsänderungen (Beschleunigen, Abbremsen, Vibrationen), denn bei großen Massen reichen auch geringe Geschwindigkeitsänderungen aus, um hohe Beschleunigungskräfte hervorzurufen.

Zusätzliche Eigenschaften dynamischer Berechnungen sind:

>> Resonanzfrequenzen
>> Dämpfung
>> Phasenverschiebungen

Womit werden dynamische FEM-Analysen durchgeführt?

Diese Solver rechnen dynamisch* und werden von unserem Durability Inspector unterstützt:

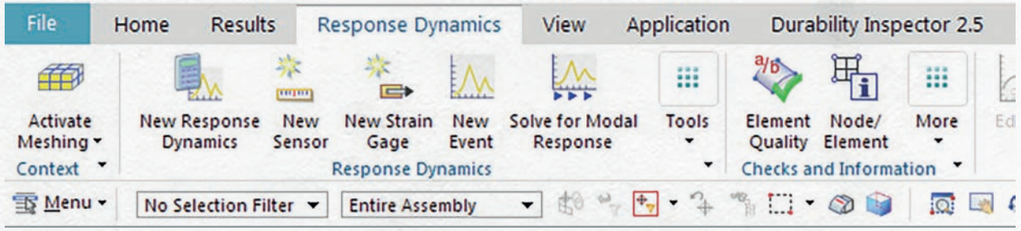
>> NX Nastran Solution 601/129
(nonlinear transient response)
>> NX Nastran Solution 108 (direct frequency response)
>> NX Nastran Solution 109 (direct transient response)
>> NX Response Dynamics

Da sich das Dateiformat (op2) für diese Solver nicht geändert hat, sind wir weitestgehend unabhängig von der NX-Version!

** bedeutet: Ergebnisse sind komplexe Zahlen, um Phasenverschiebungen abbilden zu können.*

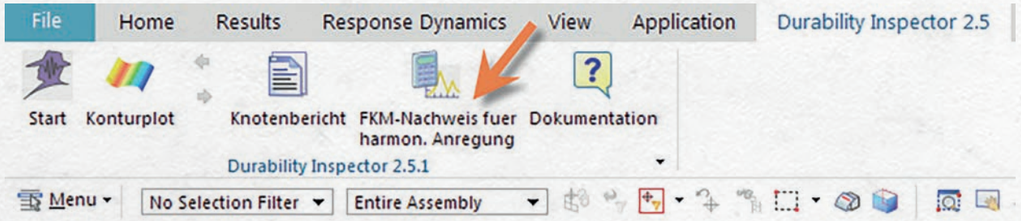
Ansteuerung in NX Response Dynamics

>> NX Response Dynamics ist ein sehr umfangreiches Werkzeug für dynamische FEM-Analysen.



Neue Werkzeugleiste für dynamische FEM im Durability Inspector

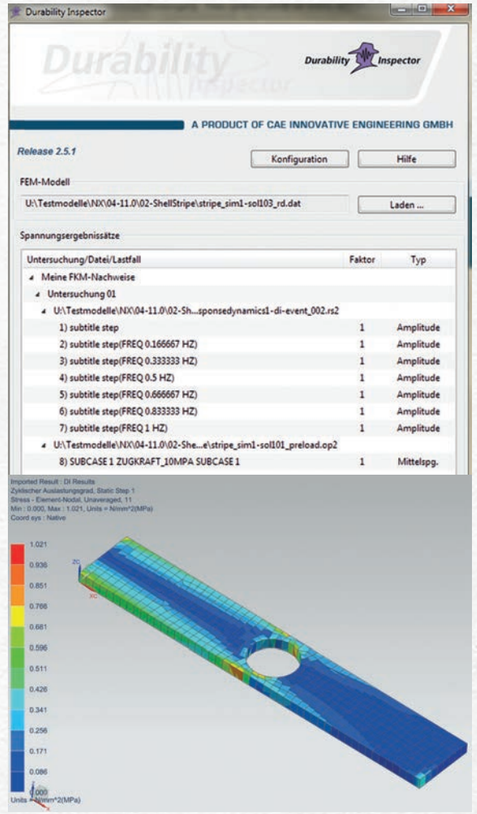
>> In Response Dynamics wird ein „Event" im Frequenzbereich definiert. Das Rechnen und Übertragen in den Durability Inspector übernimmt der mit dem Pfeil gekennzeichneten Knopf.



Verarbeitung im Durability Inspector

>> Im oberen Bereich sind die dynamischen Spannungsergebnisse zu sehen, die in NX-Response-Dynamics ausgerechnet wurden.

Ein besonderes Highlight ist, eine konstante Vorspannung hinzuladen zu können.
Dieses wird häufig für Eigengewicht und Schraubenvorspannung verwendet.



