

Den Fachkräftemangel im HF-Design im Griff

Der Fachkräftemangel wirkt sich nicht nur durch die niedrige Zahl verfügbarer Entwickler, sondern vor allem durch die fehlende Weitergabe von Erfahrung und kontextabhängigem Wissen aus. Wie kann es gelingen, fachliche Expertise in eine reproduzierbare, übertragbare Design-Ressource umzuwandeln?



Entwicklungs-Teams im Bereich HF- und Halbleiter-Technik müssen immer komplexere Probleme lösen, doch erfahrene Fachkräfte sind immer schwerer zu finden und zu halten. Die Herausforderung besteht nicht lediglich in einem Mangel an Fachkräften, die sich mit Schaltungstheorie auskennen oder mit EDA-Software (Electronic Design Automation) umgehen können.

Ein Großteil des Wissens, das ein funktionsfähiges Design von einem leistungsstarken, realisierbaren Design unterscheidet, ist kontextabhängig: Welche Topologie sollte zuerst untersucht werden? Welche Kompromisse sind für eine bestimmte Anwendung entscheidend? Wie lässt sich ein unerwartetes Simulationsergebnis interpretieren? Und woran erkennt man, wann ein Design bereit ist, in die nächste Phase überzugehen?

Neue Mitarbeiter sind nicht genug

Dieses Fachwissen basiert oft auf jahrzehntelanger Praxiserfahrung, ist jedoch möglicherweise nur im Kopf eines Entwicklers, in persönlichen Notizen, Skripten oder der bevorzugten Abfolge von Simulationen vorhanden. Wenn Entwickler in den Ruhestand gehen, die Position wechseln oder ausfallen, können Unternehmen nicht nur diese wertvollen Informationen verlieren, sondern auch die Gedankengänge, die eine Design-Entscheidung mit der nächsten verbinden.

Um den Fachkräftemangel im HF-Bereich zu bewältigen, reicht es daher nicht aus, neue Mitarbeiter einzustellen oder herkömmliche Dokumentationsverfahren anzuwenden. Unternehmen benötigen praktische Verfahren, um spezifische Design-Methoden im Einsatz zu erfassen, sie mit Simulationsdaten zu verknüpfen und sie für Entwickler mit unterschiedlichem Erfahrungsstand zugänglich zu machen.

Komplexität und Fachkräftemangel

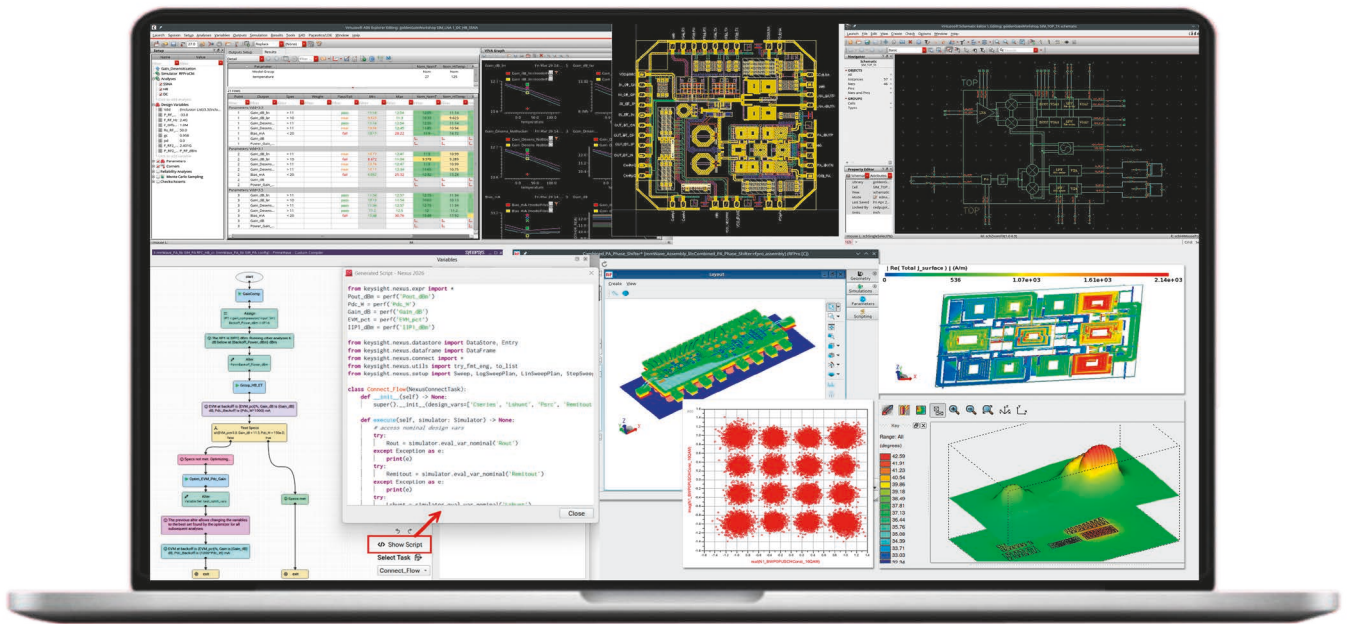
Die Anforderungen an das HF-Design werden immer höher, und Entwickler müssen zahlreiche – und manchmal miteinander konkurrierende – Spezifikationen unter einen Hut bringen, darunter Verstärkung, Rauschzahl,

