

# PRODUKTIV+: Messung der Produktivität beim Entwurf nanoelektronischer Systeme

Ein Meßsystem für die Wirksamkeit von Electronic Design Automation

J. Alt <sup>1</sup>, F. Badstübner <sup>1</sup>, H.-J. Brand <sup>2</sup>, E. Jentzsch <sup>3</sup>, C. Sebeke <sup>4</sup>, A. Vörg <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Infineon Technologies AG, <sup>2</sup> AMD, <sup>3</sup> Cadence Design Systems GmbH, <sup>4</sup> Robert Bosch GmbH, <sup>5</sup> edacentrum GmbH



## PRODUKTIV+ – der Exot unter den F&E Projekten

Der Titel dieses Projektes und seine Inhalte klingen für langjährige Leser des Newsletters sicher etwas exotisch. Während die hier üblicherweise vorgestellten Projekte neue Verfahren erforschen, die den Entwurf nanoelektronischer Systeme verbessern, beschäftigt sich PRODUKTIV+ mit der Quantifizierung der Wirksamkeit von EDA-Maßnahmen. Denn erst die quantitative Messung ermöglicht die objektive Bewertung der Entwurfsproduktivität, die Simulation von Projekten zur Gewährleistung der Planungssicherheit und die wirkungsvolle Planung und Umsetzung von EDA-Maßnahmen.

Dafür hat das Projektkonsortium in PRODUKTIV+ die Einflussgrößen auf nanoelektronische Entwurfsprojekte in einem bisher einzigartigen Detaillierungsgrad modelliert. Hierbei werden nicht nur die technische Infrastruktur, wie EDA-Werkzeuge, Methodik und ihr Anwendungsbereich sowie Bibliotheken berücksichtigt, sondern auch der personelle Aufwand und die Fähigkeiten des Entwurfsteams. Da in der Nanoelektronik Unikate entwickelt werden, ist die Beschreibung der für ein Produkt notwendigen Innovationen notwendig. Dies sind wirtschaftliche Randbedingungen wie Kosten, Projektlaufzeit und „time-to-market“ für die Quantifizierung sowie die Komplexität eines Projektes und die Qualität seiner Entwurfsartefakte für die Vergleichbarkeit einzigartiger Projekte. Alle diese Aspekte sind Bestandteile des in PRODUKTIV+ modellierten Designsystems. Auf Basis dieses Modells kann die Frage: „Was macht ein erfolgreiches Projekt aus?“ beantwortet werden. Dafür wurden basierend auf dem PRODUKTIV+-Modell Beziehungen zwischen technischen und finanziellen Kennzahlen hergestellt.

## PRODUKTIV+ kennt die Antwort – Wie technische Kennzahlen finanzielle Kennzahlen beeinflussen

Für Unternehmen, die mikro- oder nanoelektronische Systeme entwerfen, sind Investitionen in Electronic Design Automation (EDA) notwendig, um die gewünschten Produkte überhaupt zu ermöglichen. Modernste elektronische Systeme, z. B. aus der Automobilelektronik, der Kommunikation, der Medizin- und Sicherheitstechnik oder dem Unterhaltungssektor, wären ohne EDA nicht verfügbar. Diese „Enabling“-Funktion von EDA ist unstrittig. Weiterhin ist ein positiver Zusammenhang zwischen Investitionen in Entwurfsautomatisierung und dem ROI

(return-on-investment) einer Firma belegt ([2], [3]). Wenn es darum geht, festzulegen, wie viel EDA für ein bestimmtes Projekt oder eine Entwicklungsaufgabe notwendig ist, gibt es keine eindeutigen Antworten. Für Investitionen in EDA lässt sich bis heute der ROI nicht angeben. Das bedeutet auch, dass die Leistungen, die Innovationen einzelner Ekompas-Projekte für den Entwurf nanoelektronischer Systeme beisteuern, sich bisher nicht objektiv quantifizieren lassen.

