

271 3.4 Automobilbau: Wälzlagermodellierung in der FE-Simulation bei Daimler

272 3.4.1 Einführung

273 Wälzlager werden überall in technischen Anwendungen eingesetzt, wo ein präzises, verschleißarmes
274 Führen von sich rotierenden Bauteilen notwendig ist.

275 In der Untertürkheimer Niederlassung der Daimler AG werden elektrische Antriebsstränge mit Hilfe
276 der Finite-Elemente-Software Ansys simuliert. Ein typisches Antriebsstrangmodell besteht aus vielen
277 Zahnrädern, dem Elektromotor und vielen Wälzlagern, unterschiedlicher Größe, Art und Typ
278 (Abbildung 3.4—1). Die Finite-Elemente-Simulation wird eingesetzt, um realistische Antriebsstrangmo-
279 delle für Elektrofahrzeuge zu erstellen, um hörbare Schwingungsphänomene im Fahrzeug visualisie-
280 ren und effektive Abstellmaßnahmen bewerten und einleiten zu können.

281

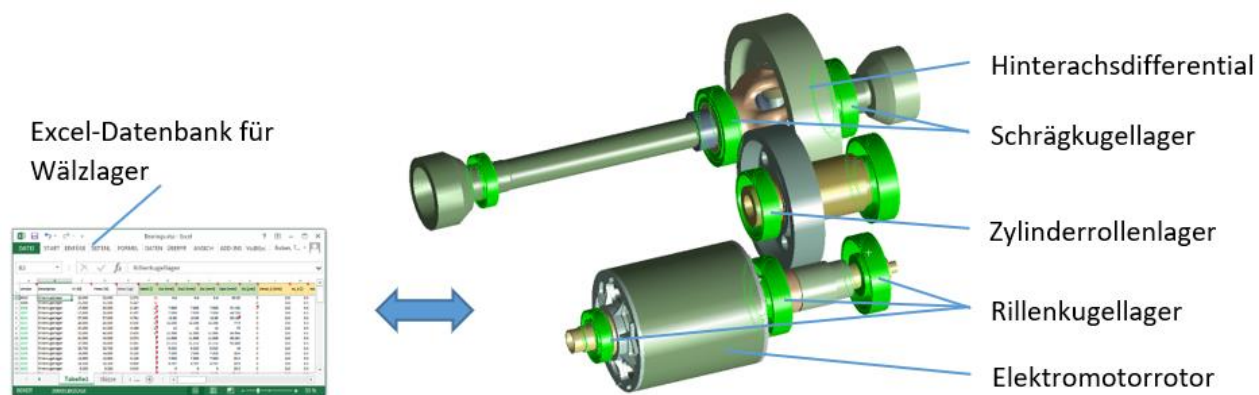


Abbildung 3.4—1 : Automatisierte Erstellung von FE-Wälzlagermodellen auf Basis der Modellbibliothek (Quelle: Daimler AG)

282
283 Für eine aussagefähige Simulation, die im Einklang mit experimentellen Versuchen steht, ist die ge-
284 naue Kenntnis der Wälzlagersteifigkeit in allen relevanten Freiheitsgraden von größter Bedeutung. Je
285 nach Vorspannung eines Wälzlagers besitzt es eine Nichtlinearität der Steifigkeit. Somit weist es typi-
286 scherweise eine axiale, radiale und Kippsteifigkeit auf, die erst im jeweiligen Betriebspunkt ermittelt
287 werden kann.

288 Daraus folgt das berühmte Henne-Ei-Problem in der Finite-Elemente-Simulation: Ohne Kenntnis der
289 Steifigkeit ist die Ermittlung der Betriebspunkte für mehrere Wälzlager in einer mechanischen Bau-
290 gruppe ungenau, und ohne Kenntnis des Betriebspunkts ist die Ermittlung der Steifigkeit unmöglich.

291 Eine mögliche Lösung ist, die Wälzlager und alle ihre Komponenten (Innenring, Außenring und Ku-
292 geln) als dreidimensionale Körper in der Finite-Elemente-Software abzubilden. Dies würde jedoch
293 trotz der stark gestiegenen Computerleistung zu extrem großen Rechenzeiten führen.

294 In Zusammenarbeit zwischen der Daimler AG und Meshparts GmbH wurde eine Bibliothek für die
295 meist benutzten Wälzlager in die System-Umgebung integriert. Dabei werden die unterschiedlichen
296 Wälzlager automatisch den richtigen Stellen im Gesamtmodell zugeordnet. Das Besondere dabei ist,
297 dass eine Eingabe von betriebspunkt-abhängigen Steifigkeitskoeffizienten nicht notwendig ist. Die FE-
298 Wälzlagerbibliothek benötigt als Inputparameter lediglich Geometrie- und Materialparameter, die be-
299 triebpunkt-unabhängig sind. Durch eine spezielle, ordnungsreduzierte Modellierungstechnik der
300 Wälzlager bleibt das zu verarbeitende Datenvolumen klein, sodass die FE-Analyse auf vorhandenen
301
302
303

304 Workstations erfolgen kann. Gleichzeitig ist die Genauigkeit der Wälzlagermodellierung sehr hoch: Die
305 Kontaktwinkeländerung der einzelnen Kugeln wird korrekt abgebildet. Deshalb kann das Lager wäh-
306 rend der Simulation im korrekten Betriebspunkt berechnet werden.