FKM-Nachweis

Der weitere Vorgang ist wie für „normale" FEM-Ergebnisse:
>> Werkstoffe wählen
>> Eigenschaftsparameter vergeben
>> Konturplots der Auslastungen darstellen
>> Knotenberichte erstellen

Es gibt keine Einschränkungen:
>> alle Werkstofftypen werden unterstützt, sowohl geschweißte als auch ungeschweißte Bauteile

Festigkeitsnachweis

nach der ***FKM-Richtlinie*** "Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile" mit örtlichen elastischen Spannungen für flächenförmige oder volumenförmige Bauteile, 6. Ausgabe 2012.
Erstellt mit Durability Inspector V2.5.1.

Bezeichnung:

Eingaben

Nachweispunkt
ungeschweißt, Grundmaterial

Knoten	Element	FEM-Modelldatei
3602	2499	U:\Testmodelle\NX\04-11.0\01-Flachstahl-AllSolutions\flachstahl01_sim1-sol103_resdyn.dat

FEM-Spannungen
verwendet: ungemittelte Elementknotenspannungen

Nr.	Dateiname	Datensatz	Skalierfaktor	nur statisch
1	U:\Testmodelle\NX\04-11.0\01-Flachstahl-AllSolutions\flachstahl01_sim1-response_dynamics_1-event01_001.rs2	subtitle step(FREQ 7 HZ)	1.000	nein
2	U:\Testmodelle\NX\04-11.0\01-Flachstahl-AllSolutions\flachstahl01_sim1-response_dynamics_1-event01_001.rs2	subtitle step(FREQ 7.2 HZ)	1.000	nein

Lösungsansätze die überzeugen

von Michael Füchtenhans

Seit Dezember 1998 bin ich als Konstrukteur bei der CAE Innovative Engineering GmbH tätig. Heute bin ich Projektleiter der Disziplin Produktentwicklung und im Rahmen von Projekten für verschiedene Industrieunternehmen beschäftigt. Im Rahmen eines Kundenprojektes habe ich für einen Hersteller von Spinnmaschinen eine Luftführung mit integrierter Schnittstation für das zu spinnende Garn optimiert.

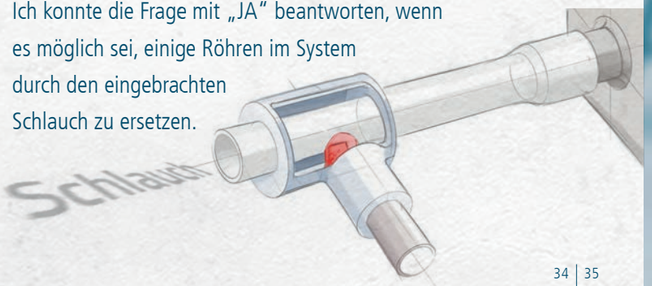
Aufgabenstellung:
Unser Kunde hat mich zu einem ersten Gespräch eingeladen, um das Projekt bzw. die Aufgabenstellung aufzunehmen. Vor der Aufgabenstellung gab es ein Vorstellungsgespräch mit dem damaligen Geschäftsführer, der die Fabrik für Spinnmaschinen ins Leben gerufen und erfolgreich aufgebaut hat.
Er konnte sich schwer vorstellen, wie ein außenstehender Dienstleister in kürzester Zeit seine Branche verstehen würde.

Ich stellte ihm in dem Gespräch die Frage nach der Aufgabe, die ich für ihn übernehmen solle, um von dem Grundgespräch über die Dienstleistungseignung abzulenken. Die zu bewältigende Aufgabe wurde mir vorgestellt.
Die Konstruktion hat die Aufgabe, im Rahmen einer Erweiterung einer Spinnmaschinengeneration, eine Luftführung zu entwickeln, in der eine Schnittstation und eine Absperrung der Luftzufuhr integriert werden soll.

Das Kundenkonzept war mit mehreren Kunststoffröhren, der Schnittstation und einem Schlauch, mit dem die Absperrung der Luftzufuhr geregelt wurde, ausgelegt.

Das Konzept mit der Vielzahl von Röhren zeigte ein großes Risiko hinsichtlich der Toleranzen und Übergängen in den Schnittstellen. Die Aufgabe sollte sein, die Toleranzkette klein zu halten, worauf hin die Frage vom Geschäftsführer kam, ob CAE in der Lage sei, diese Aufgabe zu lösen.

Ich konnte die Frage mit „JA" beantworten, wenn es möglich sei, einige Röhren im System durch den eingebrachten Schlauch zu ersetzen.



Fazit:
Mit der positiven Antwort zur Aufgabenstellung, war dem Geschäftsführer sein unsicheres Gefühl zur Dienstleistung genommen. Im weiteren Gesprächsverlauf entstand eine konstruktive Diskussion zur Konzeptänderung und der anschließenden Umsetzung durch CAE. Mit der neuen umgesetzten Systemlösung im Gesamtsystem sind die Toleranzen minimiert. Es gibt weniger Schnittstellen und das System erweist sich als flexibel.
Weiterhin konnten Kosten reduziert werden, da weniger Werkzeuge für Kunststoffbauteile erforderlich sind.