Hier wird PRODUKTIV+ Abhilfe schaffen. Mit den Ergebnissen aus PRODUKTIV+ wird es möglich sein, komplexe Fragen wie die Folgenden quantitativ zu beantworten:

- » Der Standort im Billiglohnland hat niedrigere Stundensätze. Um welchen Faktor muss meine Produktivität höher sein, um meine höheren Stundensätze zu rechtfertigen?
- » Welche und wie viele Ressourcen muss ich einsetzen, um mein Produkt optimal am Markt zu platzieren?
- » Wie kann ich die Produktivität ermitteln, auch wenn jedes Arbeitsergebnis ein Unikat ist und die statistische Basis zur Ermittlung eher gering ist?
- » Wie viel EDA ist zur Durchführung eines Projekts notwendig?
- » Welche Parameter im Designsystem müssen geändert werden, um ein Projekt zum Erfolg zu führen?
- » Lässt sich ein Projekt erfolgreich abschließen?
- » Welche Produktivität hat(te) ein Projekt?
- » Warum hat(te) das Projekt eine zu niedrige Produktivität?
- » Wie hat sich die Produktivität durch eine Maßnahme im Designsystem verändert?

Die Hauptrolle zur Beantwortung dieser Fragen spielt die Produktivität. So wie in der Fertigung Investitionen in Automatisierungsanlagen die Produktivität der eingesetzten Arbeitskräfte erhöhen, so erhöhen EDA-Investitionen die Produktivität der Schaltungsentwickler. Allerdings ist „Produktivität“ selbst ein vielfach verwendeter Begriff, der bisher nicht eindeutig definiert ist. Er dient unter anderem innerhalb einer Firma zum Vergleich von Einheiten (z. B. Fabrikationsstätten). Als Vergleich über die Zeit wird die Entwicklung der Produktivität gemessen. Einzelne Firmen, aber auch ganze Volkswirtschaften, nutzen die Produktivität zum

## Zusammensetzung des Projektkonsortiums:

### Projektpartner:

- » AMD Saxony LLC & Co. KG – DDC
- » Cadence Design Systems GmbH
- » Infineon Technologies AG
- » Robert Bosch GmbH

### Unterauftragnehmer:

- » Fraunhofer-IIS, EAS
- » Friedrich-Schiller-Universität Jena
- » OFFIS e.V. – Institut für Informatik
- » Leibniz Universität Hannover – IMS
- » Eberhard Karls Universität Tübingen – (TI)

### Förderkennzeichen

01 M 3077

### Laufzeit des Vorhabens:

01.10.2005–30.09.2008

### Homepage:

[www.edacentrum.de/produktiv+/](http://www.edacentrum.de/produktiv+/)

Vergleich untereinander. Die Firma Numerics ist für den Bereich des Schaltungsentwurfs auf diese Art des Benchmarkings spezialisiert [4]. Für die genannten Vergleiche wird die Produktivität stark abstrahiert, z. B. in Fahrzeuge pro Tag oder auch Transistoren pro Designer und Jahr.

Zur Beantwortung der zuvor gestellten Fragen ist die Aussagekraft dieser abstrakten Darstellungen nicht ausreichend. Beispielsweise bleiben Komplexität und Qualität der Entwurfsartefakte bei diesen abstrakten Ansätzen unberücksichtigt, so dass ein Vergleich basierend auf Transistoren zwischen Analog- und Digital-Entwürfen unweigerlich falsche Informationen liefert. Zur gezielten Verbesserung des Entwicklungsprozesses durch, z. B. EDA-Maßnahmen, oder zur Optimierung der Projektsteuerung sind detaillierte Messungen und Analysen notwendig. Diese Zusammenhänge wurden bereits im Projektkurzbericht über PRODUKTIV+ dargestellt [1].