Ausgangsleistung, Wirkungsgrad, Linearität, Stabilität, Bandbreite und thermisches Verhalten. Eine Entscheidung, die eine Kennzahl verbessert, kann eine andere verschlechtern, während das Bauteilverhalten, Prozessschwankungen, die Gehäuseausführung und elektromagnetische Effekte weitere Abhängigkeiten mit sich bringen.

Moderne EDA-Umgebungen können diese Effekte mit hoher Genauigkeit modellieren. Sie unterstützen domänenübergreifende Simulationen, Optimierung, Parameterdurchläufe und statistische Analysen. Der Zugriff auf leistungsstarke Solver bedeutet jedoch nicht automatisch, dass ein Team über eine effektive Design-Methodik verfügt. Der Erfolg hängt nach wie vor davon ab, zu wissen, welche Analysen in welcher Reihenfolge und mit welchen Parametern durchgeführt werden müssen und wie die Ergebnisse den nächsten Schritt beeinflussen sollten.

Zu Beginn eines Projekts kristallisiert sich die Methodik häufig im Rahmen von Architekturdiskussionen heraus. Anforderungen und mögliche Ansätze werden erörtert, während erfahrene Entwickler Annahmen einbringen, die auf früheren Designs basieren.

*Autor:
How-Siang Yap
RF/MW Product Manager
Keysight EDA
www.keysight.com*



RF Circuit Simulation Professional (Nexus) koordiniert komplexe domänenübergreifende Simulationen, Optimierungen, vorläufige Design-Entscheidungen und Parametereinstellungen als wiederverwendbare, anwendungsspezifische Design-Workflows

Die gewählte Architektur wird möglicherweise festgehalten, ohne dass die Alternativen, Ausschlusskriterien oder die zugrunde liegende Argumentationskette dokumentiert werden.

Das birgt ein strukturelles Risiko. Da der Pool an sehr erfahrenen HF-Spezialisten immer kleiner wird und immer mehr Fachkräfte in den Ruhestand gehen, können Unternehmen von einer kleinen Zahl von Experten abhängig werden. Jüngere Entwickler verfügen zwar möglicherweise über fundierte analytische Kenntnisse und Software-Kompetenzen, es fehlt ihnen jedoch noch an dem anwendungsspezifischen Urteilsvermögen, das erforderlich ist, um ein komplexes Design effizient zu bewältigen.

Wo Wissen im Design-Workflow verloren geht

In der Dokumentation werden für gewöhnlich die Eingaben und Ergebnisse festgehalten: Anforderungen, Schaltpläne, Simulationsdiagramme, Bewertungsmaßnahmen und finale Design-Daten. Was dabei jedoch oft nicht erfasst wird, ist der Prozess zwischen diesen Punkten.

Ein Entwickler könnte zunächst eine Load-Pull-Analyse durchführen, die Vorspannung des Bauteils anpassen, die Stabilität überprüfen, ein Anpassungsnetzwerk ändern und die Optimierung erneut ausführen. Doch der rote Faden kann verloren gehen, wenn sich die Informationen über verschiedene Tool-

Zustände, Skripte, Besprechungsprotokolle und das eigene Gedächtnis verteilen.

Monate später fällt es selbst dem ursprünglichen Entwickler möglicherweise schwer, sich daran zu erinnern, warum ein bestimmter Ansatz gewählt wurde.

