

# TURBO

für Ihre Entwicklung,  
statt bunte Bilder

Stefan Merkle



## — Impressum —

---

© 2016 MERKLE & PARTNER GbR, Stefan Merkle  
1. Auflage



MERKLE & PARTNER GbR  
Friedrichstraße 1  
89518 Heidenheim  
Deutschland

Telefon: +49 (0)7321 9343-0  
Telefax: +49 (0)7321 9343-20  
E-Mail: [info@merkle-partner.de](mailto:info@merkle-partner.de)  
Web: [www.merkle-partner.de](http://www.merkle-partner.de)

# Der Autor



Der Autor Stefan Merkle ist Gründer und Inhaber der Firma Merkle & Partner.

Während seines Studiums der Luft- und Raumfahrttechnik programmierte er die ersten Stabmodelle noch mit Lochkarten und hat sich mit dem Thema Berechnung direkt nach seinem Studienabschluss 1989 als einer der ersten CAE-Dienstleister selbstständig gemacht.

Die Firma Merkle & Partner beschäftigt sich seit 1989 ausschließlich mit dem Thema Simulation und deckt alle relevanten Bereiche wie Statik, Dynamik, Crash und Strömungsmechanik ab.

Mit z.Zt. ca. 50 Mitarbeitern zählt Merkle & Partner zu einem der größten und erfahrensten Ingenieurbüros im deutschsprachigen Raum.

# Einleitung

Einer unserer Kunden bekam den Auftrag, einen Schaltschrank zu entwickeln, der in Zügen eingesetzt wird. Hier gibt es hohe Vibrations- und Schockbelastungen, die nach den gängigen Normen in einem Rütteltest nachzuweisen sind.

Das Projekt stand von Beginn an unter Zeitdruck. Daher beschloss die Firma, nach den ersten Konstruktionsständen des Rahmens bereits in die Fertigung zu gehen.

Nach Lastenheft des Kunden sollte die niederste Eigenfrequenz größer als 25 Hz sein.

Unsere Aufgabe als externer Berechnungsdienstleister war es, für die fast fertige Konstruktion den rechnerischen Nachweis zu liefern bzw. kleine Schwachstellen aufzuzeigen und zu optimieren.

Die Untersuchung zeigte, dass die erste Eigenfrequenz des Schaltschranks bei etwa 13 Hz lag.

Vibrationslasten und Schocklasten führten zu erheblichen Spannungsüberschreitungen.

Aufgrund der viel zu geringen Eigenfrequenz des Rahmens schlug ich vor, die Konstruktion nochmals komplett neu aufzuziehen und den Rahmen ausreichend steif zu dimensionieren.

Zwischenzeitlich lagen auch erste Ergebnisse der parallel beauftragten Rüttel-

tests vor. Sie zeigten zahlreiche Risse im Rahmen!

Die Geschäftsleitung der Firma entschied aber aufgrund der Tatsache, dass die Rahmen bereits gefertigt waren, entsprechende Verstärkungsmaßnahmen der bestehenden Konstruktion vorzunehmen und rechnerisch zu untersuchen.

Die erste Eigenfrequenz konnte durch verschiedene Optimierungsmaßnahmen von 13 Hz auf 16 Hz, dann auf 17 Hz und schließlich durch massive Änderungen auf 20 Hz erhöht werden. Die Einhaltung der Untergrenze von 25 Hz für die erste Eigenfrequenz war schlichtweg nicht möglich.

Zwischenzeitlich waren etwa 6 Monate vergangen. Der Endkunde war mehr als unzufrieden und noch immer war keine Lösung in Sicht. Es ging nur noch darum, die Verluste mit diesem Projekt zu begrenzen und einigermaßen glimpflich aus dem Projekt herauszukommen.

Auf wiederholte Hinweise von mir wurde schließlich der von mir von Anfang an vorgeschlagene Weg beschritten.

Ein Mitarbeiter setzte sich weniger als eine Woche mit dem Konstrukteur Vorort zusammen und dimensionierte mit einem einfachen Balkenmodell den Rahmen, bis die geforderte Steifigkeit bzw. Eigenfrequenz erreicht war. Anschließend erfolgten die Detaillierung des Modells und der restliche Aufbau.

Nach nur 3 Wochen war der Konstruktionsstand fertig, der rechnerische Nachweis konnte geführt werden und auch die Rütteltests wurden ohne Beanstandung bestanden.

# Ein Einzelfall?

Beileibe nicht! Ich kann Ihnen aus meiner 26-jährigen Laufbahn hunderte von ähnlichen Fällen aufzeigen.

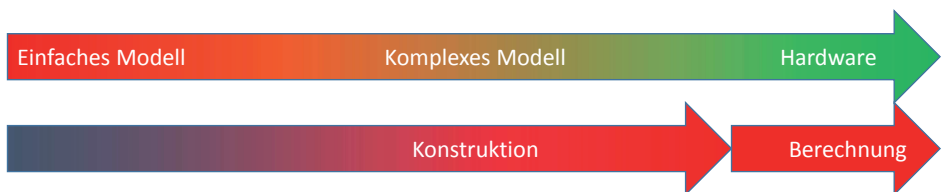
## Was sind die Gemeinsamkeiten?