Zur Steuerung eines Unternehmens ist die Reduktion der Produktivität auf eine einzelne Kennzahl wenig geeignet. Hierzu haben sich in den letzten Jahren KPI-Systeme (engl. Key Performance Indicators) etabliert. Ein KPI-System wird auch als „Management-Cockpit“ bezeichnet, das regelmäßig aktuelle Werte über den internen Zustand des Unternehmens liefert. Auf der Basis des entwickelten Modells des Designsystems stellt PRODUKTIV+ die zur Planung, Beobachtung und Steuerung von Entwurfsprojekten abstrakten Aspekte durch aussagekräftige KPI dar. Von PRODUKTIV+ dürfen Entscheidungshilfen und Algorithmen zur objektiven Darstellung der KPI erwartet werden. So wie die Messinstrumente im Cockpit eines Flugzeugs den Piloten und seine Crew in die Lage versetzen, das Flugzeug schnell und sicher ans Ziel zu bringen, wird das „PRODUKTIV+ Cockpit“ durch die Anzeige der relevanten KPI EDA-Entscheider, Projektverantwortliche und das Management in die Lage versetzen, Projekte mit hoher Planungssicherheit und Wirksamkeit durchzuführen (Abbildung 1.03).



Abbildung 1.03: PRODUKTIV+ KPI-Cockpit

Abbildung 1.04 zeigt verschiedene Ebenen eines Unternehmens von den technischen Messgrößen bis hinauf

zum Management, in denen KPI definiert sind. So geben KPI unter anderem Auskunft über die Leistungsfähigkeit einer Abteilung, eines Entwicklungs- oder Logistikprozesses. Naturgemäß abstrahieren die Ebenen in Richtung Management mehr von technischen hin zu finanziellen KPI.

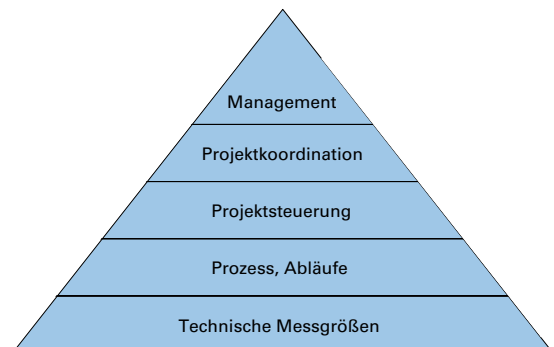


Abbildung 1.04: Ebenen für KPI's (Quelle: IFX, OFFIS)

Wesentlich für den Erfolg eines Unternehmens ist es, den Zusammenhang zwischen den technischen und finanziellen Kenngrößen möglichst exakt zu kennen. So gliedert sich der Umsatz für ein Produkt, einen Unternehmensbereich oder das gesamte Unternehmen auf in Gewinn (hoffentlich) und Kosten (unvermeidlich). Die Kosten wiederum sind aufgeteilt in:

- » Allgemeine Verwaltungskosten
- » Vertriebskosten
- » Entwicklungskosten
- » Herstellkosten

Für die Betrachtung des Einflusses von EDA auf die finanzielle Leistungsfähigkeit kommen die Entwicklungs- und Herstellkosten in Frage. Die Entwicklungskosten sind dabei unabhängig von der Anzahl der hergestellten Produkte. Die Herstellkosten umfassen die zur Produktion eines Stücks notwendigen Kosten wie Material oder Arbeitskraft und sind somit abhängig von der gefertigten Stückzahl. Die Laufzeit eines EDA-Werkzeugs oder der Aufwand für einen Designschritt tragen zur Projektdauer und damit zu den Kosten eines Projektes bei. Insbesondere werden die Entwicklungskosten durch EDA beeinflusst. Die Projektlaufzeit hat auch Auswirkungen auf den Umsatz, der mit einem Produkt erreicht werden kann (time-to-market). Ein EDA-Werkzeug zur automatischen Layoutgenerierung hat signifikanten Einfluss auf die Chipfläche und die verwendeten Maskenebenen. Damit sind auch die Herstellkosten von der Leistungsfähigkeit einzelner EDA-Werkzeuge beeinflusst. Somit können Wirkungsketten von technischen Kenngrößen des Designsystems hin zu finanziellen Kenngrößen wie Umsatz, Entwicklungs- und Herstellkosten aufgestellt werden.