Wiederkehrende Herausforderungen

Das kann zu einer Reihe wiederkehrender Herausforderungen führen: Erstens bleibt das institutionelle Wissen informell. Etablierte Vorgehensweisen werden zwar möglicherweise durch Mentoring weitergegeben, doch dieser Transfer erfolgt uneinheitlich und lässt sich nur schwer auf verschiedene Standorte, Teams und Zeitzonen ausweiten. Zweitens kommt es zu einer Fragmentierung der Arbeitsabläufe. Durch manuelle Übergaben zwischen Simulationen und Entscheidungen ist es schwierig, unterbrochene Arbeiten wieder aufzunehmen, und Entwickler müssen unter Umständen zusätzliche Zeit darauf verwenden, frühere Setups nachzuvollziehen oder Analysen zu wiederholen, da der bisherige Verlauf nicht transparent ist. Drittens verursacht die Simulation vermeidbare Wartezeiten. Ein Solver mag zwar über Nacht fertig sein, doch der Arbeitsablauf kann erst fortgesetzt werden, wenn ein Entwickler das Ergebnis überprüft und die nächste Maßnahme festlegt. Diese Verzögerungen summieren sich schließlich.

Schließlich bleibt die Automatisierung für manche Fachleute nach wie vor unerreichbar. Python-APIs bieten zwar umfangreiche

Steuerungsmöglichkeiten, aber nicht jeder HF-Entwickler möchte Software-Entwickler werden. Wenn die Automatisierung vollständig von handgeschriebenem Code abhängt, bleibt ihre Verbreitung möglicherweise begrenzt.

Design-Methodik als wiederverwendbares Engineering-IP

Ein effektiverer Ansatz besteht darin, die Design-Erfahrung als ausführbaren Workflow zu erfassen. Anstatt einen Prozess erst nach dessen Abschluss zu dokumentieren, können Teams die Abfolge von Simulationen, Optimierungen, Parameteraktualisierungen und Entscheidungskriterien in einer Form darstellen, die ausgeführt, überprüft und überarbeitet werden kann.

Dadurch verändert sich der Charakter des technischen geistigen Eigentums. Herkömmliches Design-IP beschreibt in der Regel eine fertige Schaltung oder einen wiederverwendbaren Baustein. Ausführbares Methodik-IP bewahrt hingegen die Vorgehensweise, mit der ein Team zu einem geeigneten Design gelangt. Es kann Spezifikationsprüfungen, Verzweigungslogik, zwischenzeitliche Parametereinstellungen, Fehlerbedingungen sowie die für die technische Überprüfung erforderlichen Analysen umfassen.

Ein Workflow für Leistungsverstärker könnte beispielsweise damit beginnen, die Bauteil- und Vorspannungsbedingungen zu überprüfen, anschließend die Lastabgleichs- und Anpassungsnetzwerksynthese

durchzuführen, die Stabilität zu bewerten und schließlich den Wirkungsgrad und die Linearität unter Berücksichtigung der Zielvorgaben zu optimieren. Liegt ein Ergebnis außerhalb eines akzeptablen Bereichs, kann eine explizite Entscheidungslogik den Workflow zu einem früheren Schritt zurückleiten oder eine alternative Analyse einleiten. Die Abfolge erfasst nicht nur Aufgaben, sondern auch das Fachwissen der Experten.

Solche Arbeitsabläufe bieten mehrere technische Vorteile:

• Wiederholbarkeit

Die gleiche Methodik lässt sich projekt- und entwicklerübergreifend einheitlich anwenden.

• Rückverfolgbarkeit

Die Teams können nachvollziehen, welche Analysen durchgeführt wurden, welche Kriterien ausgewertet wurden und warum ein bestimmter Ansatz gewählt wurde.

• Kontinuität

Unterbrochene Arbeiten können wieder aufgenommen werden, ohne dass die gesamte Argumentationskette neu aufgebaut werden muss.

• Skalierbarkeit

Bewährte Methoden können zwischen geografisch verteilten Teams ausgetauscht und an neue Anwendungen angepasst werden.