Entwicklung und Vergleich von Batteriekühlsystemen

von Dominik Mey

Als erster dualer Maschinenbaustudent bin ich im Jahr 2009 zur CAE Innovative Engineering GmbH gekommen. Seit dem Abschluss meines dualen Maschinenbaustudiums an der FH Münster bin ich im Bereich der Simulation tätig, seit 2017 als Projektleiter.

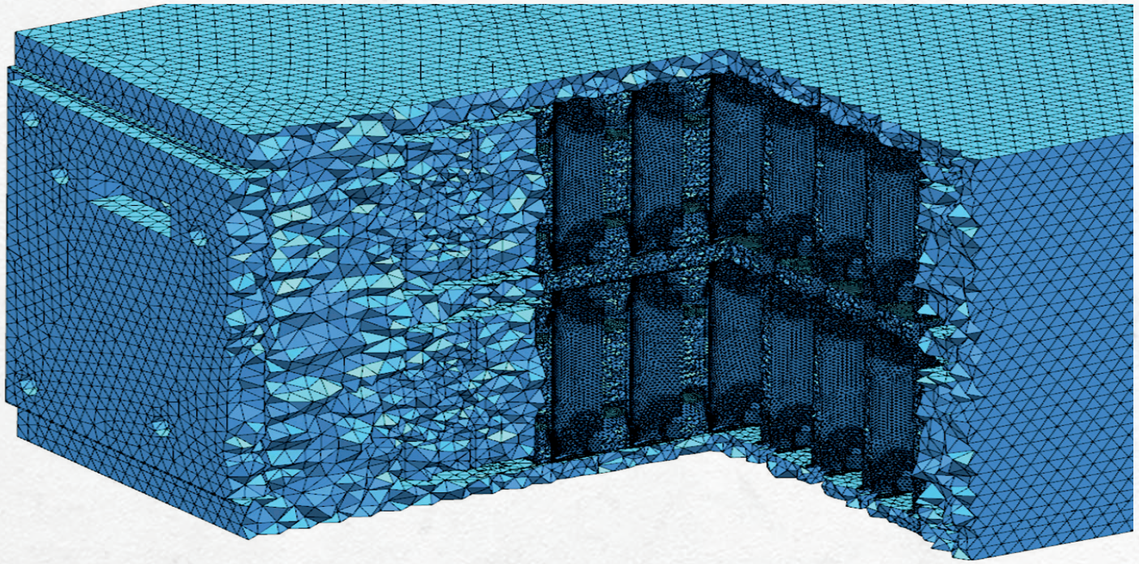
Zuletzt habe ich das Thermalmanagement eines Batteriesystems mithilfe einer CFD- und einer FEM-Berechnung erstellt, um den sicheren Betrieb des Systems gewährleisten zu können.

Die Aufgabenstellung:
Neben der mechanischen Konstruktion für ein Energiespeichersystem, die unsere Konstrukteure aus der Disziplin der Produktentwicklung erarbeitet haben, war es im Rahmen dieses Projektes notwendig, die im Batteriesystem entstehenden Temperaturen zu berechnen und zu bewerten. Die Temperaturen innerhalb des Systems dürfen gewisse Bereiche nicht überschreiten, um Beschädigungen von Zellen und Komponenten ausschließen zu können.

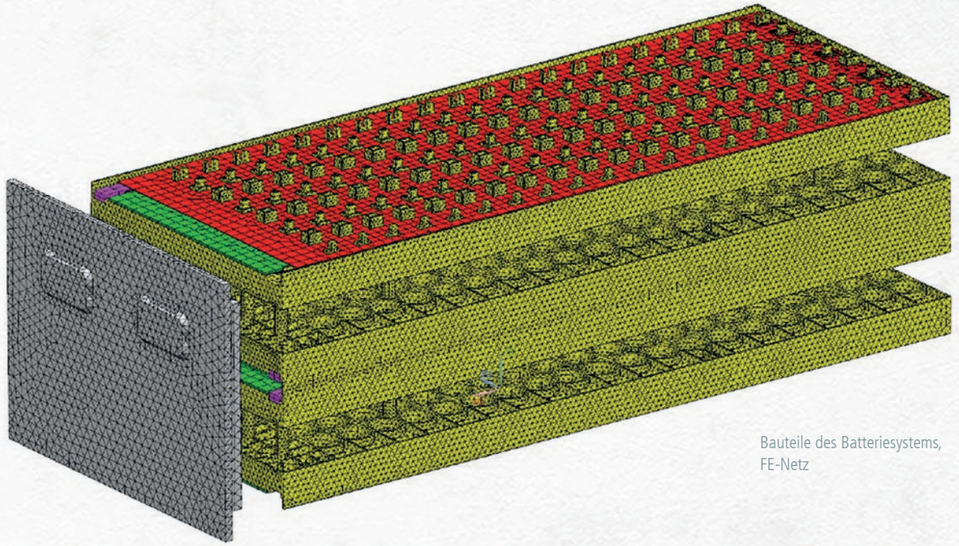
Die Berechnung des Ist-Zustandes hat gezeigt, dass während des Betriebs zu hohe Temperaturen im System entstehen. Mit den gewonnenen Erkenntnissen waren wir im interdisziplinären Team mit CAE-Mitarbeitern aus der Produktentwicklung und der Simulation in der Lage, verschiedene Konzepte zur Temperaturregulierung zu entwickeln.