Dieser kurze Einblick in die Zusammenhänge soll genügen, um den Einfluss von EDA auf finanzielle KPI zu verstehen. Tatsächlich sind die Zusammenhänge und Einflüsse auf die KPI, die im PRODUKTIV+-Modell des Designsystems erfasst sind, viel komplexer.



verwendet PRODUKTIV+ die Ontology Web Language (OWL) [14]. Aufgrund der Verwendung beider Beschreibungssprachen wurden Konzepte entwickelt, wie die UML- und OWL-Modelle aufeinander abgebildet werden.

Abbildung 1.07 zeigt ein Beispiel der UML-nach-OWL-Umsetzung anhand einer UML-Assoziationsklasse.

Eine Assoziationsklasse beschreibt eine Beziehung zwischen zwei UML-Klassen (z. B. ResourceConsumption). Ein solches Sprachkonstrukt existiert in OWL nicht. Daher wird das Konstrukt in eine OWL-Standardklasse mit zusätzlichen Object Properties umgesetzt. (Abbildung 1.07 unten)

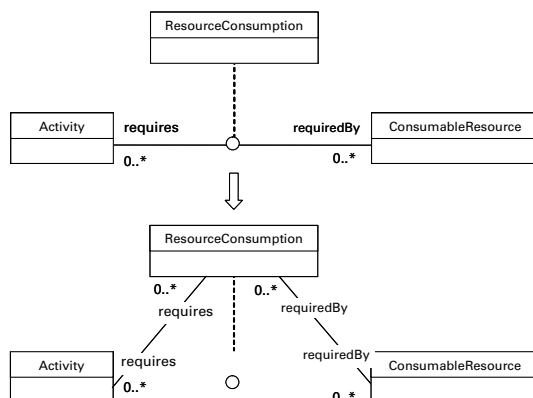


Abbildung 1.07: Umsetzung von UML- nach OWL-Klassen (Quelle: IMS)

Obwohl die grundlegenden Modellierungsaufwände am Anfang des Projektes geleistet wurden, wird die Ontologie kontinuierlich über die Projektlaufzeit weiter gepflegt. Dies stellt sicher, dass neue Erkenntnisse aus den nachfolgenden Arbeiten in die Modellierung einfließen.

### Datenerfassung

Die Datenerfassung zur Extraktion der in der Modellierungsphase als relevant identifizierten Parameter aus dem Designsystem basiert auf dem zuvor dargestellten Ontologiemodell. Die Bausteine der Datenerfassung können wie folgt kategorisiert werden:

- » Technische Design-Daten (z. B. Clock-Skew, Fläche Metalllagen)
- » Nutzungsdauer der Werkzeuge (Aufwand für Setup, Lizenznutzung, Aufwand für Auswertung)
- » Betriebswirtschaftliche Daten (Lizenzkosten, Nutzungskosten für Rechner, Personalkosten)

In industriellen Entwicklungsorganisationen werden die Daten mit unterschiedlichen Systemen erfasst. Insbesondere existiert keine Verbindung zwischen betriebswirtschaftlichen und technischen Daten. Die Daten der Kategorie Laufzeiten existieren in Logfiles von Werkzeugen oder IT-Systemen.

Die Abbildung 1.08 zeigt schematisch einen Auszug der verschiedenen, in PRODUKTIV+ genutzten Daten-

quellen. Unter anderem die Datenquellen zur Erfassung der Eingangsgrößen zur Berechnung des unten unter „Analyse- und Prognoseverfahren“ dargestellten Beispiels „Trend on Design Closure“ (Designsystem Logdaten). Dabei steht die automatisierte Erfassung von Daten im Mittelpunkt.