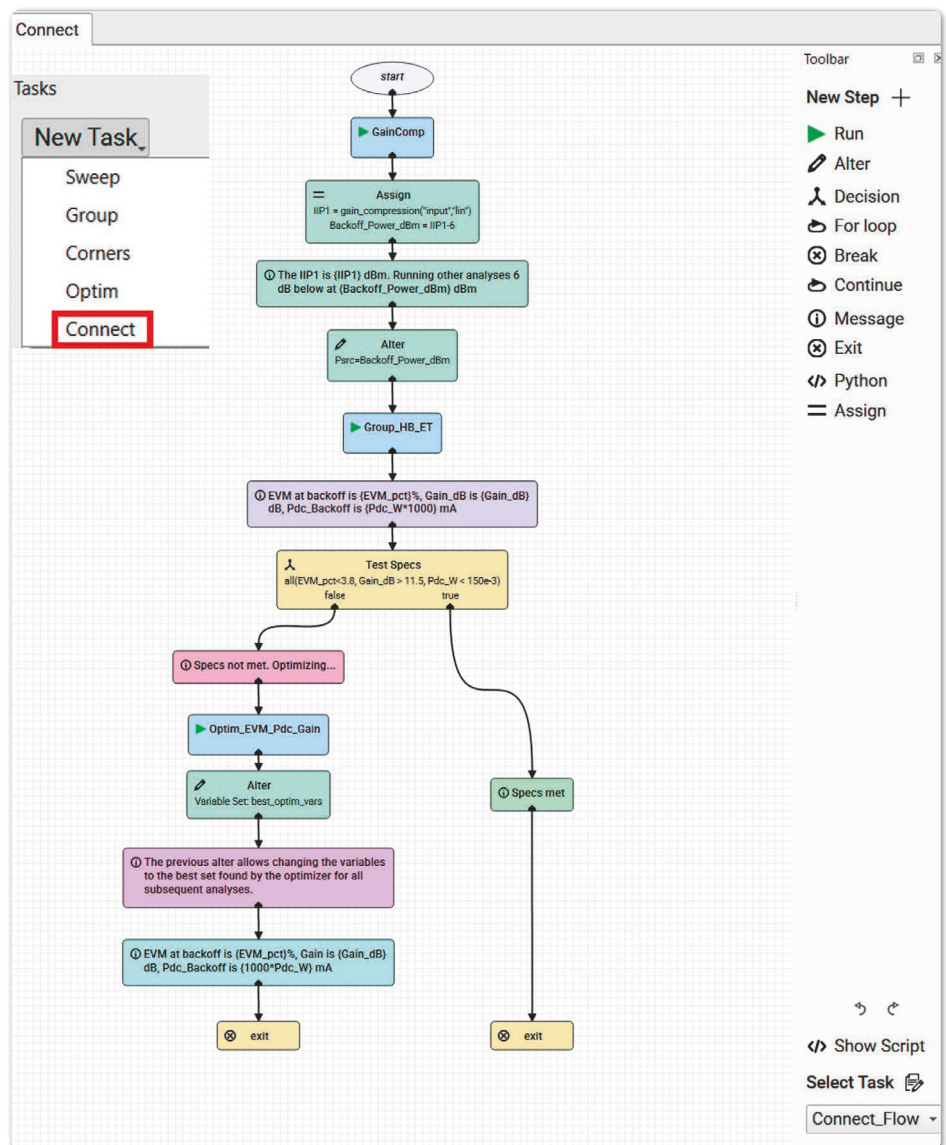
• schnellere Iteration

Durch ausdrucksbasierte Entscheidungen kann ein Workflow in die nächste Phase übergehen, sobald Ergebnisse vorliegen, wodurch unnötige Wartezeiten für den Menschen reduziert werden.

Das Ziel besteht darin, Routineübergänge zu automatisieren und gleichzeitig Annahmen und Entscheidungen transparenter zu gestalten. Die Entwickler bleiben weiterhin dafür verantwortlich, die Strategie festzulegen, Modelle und Kriterien zu validieren und die Methodik zu verbessern, sobald neue Erkenntnisse vorliegen.

Wissenserfassung für HF-Entwickler

Damit diese Methode der Wissenserfassung erfolgreich ist, muss sie sich an die bestehende Arbeitsweise der Entwickler anpassen. Ein Prozess, der einen hohen manuellen Aufwand bei der Übertragung erfordert, wird schnell überholt sein, während ein Prozess, der fortgeschrittene Programmierkenntnisse voraussetzt, viele ausschließen wird.