Vier Konzepte, die neben dem Budget auch den zur Verfügung stehenden Bauraum optimal ausnutzen und sämtliche Fertigungsaspekte berücksichtigen, sind mit weiteren Berechnungen untersucht worden.

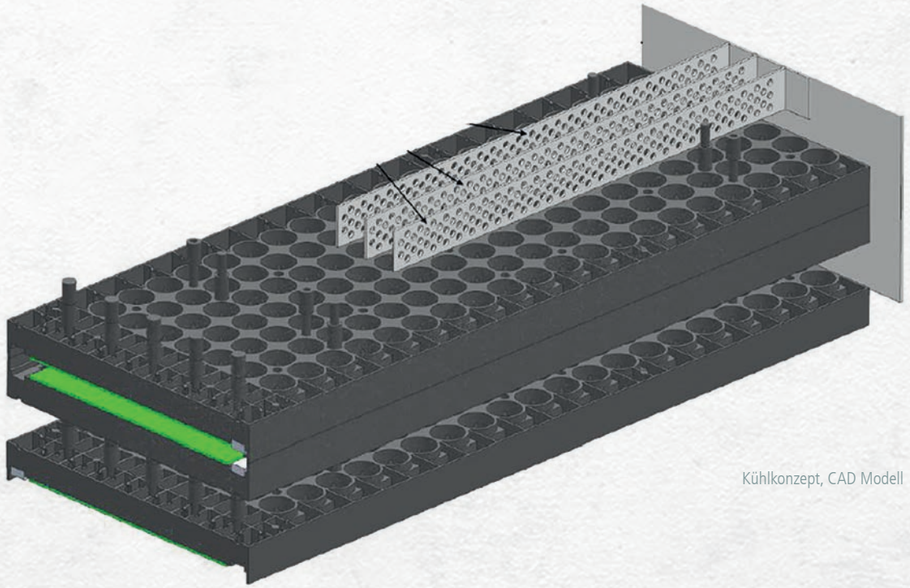
Fazit:
Durch die nahtlose Zusammenarbeit zwischen Produktentwicklung und Simulation ist es uns gelungen, ein sicheres und funktionales Batteriesystem unter Berücksichtigung von Budget und Liefertermin zu entwickeln.



Negativvolumen des Batteriesystems, FE-Netz



Bauteile des Batteriesystems,
FE-Netz



Kühlkonzept, CAD Modell

Simcenter Submodeling

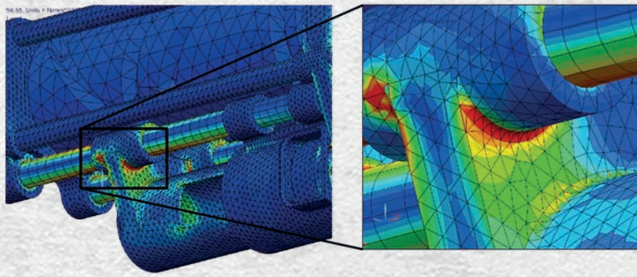
von Sebastian Döpke

Seit 2010 bin ich als CAE Consultant und Berechnungsingenieur bei der CAE Innovative Engineering GmbH beschäftigt. Im Rahmen der Vertriebspartnerschaft mit Siemens PLM umfassen meine Aufgaben die Ausarbeitung geeigneter Simulationsprozesse sowie die Programmierung von Simulations-Tools.

Aufgabenstellung:

Die Anforderungen an die Abbildung physikalischer Vorgänge haben in den letzten Jahren mehr und mehr zugenommen. Die Komplexität der Berechnungen steigen an, immer mehr physikalische Effekte werden untersucht und die Modelle werden zudem immer detailgetreuer. Allerdings steigt die zur Verfügung stehende Rechnerkapazität nicht im gleichen Maße an. Dies führt dazu, dass Berechnungen nicht mehr über Nacht durchrechnen, und somit lange Wartezeiten in Kauf genommen werden. Jede Änderung der Eingangsgrößen, z. B. eine Drucklast auf das Bauteil, führt zu einer Neuberechnung und somit wieder zu langer Wartezeit.
Um eine ordnungsgemäße Ergebnisbewertung durchführen zu können, müssen die Bauteile an den Auswertestellen ausreichend fein vernetzt werden. Oft kennt man im Vorfeld allerdings nicht die Stelle, die kritische Dehnungen oder Spannungen aufweist.

Dies soll die folgende Abbildung verdeutlichen: Das Bild zeigt auf der linken Seite eine Baugruppe mit mehreren Komponenten. Dargestellt ist das Netz und überlagerte Spannungsergebnisse. In der Detailaufnahme (Bild rechts) ist der Bereich der Spannungskonzentration zu sehen. Die Berechnung liefert zwar die Bereiche mit höherer Belastung, jedoch lässt sich wegen der zu groben Vernetzung und großen Spannungsgradienten keine qualitative Aussage über die Spannungshöhe treffen.