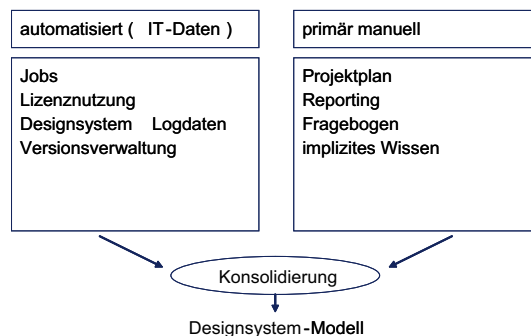


Abbildung 1.08: Prinzip der Datenerfassung (Quelle: IFX)

Wesentliche Quellen für technische Daten des Designsystems sind

- » Logdaten aus der Load-Sharing Facility (LSF) (Laufzeit des Jobs, Speicher- und CPU-Bedarf)
- » Lizenzdaten (Dauer der Lizenznutzung)
- » Report-Files der verwendeten EDA-Werkzeuge (z. B. Synthese-Timing (CPS), LVS, Noise Violation)

Zumindest innerhalb einer Firma sind die Formate für LSF und Lizenz-Logdaten wohl definiert. Inhalt und Format der Report-Files von EDA-Werkzeugen weisen allerdings kein einheitliches Muster auf. Hier kann der Nutzer üblicherweise festlegen, welche Daten im Report enthalten sein sollen. Auch können neue Werkzeug-Versionen zu einer Änderung des Formats führen.

Im Rahmen von PRODUKTIV+ wurde ein flexibler Daten-Extraktor entwickelt, der als sinnvolle Ergänzung für industrielle Design-Flows die gewünschten Daten extrahieren kann. Hier kann bei der Integration von EDA-Werkzeugen in den Design-Flow durch entsprechendes Skripting sichergestellt werden, dass zu bestimmten Designschritten Daten erfasst und in eine zentrale, firmeninterne Datenbank geschrieben werden.

### Analyse- und Prognoseverfahren

Bei der Entwicklung der auf den erfassten Daten aufbauenden Analyse und Prognoseverfahren werden von den Partnern parallele Ansätze verfolgt, deren Genauigkeit und Aussagekraft in der Validierungsphase von PRODUKTIV+ verglichen werden (Best-in-Class-Ansatz). In PRODUKTIV+ wird zwischen Analyseverfahren für abgeschlossene Projekte, also basierend auf realen Projektdaten, und Simulationsverfahren zur Prognose basierend auf historischen Projektdaten unterschieden. Auf den Status beider noch in der Entwicklung befindlichen Verfahren wird im Folgenden eingegangen.

### Analyse

In der Modellierungsphase von PRODUKTIV+ wurden 49 Eingangsparameter ermittelt, die zur Komplexität einer Entwicklungsaufgabe beitragen. 16 Parameter davon erscheinen signifikant und mit vertretbarem Aufwand ermittelbar. Dadurch konnte mit den ursprünglich geplanten Methoden kein funktionaler Zusammenhang ermittelt werden, da die dafür mindestens erforderlichen mehr als 250 kompletten Datensätze nicht zur Verfügung stehen. Zur Lösung dieses Problems werden zwei Ansätze verfolgt:

- » Die 49 Eingangsparameter zur Bestimmung der Komplexität können den Klassen: Fläche, Funktion, Timing, Performance, Leistung, Entwicklungstechnologie und Kommunikation zugeordnet werden. Unter der Annahme, dass eine Linearkombination dieser Klassen im Bezug auf den Entwicklungsaufwand existiert, können Subnetze identifiziert und trainiert werden. Damit sinkt die Anzahl der erforderlichen vollständigen Parametersätze.
- » Die Komplexität der Entwicklungsaufgabe wird für eindeutig identifizierbare Bereiche ermittelt, z. B. für das Layout eines digitalen Schaltungsteils. Dort liegen auch weitgehend vollständige Datensätze vor, die zwar als Vereinigungsmenge etwa 49 Eingangsparameter umfassen, in den Teilbereichen wie oben jedoch wesentlich dünner besetzt sind. Die Gesamtkomplexität der Entwicklungsaufgabe ergibt sich auch hier aus der Kombination aller Komplexitätsfunktionen. Da die Abfolge, Parallelität, und Abhängigkeit der Arbeiten durch die internen Prozesse festliegt, besteht die Erwartung, dass die Kombination zu einer Gesamtkomplexität möglich wird.