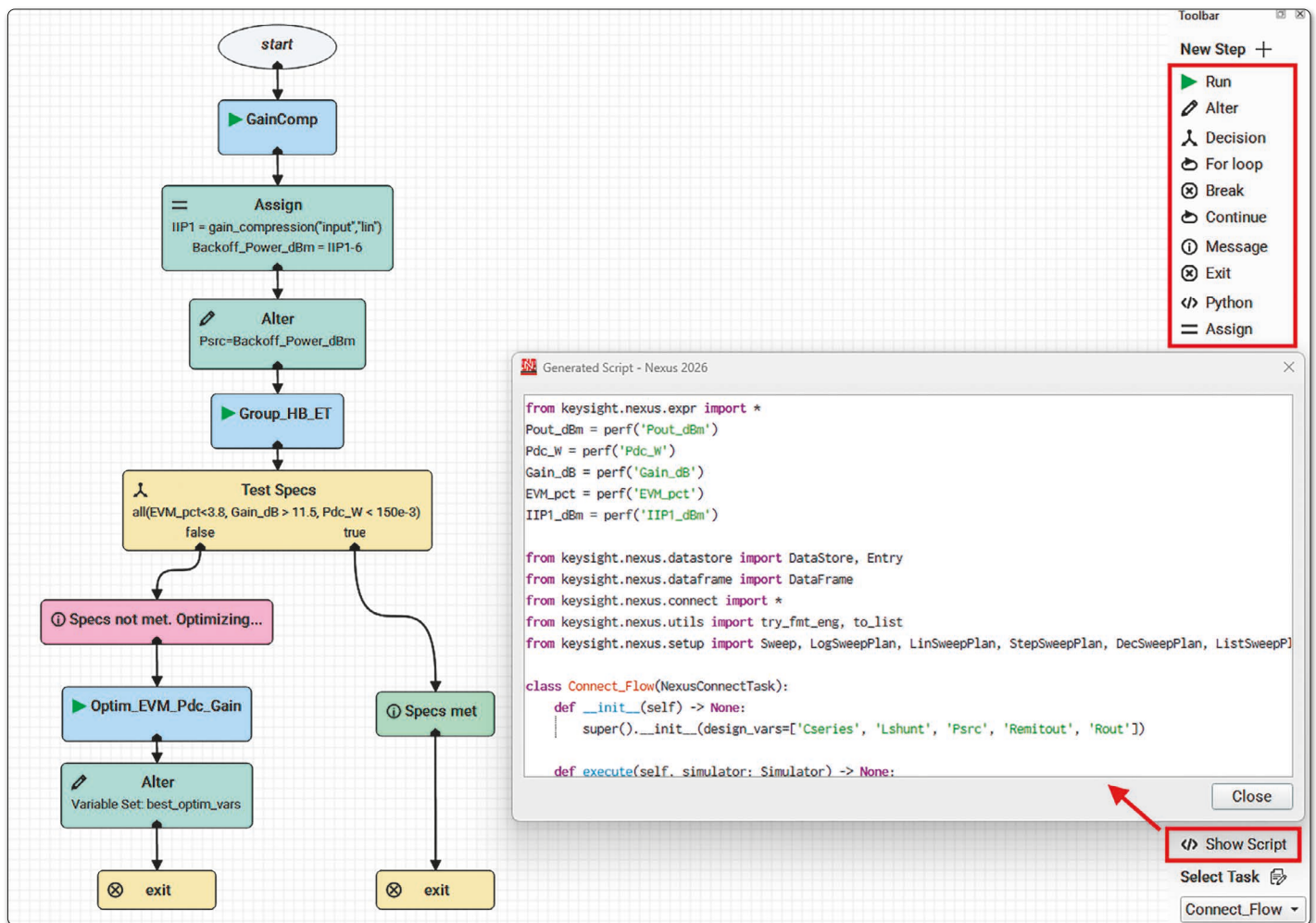
Das Nexus Connect Whiteboard ist ein bearbeitbarer, ausführbarer und gemeinsam nutzbarer Workflow für das HF-Design. Zudem dokumentiert es automatisch die Design-Methodik für technische Reviews und die Wiederverwendung.

Die visuelle Orchestrierung bietet eine Möglichkeit, diese Lücke zu schließen. Ein Flussdiagramm kann Simulationen, Optimierungen, Parameter und Entscheidungswege in einem Format darstellen, das sich bei einer Designbesprechung leichter diskutieren lässt. Ist diese visuelle Darstellung direkt ausführbar und mit dem zugrunde liegenden Code synchronisiert, kann sie gleichzeitig als Workflow, als Automatisierungsebene und als Dokumentation dienen.