Baugruppe einer Brüheinheit, von Mises Vergleichsspannungen

Detailaufnahme der Spannungskonzentration

Als Folge zur qualitativen Bewertung muss der dargestellte Bereich feiner vernetzt werden und die Rechnung neu gestartet werden. Wegen der Berücksichtigung verschiedener Lastfälle, Kontaktsituationen und der Modellgröße müssen erhebliche Rechenzeiten bzw. Wartezeiten in Kauf genommen werden.

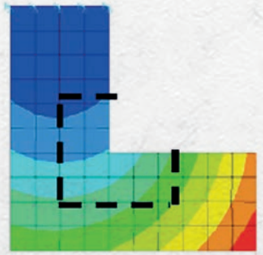
Eine prinzipielle Abhilfe stellt die Methode der Submodell-Technik dar. Dabei wird der Bereich um die Auswertestelle extrahiert und fein vernetzt, es entsteht ein sogenanntes „Submodell". Die Verschiebungen des groben Modells werden auf die Randflächen des Submodells übertragen und neu gerechnet. Da das Submodell in der Regel nur einen Bruchteil der Größe des groben Modells aufweist und Kontaktsituationen entfallen, stehen die Ergebnisse trotz sehr feiner Vernetzung innerhalb von Minuten bereit.

Die folgenden Grafiken illustrieren den Prozess:

1. Das dargestellt Netz zeigt das grobe Modell. Die Kerbe im Winkel soll genauer untersucht werden.

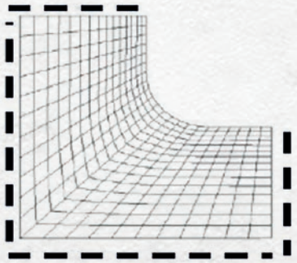
2. Der gestrichelte Rahmen stellt die Begrenzung des Submodells dar. Es wird ein geometrisches Modell mit diesen Dimensionen erzeugt und fein vernetzt. Geometrische Details wie Radien können hinzugefügt werden, sofern sie keinen gravierenden Einfluss auf die Steifigkeit haben.

Solve coarse global model



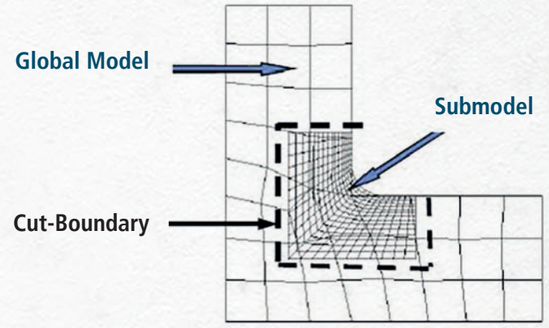
Globales Modell mit Verschiebungsergebnissen, Berandung des Submodells durch gestrichelte Linien dargestellt

Build submodel by creating new geometry



Submodell mit Berücksichtigung geometrischer Details und feiner Vernetzung

3. Die Verschiebungsergebnisse des groben Modells werden an den Berandungsflächen des Submodells interpoliert. Nun kann das Submodell gerechnet werden und eine Auswertung erfolgen.

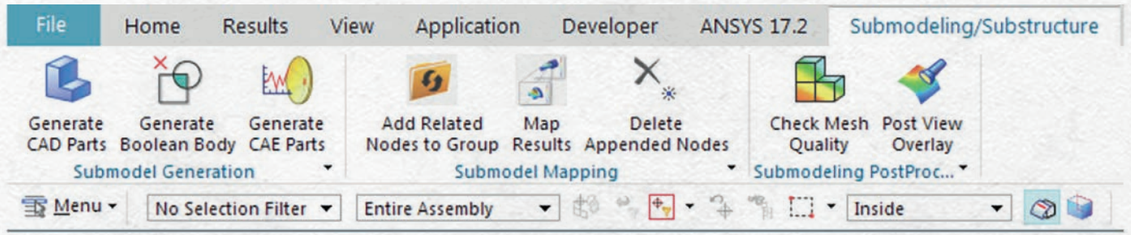


Überlagerung Grobmodell und Submodell

Die Vorgehensweise hat jedoch einen Haken: Sie erfordert einen deutlichen Aufwand zur Modellerzeugung des Submodells und zur Übertragung der Verschiebungsergebnisse.