### Simulation

Es liegen erste Lösungsansätze vor, die in Kombination ein PRODUKTIV+-Gesamtsimulationssystem ermöglichen. Die Basis ist das PRODUKTIV+-Modell des Designsystems. Um dieses mit Leben zu füllen, wird von der Ontologie eine Instanz gebildet. Hierfür existieren bereits Prototypen, welche die komplexen Zusammenhänge innerhalb eines konkreten (firmenspezifischen) Designsystems darstellen und nur die relevanten Parameter zur Auswahl stellen. Erste Erfolge verzeichnet das Konsortium auch bei der Visualisierung der Ergebnisse, sowie der Einbettung von verschiedenen Berechnungs- und Einzelsimulationsmethoden. Für die Simulation werden drei Verfahren angewandt:

- » Der Design Project Character (DPC, Gesamtkomplexität der Designaufgabe) verfolgt eine schnelle, geschlossene und gesamthafte Berechnung der Entwicklungsaufgabe.
- » Petri-Netze, erweitert um eine Zeitkomponente, mit verschiedenen Marken und Konfliktlösungspotential stellen den zeitlichen Aspekt detailliert dar.
- » Ein Multi-Agentensystem, bestehend aus einer Gruppe individueller virtueller Agenten, die kollektiv ein Problem lösen, wird zur Simulation und

Optimierung eingesetzt. In PRODUKTIV+ wird ein Multiagentensystem eingesetzt, das Rollenbeschreibungen unterstützt und somit in der Lage ist, sich selbst zu regeln.

Ein bereits abgeschlossener PRODUKTIV+-Beitrag hat den Einfluss der technischen Kenngrößen des Designsystems, die unter anderem während der Synthese im Schaltungsentwurf erfasst werden, auf die Projektlaufzeit und damit einen Beitrag zu den finanziellen KPI eines Unternehmens dargestellt. Diese Darstellung ist Voraussetzung für die Beobachtung und Steuerung von Entwicklungsprozessen. Damit wird z. B. ein Projektleiter in die Lage versetzt, einzelne Designschritte kontinuierlich zu beobachten. So wird er durch diese Beobachtung in die Lage versetzt, ggf. Maßnahmen wie Prozess-Parallelisierung zu verwenden, um den gegebenen Zeitrahmen einzuhalten. Ein Beispiel ist in Abbildung 1.09 gegeben.

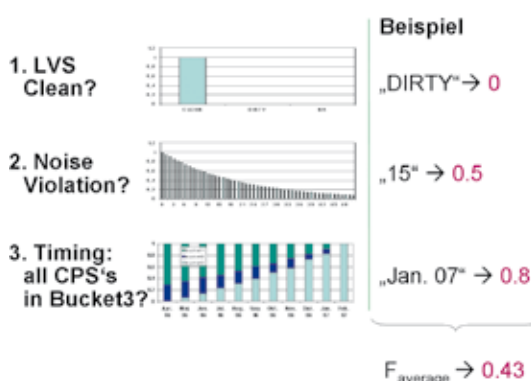


Abbildung 1.09: Beispiele für Entscheidungshilfen bzw. Algorithmen (Quelle: AMD)

Erläuterungen zu Abbildung 1.09:

#### LVS (Layout vs. Schematic)

Suche nach Unterschieden zwischen Transistor-Level-Schaltplan und Layout. Beispielsweise könnte der Fehler auftreten, dass Pins im Layout anders als die im Schaltplan verknüpft sind.

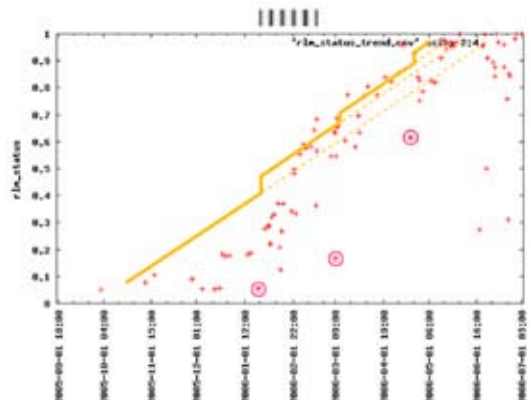
#### Noise Violation (Signalstörung)

Beispiel: Die Potentialänderung der Leitung A hat zu großen Einfluss auf die parallel verlaufende Leitung B, so dass Schaltfehler im Netz der Leitung B entstehen.