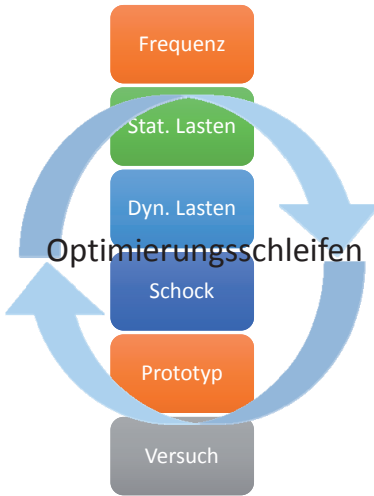
**Die Berechnung wird falsch eingesetzt!**

Da zwischenzeitlich die Software und Hardware immer leistungsfähiger geworden ist, gleichzeitig aber das Grundverständnis über Schwingungsverhalten und Festigkeit der Konstrukteure und auch der jüngeren Berechnungsingenieure drastisch abgenommen haben, werden zunehmend aufwendige und komplexe Modelle erstellt. Die Software kann es ja...!

Bunte Bilder sind schnell erstellt, aber die Fragestellungen an den Berechner werden nur unzureichend beantwortet.

Die Berechnung hat zudem oft gar keine Chance, relevanten Einfluss auf die Konstruktion zu nehmen, da sie viel zu komplex und in einem viel zu späten Stadium vorgenommen wird.





## Was ist der effizientere Weg?

Gibt es eine Lösung?

Die gute Nachricht ist: Ja!

Zuallererst: Konstruktion und Berechnung sind keine seriellen Schritte, sondern parallele Schritte.

Nach der Erstellung des Lastenheftes beginnt man mit einfachen Berechnungen zur grundlegenden Dimensionierung der Baugruppe.

Anschließend erfolgt die Optimierung an einfachen Modellen, da hier die primären Ursachen für ein später mögliches Versagen angegangen werden können, ohne dass alle Maße schon festliegen.

Komplexe und aufwendige Berechnungen des Gesamtmodells werden erst am Schluss durchgeführt, um den rechnerischen Nachweis zu liefern.



Einfaches Modell

Komplexes Modell

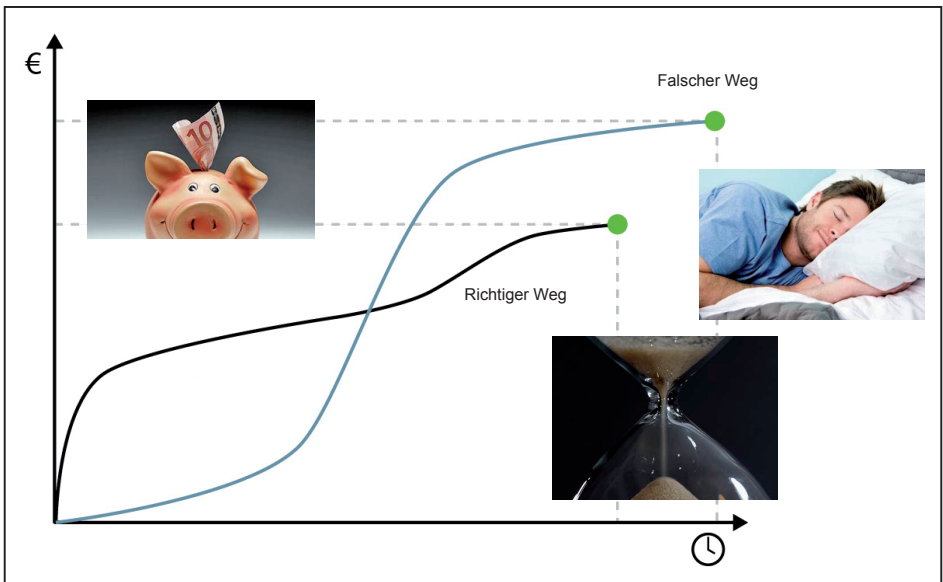
Hardware

Konstruktion

Berechnung

## Vergleich der beiden Wege

Vergleicht man beide Wege, sieht man sehr schnell, dass sowohl die Kosten als auch die benötigte Entwicklungszeit bei richtigem Einsatz von Simulation und Berechnung gesenkt werden können.



Dies hat sich in meiner langjährigen Erfahrung in unterschiedlichsten Branchen immer wieder bestätigt.



# Zusammenfassung

Sehr viele Unternehmen nutzen die Möglichkeit der Simulation nur unzureichend und verschenden damit Geld und Zeit.

Zeit, die immer weniger zur Verfügung steht und zwischenzeitlich der Hauptstressfaktor von Mitarbeitern bei der Entwicklung ist.

Eigene Berechnungsabteilungen sind überlastet, die Ergebnisse kommen zu spät und daraus resultierende Erkenntnisse können oftmals im Entwicklungsprozess nur unzureichend umgesetzt werden.

Was am Anfang als der vermeintlich schnellere Weg ausgesehen hat, entpuppt sich manchmal zu einem Alptraum, bei dem die Zeit, die Kosten und nicht selten auch der Kunde davon rennen.

Nutzen Sie unsere langjährigen Erfahrungen beim sinnvollen Einsatz von Berechnung und Simulationen, die wir bei einer Vielzahl von Projekten unter Beweis gestellt haben.

# Was Sie als nächstes tun sollten

Gerne komme ich persönlich oder einer meiner erfahrenen Mitarbeiter zu Ihnen ins Haus, um Sie kostenlos und unverbindlich über eine mögliche Zusammenarbeit zu informieren.

Haben Sie bisher noch keine Projekte mit uns zusammen durchgeführt, übernehmen wir Ihr Risiko bei einer neuen Partnerschaft. Fragen Sie in diesem Falle nach unserem Garantieverprechen für Neukunden.

Handeln Sie jetzt. Es sind Ihre Zeit, Ihr Geld und Ihre Nerven!  
Klicken Sie unten auf den Button.

Ein Mitarbeiter von mir wird sich zur Vereinbarung eines Termins mit Ihnen in Verbindung setzen.

Mit freundlichen Grüßen  
Ihr Stefan Merkle



[Jetzt Termin vereinbaren](#)

[E-Mail senden](#)