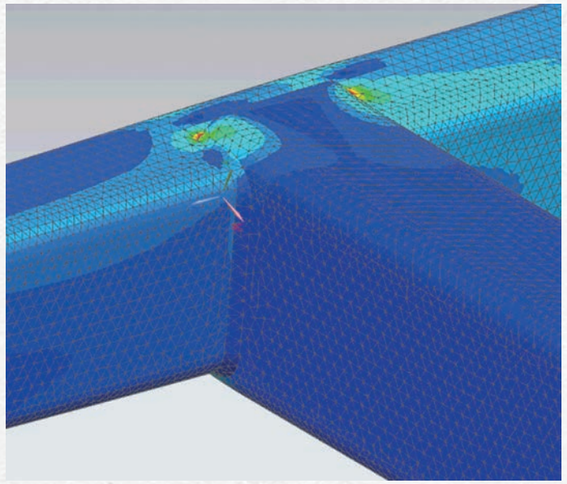
Aus diesem Grund habe ich ein Programm entwickelt, dass die aufwendigen und fehleranfälligen Prozessschritte automatisiert durchführt. Das Tool „CAE Simcenter Submodeling" erstellt innerhalb NX/Simcenter automatisiert die Geometrie des Submodells, übernimmt die Vernetzung sowie das Übertragen der Verschiebungsrandbedingungen. Zudem unterstützt es bei der Auswertung der Ergebnisse.

Die folgende Grafik zeigt die Toolbar, die innerhalb von NX/Simcenter durch das Tool CAE Simcenter Submodeling bereitgestellt wird. Mithilfe der Toolbar und den programmierten Routinen lässt sich ein Submodell innerhalb von Sekunden aufbauen und rechnen. Insbesondere die geometrische Submodellerzeugung und das Übertragen der Verschiebungsrandbedingungen stellen einen erheblichen Zeitgewinn gegenüber der manuellen Vorgehensweise dar.

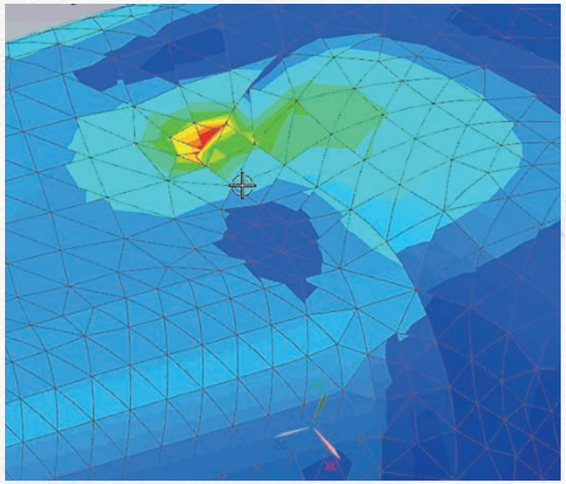


Im Folgenden wird der automatisierte Ablauf dargestellt:

Das folgende Bild zeigt eine Schweiß-Baugruppe aus Rechteckrohren. Die sichtbare Spannungserhöhung soll detaillierter bewertet werden. Aufgrund der groben Vernetzung ist eine Spannungsbewertung nicht möglich. Für diesen Bereich wird zur detaillierten Bewertung ein Submodell mithilfe des CAE Simcenter Submodeling erstellt.