Das ist der Ansatz, der im jüngsten Nexus Connect-Update für Keysight RF Circuit Simulation Professional verfolgt wurde. Die Software bietet ein ausführbares Whiteboard, das visuelle Workflow-Schritte mit der HF-Simulation und -Optimierung verknüpft. Entwickler können zwischen dem Flussdiagramm und dem generierten Python-

Code wechseln, sodass Fachexperten visuell arbeiten können, während Programmierer weiterhin Zugriff auf Code-Ebene haben. Das Beispiel ist insofern bedeutsam, als es weniger eine eigenständige Produktfunktion darstellt, als vielmehr einen Beleg für einen umfassenderen Wandel in der EDA: Design-Umgebungen beginnen damit, die Überlegungen rund um die Simulation zu bewahren – nicht nur die Simulationsparameter und -ergebnisse.

Das gleiche Prinzip kann auch bei Design-Prüfungen zum Einsatz kommen. Anstatt statische Diagramme zu präsentieren, können Entwickler den Weg aufzeigen, der zu diesen Diagrammen geführt hat, und „Was-wäre-wenn“-Szenarien im Rahmen eines kontrollierten, reproduzierbaren Arbeitsablaufs bewerten.



Ein Python-Skript steuert die Auswertung und Ausführung in Nexus Connect einschließlich der Aufrufe an die Nexus-Engine zur Schaltungssimulation und -optimierung

Von der Wissenskontinuität zur KI-gestützten Entwicklung

Ausführbare Workflows bieten zudem eine solidere Grundlage für KI als unstrukturierte Notizen oder isolierte Ergebnisdateien. Bei jeder Ausführung können strukturierte Datensätze entstehen, die Anforderungen, Parameterwerte, Analysen, Entscheidungen und Ergebnisse miteinander verknüpfen. Im Laufe der Zeit entsteht so ein kontextbezogener Datensatz, der auf dem tatsächlichen Design-Prozess des Unternehmens basiert.

Diese Unterscheidung ist wichtig. Generische KI-Modelle mögen zwar die HF-Theorie verstehen, doch der zusätzliche Kontext ist von großem Wert: die von der Organisation bevorzugten Methoden, qualifizierte Modelle, Beschränkungen des Designs, Prüfungsregeln und Erkenntnisse aus früheren Projekten. Erfasste Arbeitsabläufe können dabei helfen, diesen Kontext bereitzustellen und gleichzeitig die Rückverfolgbarkeit zur zugrunde liegenden physikalisch basierten

Simulation zu gewährleisten. KI sollte jedoch das Urteilsvermögen der Entwickler ergänzen und nicht überlagern. Empfehlungen müssen nachvollziehbar bleiben, auf validierte Daten gestützt sein und einer Überprüfung durch Experten unterzogen werden, insbesondere bei gesetzlich regulierten oder sicherheitskritischen Anwendungen.

Aufbau organisatorischer Kompetenzen

Technologie allein wird den Fachkräftemangel nicht beseitigen. Teams müssen entscheiden, welche Methoden wertvoll genug sind, um sie zu dokumentieren, wer für deren Pflege verantwortlich ist und wie Änderungen überprüft werden. Es ist oft praktischer, mit einigen wenigen wiederkehrenden, besonders wertvollen Design-Aufgaben zu beginnen, als zu versuchen, jede Aktivität auf einmal zu formalisieren.

Unternehmen sollten Workflows zudem als lebendige Ressourcen betrachten,

die im Laufe der Projekte wachsen und sich verändern. Eine wiederverwendbare Methodik erfordert daher Verantwortlichkeiten, Versionskontrolle, Validierung und eine klare Dokumentation darüber, wo sie angewendet wurde.

Wichtigstes Ergebnis ist der Übergang vom individuellen Gedächtnis hin zu gemeinsam genutzten technischen Fähigkeiten.

Wenn Fachwissen durch ausführbare, nachvollziehbare Arbeitsabläufe abgebildet wird, können erfahrene Entwickler ihren Einfluss auf mehr Projekte ausweiten, junge Entwickler können von der tatsächlichen Entwicklungslogik lernen und Teams müssen weniger Zeit damit verbringen, bereits geleistete Arbeit zu rekonstruieren.

In einem Markt, in dem HF-Fachwissen sowohl knapp als auch strategisch wichtig ist, kann die Erfassung von Entscheidungsprozessen ebenso wertvoll werden wie die Aufbewahrung der fertigen Designs selbst. ◀