#### Timing

Einordnung des Critical Path Slack (CPS) in diskrete Wertebereiche (Buckets).

Grafisch sind in Abbildung 1.09 die Funktionen zur Bewertung von 3 technischen KPI „LVS Clean“, „Noise Violation“ und „Timing“ dargestellt. Die abgelesenen Werte werden in einer initial sehr einfach gehaltenen Gewichtungsfunktion Faverage, die das arithmetische Mittel über die Funktionswerte bildet, zu einem Bewertungsfaktor zur Ermittlung der Projektdauer (Design Closure) zusammengefasst. Der so prognostizierte Zeitverlauf ist in Abbildung 1.10 dargestellt.



**Abbildung 1.10:** PRODUKTIV+-Cockpit Einflussgröße –Trend on Design Closure (Quelle: AMD)

Die Knicke im Zusammenhang mit den markierten „Ausreißern“ im Zeitverlauf geben in der Analysephase Hinweise auf potentielle Störgrößen im Designsystem, die durch Back-Annotation auf die technischen Messgrößen in den Log-Dateien gezielt zur Optimierung des Designsystems eingesetzt werden.

### Validierung

Nach Abschluss der Arbeiten an den „Analyse- und Prognoseverfahren“ schließt sich eine Validierungsphase an. Die erarbeiteten Analyse- und Simulationsverfahren werden dann zu einem durchgängigen Flow zusammengefasst bzw. die Genauigkeit der Verfahren verglichen. Dabei wird davon ausgegangen, dass das entstehende System partnerspezifische Ausprägungen aufweisen wird. Ziel ist die Entwicklung eines umfassenden Referenzsystems, das standardisiert werden kann.

### Zusammenfassung

Das Projekt PRODUKTIV+ ist auf einem guten Weg, einen signifikanten Beitrag zur Transparenz des Wertes von EDA im Entwicklungsprozess für integrierte Schaltungen zu leisten. Die noch verbliebene Zeit wird insbesondere dazu genutzt werden, die Verfahren zur Analyse und Simulation prototypisch weiterzuentwickeln, einzusetzen und dadurch an realen Projekten zu validieren. Die so gewonnenen Erkenntnisse aus dem praktischen Einsatz dienen der Verfahrensoptimierung. Möglicherweise erfolgt während der Validierung eine Anpassung der Ontologie. Da Simulation und Analyse auf automatisierten Instanzierungsverfahren der Ontologie beruhen, sind keine Schwierigkeiten aufgrund von Modelländerungen zu erwarten.

Mit Ende des Projektes wird es möglich sein, Investitionen in Entwurfstechnologie dort vorzunehmen, wo der Nutzen maximal ist. Der Einsatz von Schaltungsentwicklern kann so effizient geplant werden, dass die Projektdauer minimiert wird. Darüber hinaus soll die Planungsqualität neuer Projekte entscheidend verbessert werden. Allgemein können die Entwurfsprozesse verbessert werden und Managemententscheidungen in wesentlich größerem Umfang auf der Grundlage

relevanter wirtschaftlicher Daten (z. B. ROI) durch die angestrebte Quantifizierung getroffen werden.