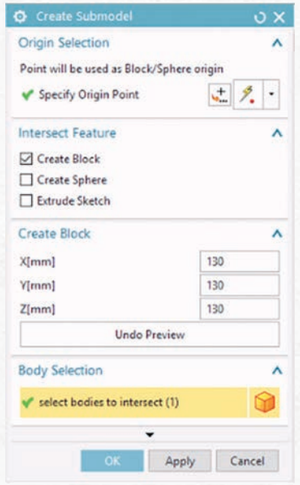


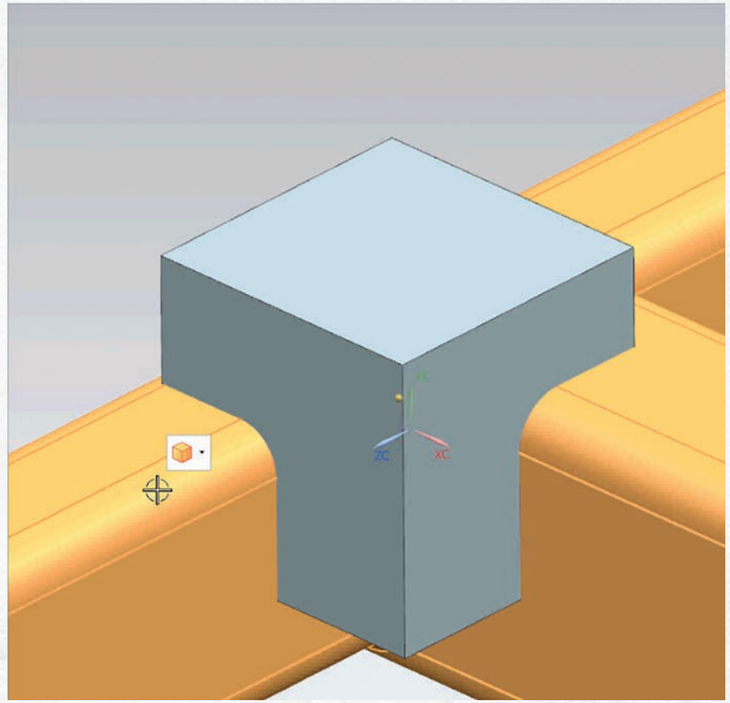
Schweiß-Baugruppe mit grober Vernetzung



Detail der Spannungskonzentration in der Schweiß-Baugruppe

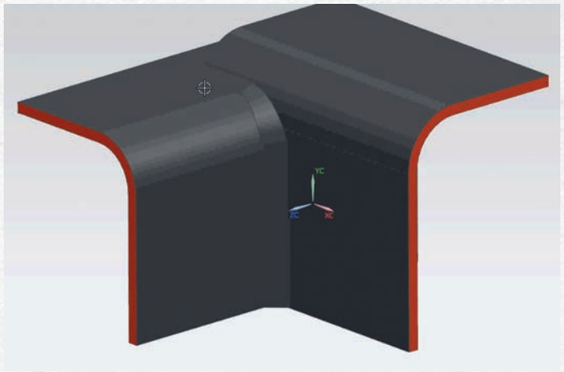
Das Tool identifiziert die zugrunde liegende CAD-Datei und erstellt eine neue CAD-Baugruppe mit einem assoziativen Körper. Dieser kann dann unabhängig von der originalen CAD-Datei verkleinert werden.





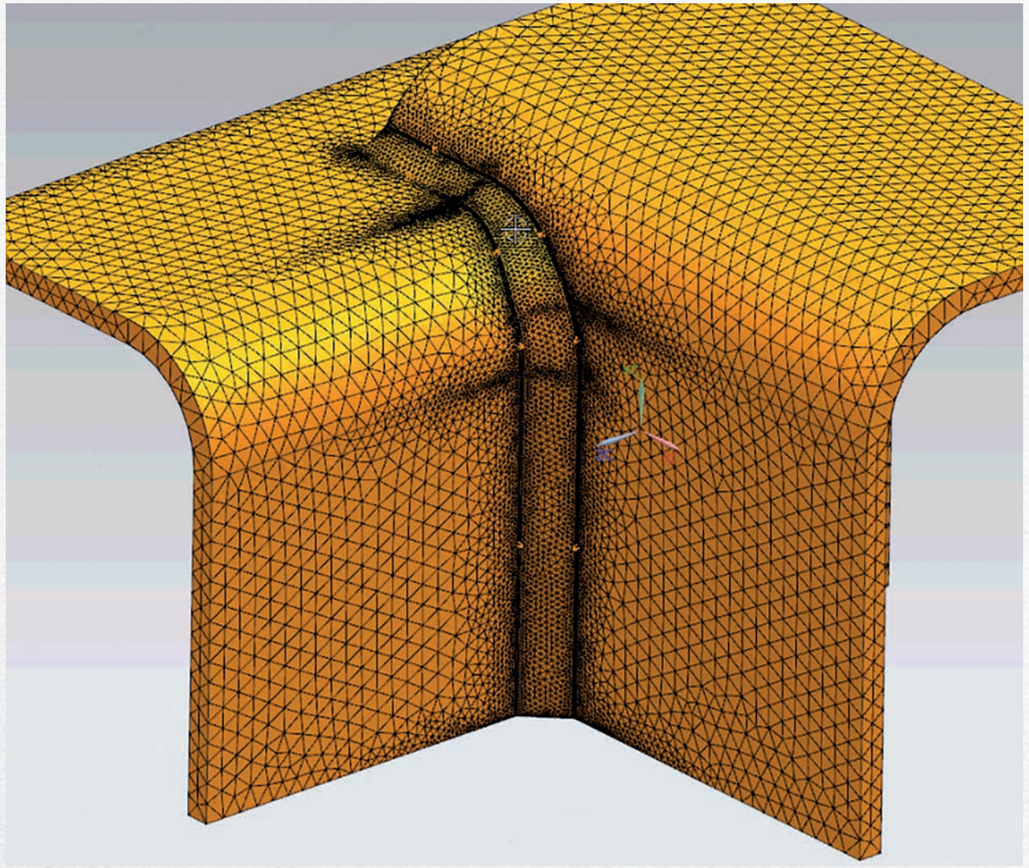
Dialog zur Erzeugung des Submodells

Ein Dialog unterstützt bei der geometrischen Erzeugung des Submodells. Mithilfe von Schnittkörpern wird der zu untersuchende Bereich erstellt. Das Bild oben rechts zeigt einen Quader, der mit den Rechteckprofilen verschnitten wird. Die untere Abbildung zeigt das Resultat der Boolschen Operation. Das Tool hat die Zuweisung der Berandungsflächen übernommen und die Flächen farblich markiert.

