

Checkliste

Ist Ihre Simulation entscheidungsreif?

10 Prüfpunkte, bevor Sie auf Basis einer Simulation
eine Investitions- oder Serienfreigabe erteilen.

ALTEMIS Consulting · Alper Altay
altemis-consulting.de

Warum diese Checkliste?

Simulationen liefern Zahlen. Aber Zahlen allein sind keine Entscheidungsgrundlage. In meiner Arbeit in der Konzern-Vorentwicklung habe ich erlebt, wie Teams auf Basis von Simulationsergebnissen Millionenentscheidungen treffen – ohne zu wissen, wie belastbar diese Ergebnisse tatsächlich sind. Nicht weil die Ingenieure nachlässig waren, sondern weil die methodische Einordnung systematisch übersprungen wird.

Diese 10 Prüfpunkte helfen Ihnen, die Belastbarkeit einer Simulation zu bewerten – bevor Sie auf ihrer Basis investieren, freigeben oder weiterentwickeln. Jeder Punkt basiert auf realen Fehlern, die ich in Reviews identifiziert habe.

■ 1. Entscheidungsfrage dokumentiert?

Ist präzise formuliert, welche konkrete Entscheidung die Simulation stützen soll? „Wir wollen wissen, ob die Simulation stimmt“ ist keine Entscheidungsfrage. „Können wir Variante A mit dieser Designmarge in Serie freigeben?“ ist eine. Ohne klare Fragestellung liefert jede Simulation eine Antwort – aber nicht zwingend die richtige.

■ 2. Modellgrenzen explizit benannt?

Welche physikalischen Effekte bildet das Modell ab – und welche wurden bewusst vernachlässigt? Ein FDM-Modell, das Strahlung ignoriert, ist bei 60°C völlig in Ordnung. Bei 130°C verschenkt es 10–20% der Wärmeabfuhr. Die Grenze selbst ist kein Problem – solange sie dokumentiert und im Kontext der Entscheidung bewertet ist.

■ 3. Randbedingungen realistisch?

Der häufigste Fehler in Review-Dokumenten: „Freie Konvektion, 25°C Umgebung.“ In der Realität sitzt das Board in einem geschlossenen Gehäuse, empfängt vorgeheizte Luft aus Nachbarkomponenten, und der Wärmeübergangskoeffizient h stammt aus einer generischen Tabelle. Ich habe Projekte gesehen, in denen der Wechsel von $h=10$ auf $h=6$ W/m²K die Maximaltemperatur um über 15K verschoben hat.

■ 4. Kontaktwiderstände realistisch angesetzt?

Der thermische Kontaktwiderstand zwischen Bauteil und Leiterplatte wird in FDM-Modellen häufig mit einem Standardwert belegt – oder gänzlich vernachlässigt. Je nach Lötmaterial, Bondpad-Geometrie und Fertigungstoleranz schwankt dieser Wert erheblich. Ein Bauelement, das im Modell bei 95°C liegt, kann real 110–120°C erreichen.

■ 5. Gitterkonvergenz nachgewiesen?

Wurde gezeigt, dass eine feinere Vernetzung das Ergebnis nicht mehr signifikant verändert? Besonders kritisch bei Via-Arrays und engen Bauteilgruppen: Hier entstehen starke lokale Gradienten, die ein grobes FDM-Gitter schlicht ausmittelt. Das Ergebnis sieht glatt aus – und ist es nicht. Eine Gitterkonvergenzstudie gehört als Pflichtbestandteil in jeden Simulationsbericht.

■ 6. Sensitivitätsanalyse durchgeführt?

Welche Eingangsparameter haben den größten Einfluss auf das Ergebnis? Ein Review-Fall aus meiner Praxis: Maximaltemperatur 118°C, Grenzwert 125°C. „7K Reserve, passt.“ Was nicht kommuniziert wurde: $\pm 20\%$ Variation im Wärmeübergangskoeffizienten bedeutet $\pm 9\text{K}$ in der Junctiontemperatur. Die 7K Reserve sind methodisch nicht belastbar.

■ 7. Validierung gegen Messdaten?

Wurde das Modell mindestens einmal gegen reale Messungen abgeglichen? Simulationen ohne Messkorridor sind Hypothesen. Das ist kein Vorwurf – es ist eine strukturelle Realität, die dokumentiert und im Entscheidungsprozess berücksichtigt werden muss. Eine Simulation mit unbekannter Unsicherheit erfordert größere Designmargen.

■ 8. Ergebnis vs. Entscheidungsmarge?

Liegt das Simulationsergebnis deutlich innerhalb der zulässigen Grenze – oder ist die Reserve kleiner als die Modellunsicherheit? Wenn die Simulation 118°C sagt und der Grenzwert bei 125°C liegt, aber die Modellunsicherheit $\pm 9\text{K}$ beträgt, dann reicht die Reserve nicht. Diese Bewertung fehlt in den meisten Simulationsberichten.

■ 9. Simulationsmethode zur Fragestellung passend?

FEM für Leitung durch Festkörper, CFD für konvektive Strömungen, gekoppelt für Systemebene. Die Wahl folgt der Physik, nicht dem Tool-Bestand. Die entscheidende Frage: Wo entsteht der größte thermische Widerstand im System? Wer CFD als Blackbox beauftragt, bekommt Zahlen. Wer die Methode passend wählt, bekommt Entscheidungssicherheit.

■ 10. Dokumentation übergabefähig?

Könnte ein externer Reviewer die Simulation nachvollziehen, ohne den Ersteller zu fragen? Wenn die Annahmen im Kopf eines einzelnen Ingenieurs stecken statt im Bericht, ist das Ergebnis personenabhängig – nicht belastbar. Ein guter Simulationsbericht macht den Reviewer überflüssig. Ein schlechter macht ihn zwingend notwendig.

Auswertung

8–10 Prüfpunkte erfüllt – Ihre Simulation ist methodisch belastbar. Das Ergebnis kann als Entscheidungsgrundlage dienen.

5–7 Prüfpunkte erfüllt – Gezielte Nacharbeit empfohlen. Identifizieren Sie die offenen Punkte und bewerten Sie deren Einfluss auf die anstehende Entscheidung.

Unter 5 Prüfpunkte – Ein unabhängiges Review vor der Entscheidung ist dringend empfohlen. Die Unsicherheit ist zu hoch für eine belastbare Freigabe.

Technische Fragestellung? Lassen Sie uns sprechen.

Kostenloses Erstgespräch – unverbindlich, 45 Minuten.

[altemis-consulting.de/kontakt](https://www.altemis-consulting.de/kontakt)