### Referenzen

- [1] Jürgen Alt, Andreas Vörg: „PRODUKTIV+: Referenzsystem zur Messung der Produktivität beim Entwurf nanoelektronischer Systeme“ (Projektkurzbericht), newsletter edacentrum, Ausgabe 01 2006, S. 10 ff, <http://www.edacentrum.de/projekte/files/produktiv+-pkb-012006.pdf>
- [2] International Business Strategies, Inc: „Analysis of the Relationship Between EDA Expenditures and Competitive Positioning of IC Vendors for 2003“ (Handel Jones Report), 2004, interner Bericht für edacentrum Mitglieder, [https://secure.edacentrum.de/mitglieder\\_intern/handel\\_jones\\_reports.html](https://secure.edacentrum.de/mitglieder_intern/handel_jones_reports.html).
- [3] International Business Strategies, Inc: „Analysis of the Relationship Between EDA Expenditures and Competitive Positioning of IC Vendors“ (Handel Jones Report), 2002, interner Bericht für edacentrum Mitglieder, [https://secure.edacentrum.de/mitglieder\\_intern/handel\\_jones\\_reports.html](https://secure.edacentrum.de/mitglieder_intern/handel_jones_reports.html).
- [4] Numetrics, Homepage <http://www.numetrics.com>
- [5] Richard Sohnius, Eyck Jentzsch, Wolf-Ekkehard Matzke: „Holonc Simulation of a Design System for Performance Analysis, IEEE HoloMAS 2007 – 3rd International Conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems in Regensburg, Deutschland, September 2007
- [6] Peter van Staa, Christian Sebeke: „Can Multi-Agents wake us from IC design productivity nightmare?“ (Keynote), IEEE HoloMAS 2007 – 3rd International Conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems in Regensburg, Deutschland, September 2007
- [7] Vadim Ermolayev, Wolf-Ekkehard Matzke: „Towards Industrial Strength – Business Performance Management“, IEEE HoloMAS 2007 – 3rd International Conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems in Regensburg, Deutschland, September 2007
- [8] Neele Hinrichs, Peter Leppelt, Erich Barke: „Building up a Performance Measurement System to Determine Productivity Metrics of Semiconductor Design Projects“, IEMC 2007 – 19th International Engineering Management Conference, GOLD track in Austin, Texas/USA, Juli 2007
- [9] Stefan Häusler (OFFIS), Frank Poppen, Sonja Preis (OFFIS), Kevin Hausmann (OFFIS), Wolfgang Nebel (OFFIS, Uni Oldenburg), Axel Hahn (OFFIS, Uni Oldenburg), Peter Leppelt (IMS), Amir Hassine (IMS), Erich Barke (IMS): „Modellierung von Kom-

### Kont@kt (PRODUKTIV+):

**Projektkoordination:**  
Infineon Technologies AG  
Frank Badstübner  
fon (0 89) 2 34 - 2 31 41  
[frank.badstuebner@infineon.com](mailto:frank.badstuebner@infineon.com)

**Projektmanagement:**  
edacentrum GmbH  
Dr. Andreas Vörg  
fon (05 11) 7 62 - 1 96 86  
[voerg@edacentrum.de](mailto:voerg@edacentrum.de)

plexität und Qualität als Faktoren von Produktivität in Design-Flows für integrierte Schaltungen“, eda-Workshop in Hannover, Deutschland, Juni 2007

- [10] Richard Sohnius, Vadim Ermolayev, Eyck Jentzsch, Wolf-Ekkehard Matzke: „An Approach for Assessing Design Systems: Design System Simulation and Analysis for Performance Assessment“, 9th International Conference on Enterprise Information Systems in Funchal, Madeira – Portugal, Juni 2007
- [11] Jürgen Alt: „Die Produktivität von Entwicklungsprojekten wird messbar“, Markt&Technik, Ausgabe 10 in Magazin, 9. März 2007
- [12] Amir Hassine, Markus Olbrich, Erich Barke: „Computer Aided HRM for the Semiconductor Industry: Limits and Perspectives“, Asian Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference (APIEMS) in Bangkok/Thailand, Dezember 2007
- [13] Peter Leppelt, Amir Hassine, Erich Barke: „An Approach to Make Semiconductor Design Projects Comparable“, Asian Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference (APIEMS) in Bangkok, Dezember 2007
- [14] W3C: „Ontology Web Language (OWL)“, <http://www.w3.org/TR/owl-features/>