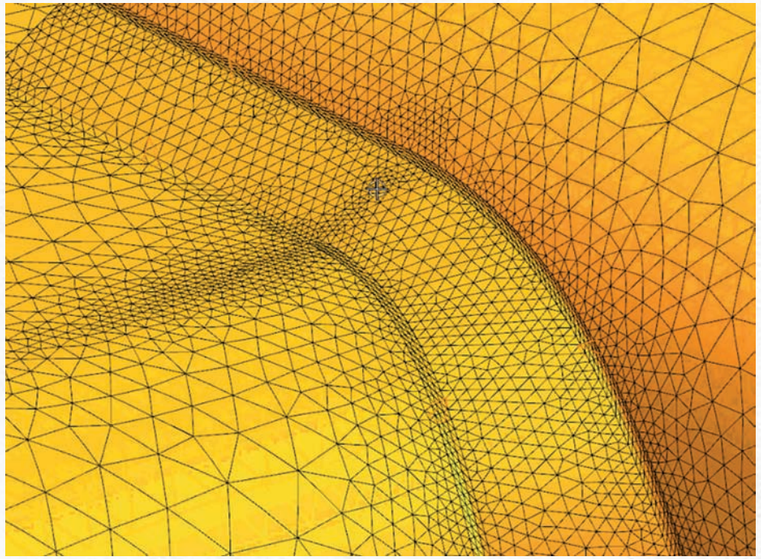


Fertig generierte Geometrie für das Submodell, inklusive der geometrischen Details und Zuweisung der Berandungsflächen

Im nächsten Schritt wird das Bauteil vollautomatisch vernetzt und die Verschiebungsergebnisse des groben Modells auf die Schnittflächen interpoliert. Die folgende Abbildung zeigt das vernetzte Submodell, der Bereich der Schweißnaht ist besonders fein vernetzt. Nun kann das Modell gerechnet werden.



Netz des Submodells



Detaillierte Ansicht des Netzes im Submodell, feine Vernetzung der Schweißnaht und am Übergang der Schweißnaht zum Bauteil

Fazit:

Im Vergleich zur herkömmlichen Neuberechnung grob vernetzter Strukturen lassen sich mithilfe der Submodelltechnik erhebliche Rechenzeiten sparen.

Durch den Einsatz des Tools „CAE Simcenter Submodeling" lassen sich Submodelle innerhalb von Sekunden aufbauen und rechnen. Die programmierten Routinen übernehmen dabei die fehleranfälligen und zeitaufwendigen Prozessschritte, wie die Geometrieerstellung des Submodells und das Übertragen der Verschiebungsrandbedingungen.

Somit ist eine präzise Aussage der Berechnungsergebnisse, die sonst viele Stunden Wartezeit in Anspruch genommen hat, innerhalb von wenigen Minuten möglich.

CAE
INNOVATIVE ENGINEERING

Kundenstatements:

„In ein neues Design zu investieren war 2017 für uns eine strategisch richtige Entscheidung. Das bisherige Dividella -Design ist inzwischen mehr als 15 Jahre alt und etwas angestaubt. Von Körber Medipak Systems kam zudem der Wunsch, das Design innerhalb der Gruppe, soweit wie sinnvoll, zu harmonieren. Aufgrund der positiven Resultate bei Mediseal haben wir uns entschieden, den gleichen Weg mit CAE Innovative Design zu gehen.
Der Erfolg auf der Achema 2018 bestätigt uns: Das gute Design zieht die Leute magisch an, was den Einstieg in ein Verkaufsgespräch natürlich vereinfacht. Das Feedback der Kunden ist einheitlich positiv: Die Maschine wirke aufgeräumt, hochwertig und gefällt einfach. An der engen Zusammenarbeit mit dem CAE Innovative Design-Team haben uns immer wieder die guten und vor allem umsetzbaren Vorschläge sowie die schnelle Reaktionszeit gefallen."
Christoph Hammer, CEO Dividella AG – anlässlich der Messepräsentation NeoTRAY auf der Achema 2018

„Wir haben im Rahmen eines Pilotprojektes unsere Zusammenarbeit mit der Firma CAE in 2012 gestartet und stellen die Qualität der Durchführung und Dokumentation der statischen und Ermüdungsfestigkeitsnachweise unserer Stahlbaukomponenten jedes Mal auf die Probe. Wir sind mit unserer Wahl und der Zusammenarbeit sehr zufrieden und können die Firma CAE als unseren langfristigen externen Entwicklungspartner für Berechnungsprojekte weiterempfehlen."
Dr.-Ing. Hesam Ejtehadi, BAUER Maschinen GmbH

„CAE als etablierter Partner unserer Kunden in der Automobilindustrie kennt unsere Anforderungen und bietet uns die passende Kompetenz und Flexibilität zur erfolgreichen Umsetzung unserer Projekte."
Herr Christian Pfleiderer, Bright Testing

CAE Innovative Engineering GmbH
Welle 15 | 33602 Bielefeld | Tel. +49 (0) 521 329681-22 | Fax +49 (0) 521 329681-29 | cae@cae-online.de
Vorhelmer Straße 81 | 59269 Beckum | Tel. +49 (0) 2521 859-0 | Fax +49 (0) 2521 859-360 | cae@cae-online.de
Humboldtstraße 30-32 | 70771 Leinfelden - Echterdingen | Tel. +49 (0) 711 252862-0 | Fax +49 (0) 711 252862-99 | cae@cae-online.de

cae-produktentwicklung.de