307 Durch die Implementierung der neuen Wälzlagermodelle verspricht sich die Daimler AG eine Erhö-
308 hung der qualitativen und quantitativen Vorhersagekraft der FE-Modelle in Bezug zur realen Messung.
309 Damit können weitere Prototypen und Versuchsschleifen vermieden und die dadurch gewonnene Zeit
310 in die Entwicklung neuer Produkte genutzt werden.

311 3.4.2 Anwendungsbeispiel

312 Im Folgenden wird ein Finite-Elemente-Teilmodell von einem Fahrzeuggetriebe vorgestellt, um die
313 Anwendung der neuen Wälzlagerbibliothek zu verdeutlichen. Das Modell (Abbildung 3.4—2) besteht
314 aus drei separaten Wellen mit Verzahnung und zwei bis drei Wälzlagern pro Welle.

315 Im Workbench-Modell sind die Wälzlager zunächst nur über den Innen- und Außenring abgebildet.
316 Eine Abbildung der Kugeln ist nicht
317 matisiert durchgeführt.

318 Über jeweils einen Kommandoaufruf
319 fehlenden Kugeln in das Modell einge-
320 um spezielle Ersatzkugelmodelle, die
321 winkeländerung während der Simulati-
322 dellparametrierung erfolgt automatisch
323 Excel-Datenbank.

324 Beim Einsatz der FE-
325 sich ein automatisierter Prozess, der
326 gen Wälzlagertyps erfordert. Bei dem
327 der Erstellung der Wälzlagerdatenbank
328 tential: Die Eingabe der geometrischen
329 Datenbank gestaltet sich als langwierig, da die einzelnen Daten aus dem CAD-Modell manuell aus-
330 gemessen werden müssen. Dies ist jedoch nur ein einmaliger Prozess – bei der Dateneingabe. Es
331 wird erwartet, dass in der Zukunft die Daten direkt vom Wälzlagerhersteller geliefert werden.

332 Das so erstellte Gesamtmodell wird in einem ersten Schritt statisch berechnet, damit der Betriebs-
333 punkt der Wälzlager ermittelt werden kann. Im zweiten Schritt wird im vorgespannten Zustand eine
334 Modalanalyse oder eine Zeitbereichsanalyse durchgeführt.

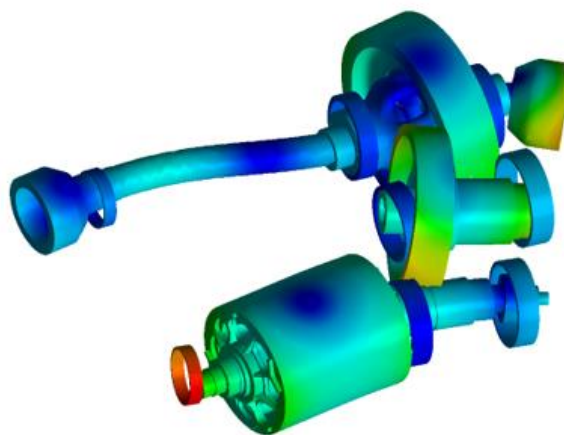
„Die Güte und damit die Vorhersagekraft der FE-Ergebnisse in Bezug zu den am Prüfstand ermittelten Daten, konnte erheblich gesteigert werden.“

Tobias Buban, Advanced Engineering, Elektroantriebe & E-Motoren

notwendig. Dies wird auto-

pro Wälzlager werden die
fügt. Es handelt sich dabei
die lastabhängige Kontakt-
on berücksichtigen. Die Mo-
auf Basis einer zentralen

Wälzlagerbibliothek ergibt
nur die Eingabe des richti-
davor geschalteten Prozess,
besteht Verbesserungs-po-
Parameter in die Excel-



335

336 **Abbildung 3.4—2 Finite-Elemente-Analyse eines Antriebsstrangs mit insgesamt acht unterschiedlichen**
337 **Wälzlagern aus der Bibliothek (Quelle: Daimler AG)**
338
339

340 3.4.3 Zusammenfassung

341 Durch die neue Art der Wälzlagermodellierung ergibt sich ein verringerter Aufwand bei häufigen FE-
342 Simulationen, die Wälzlager involvieren. Eine manuelle, wiederholte Modellierung von Wälzlager
343 erübrigt sich. Allerdings ist der initiale Aufwand beim Anlegen neuer Wälzlager in die Datenbank der
344 FE-Modellbibliothek noch relativ hoch. Dieser Aufwand könnte durch eine engere Zusammenarbeit mit
345 den Wälzlagerherstellern deutlich verringert werden.

346 Durch die Anwendung einer Finite-Elemente-Bibliothek für Wälzlager erhöht sich nicht nur die Quali-
347 tät der Ergebnisse, sondern auch der Modellierungsprozess wird automatisiert und standardisiert,
348 sodass zufallsbedingte Modellierungsfehler ausgeschlossen werden können.

Firma:	Daimler AG 70546 Stuttgart
Ansprechpartner:	Tobias Buban
Systempartner:	Meshparts GmbH 70327 Stuttgart
Ansprechpartner:	Alexandru Dadalau

349

350

351