

# Modellierung von Komplexität und Qualität als Faktoren von Produktivität in Design-Flows für integrierte Schaltungen

Stefan Häusler, Frank Poppen, Kevin Hausmann, Sonja Preis, Axel Hahn und Wolfgang Nebel  
OFFIS – Institut für Informatik, Oldenburg, Deutschland  
{haeusler | poppen | hausmann | preis | hahn | nebel}@offis.de

Peter Leppelt, Amir Hassine und Erich Barke  
Institut für Mikroelektronische Systeme, Universität Hannover, Deutschland  
{leppelt | hassine | eb}@ims.uni-hannover.de

## Kurzfassung

Im Rahmen des Projekts PRODUKTIV+<sup>1</sup>, welches zum Ziel hat, die Entwurfsproduktivität in der Halbleiterindustrie zu analysieren, zu messen und zu modellieren, um so die Produktivität in Entwicklungsprojekten planbar zu machen, fokussiert der vorliegende Artikel die Komplexität und Qualität eines Designs, die als Faktoren bei der Berechnung der Produktivität im Entwurf Integrierter Schaltungen anzusehen sind. Im weiteren Verlauf stellt die Arbeit Ansätze zur Modellierung und Erfassung der benötigten Informationen vor.

## 1 Einleitung

Durch die stetig voranschreitende Technologieentwicklung bietet die Nanoelektronik in den nächsten Jahren die Chance, immer mehr Funktionalität auf immer kleinerem Raum zu integrieren. Um dabei in der nächsten Dekade die durch die Fertigung mögliche Funktionsdichte auch kostengünstig in der Praxis umsetzen zu können, ist eine signifikante Steigerung der Produktivität beim Schaltungsentwurf notwendig [1]. Zur Verwirklichung des Ziels gilt es jedoch, diese zunächst bestimmbar zu machen („If you can't measure something, you can't understand it. If you can't understand it, you can't control it. If you can't control it, you can't improve it“ [2]).

Nach [3] stellt die Produktivität im Allgemeinen eine Mengenbeziehung dar, die sich aus dem Verhältnis von Output zu Input definiert. Diese Definition ist in der Literatur allgemein anerkannt. Der Input ist hierbei vergleichsweise einfach zu beschreiben, da er sich in Zeit- und Geldmitteln ausdrücken lässt. Die Herausforderung liegt in der Bestimmung des Outputs.

Es existieren verschiedene Möglichkeiten der Produktivitätsberechnung. Die Produktivität kann entweder nur unter Betrachtung der Designcharakteristika eines IC-Designs ermittelt werden, oder über die Beurteilung der Auslastung von Ressourcen (EDA-Werkzeuge, Rechner, Designer, etc.) [4]. Bei der Betrachtung des ersten Aspekts ist festzulegen, ob der geschaffene Mehrwert (unter Ausschluss von Intellectual Property, IP) oder der Endwert (Einbeziehen von IP) zu berücksichtigen ist. Die diesbezügliche Ent-

scheidung ist abhängig von individuellen Fragestellungen. Die Berechnung mehrerer Produktivitätskennzahlen ist daher denkbar.

Bekannte, bestehende Ansätze gibt es wenige. Ein kommerzielles Produkt, das sich mit der Produktivität beim IC-Design beschäftigt, wurde von Numetrics entwickelt [5]. Mit dieser Lösung ist nur eine nachträgliche Betrachtung des Designprozesses möglich. Weiterhin sind die Bewertungskriterien nicht offen gelegt und werden stetig verändert, wodurch eine Vergleichbarkeit zwischen Projekten, die zu verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt wurden, nicht möglich ist.

Hier setzt dieser Beitrag an. Ziel ist es, die Produktivität in unterschiedlichen Projekten vergleichen zu können. Zu diesem Zweck fokussiert sich der Beitrag auf die Produktivität unter Betrachtung der Designcharakteristika. Trotz der genannten, unterschiedlichen Möglichkeiten in der Produktivitätsberechnung, gehen wir in diesem Beitrag davon aus, dass zwei elementare Konzepte existieren, die stets bei der Berechnung des Outputs zur Bestimmung der Produktivität eines Designprozesses einfließen. Dieses sind Komplexität und Qualität der entwickelten integrierten Schaltung, welche im Folgenden als Design-Artefakt (DA) bezeichnet wird. Einzelne Teilkomponenten eines hierarchischen Designs werden ebenfalls als Design-Artefakt bezeichnet.

Unabhängig von der exakten Produktivitätsformel werden daher in diesem Beitrag Komplexität (Kapitel 2) und Qualität (Kapitel 3) definiert. Mit Hilfe einer Ontologie werden deren Eigenschaften und Parameter beschrieben (Kapitel 4). Da ein nicht zu unterschätzender Aufwand bei der Erfassung der Parameter zu

---

<sup>1</sup> Das Projekt PRODUKTIV+ (Förderkennzeichen: 01M3077) wird im Rahmen des Ekompas Förderkomplexes vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt..

erbringen ist, wird abschließend eine Methodik vorgestellt, wie diese automatisiert aus den Reports von EDA-Werkzeugen extrahiert werden können.

## 2 Komplexität

Um eine Produktivitätsgleichung für Designprojekte bzw. Designsysteme erstellen zu können, muss unter anderem ein technisches Äquivalent zum betriebswirtschaftlichen Output gefunden werden. Was wird in einem Designprojekt produziert? Diese Arbeit konzentriert sich ausschließlich auf die Entwicklung von mikroelektronischen Bausteinen und nicht auf deren Fertigung, so dass sich das Endprodukt üblicherweise in Layoutdaten (GDSII) oder anderweitiger Form (Netzlisten, RTL-Code...) darstellt.

Es wird also ein Maß benötigt, das das erstellte Produkt (und dessen Zwischenstadien während der Entwicklung) hinsichtlich des technischen Wertes beschreibt. Naheliegend ist hier die Komplexität.

Generell ergibt sich die Design-Artefakt-Komplexität (engl. Design Artifact Complexity, DAC) rein aus den technisch erfassbaren Eigenschaften des zu entwickelnden Produkts. Unberücksichtigt müssen Herstellung, ausführende Mitarbeiter und zeitliche Komponenten bleiben, um Ergebnisse verschiedener Projekte vergleichen zu können. Um auch Projekte abzudecken, die kein GDSII sondern anderweitige Formen zum Ziel haben, darf ferner die Abstraktionsebene des Design-Artefakts nicht betrachtet werden – die Komplexität ist über den gesamten Entwicklungsprozess hinweg konstant.

Die Implementationsart (full-custom, semi-custom, gate-array, etc.) beeinflusst zwar erheblich den Projektablauf, den Aufwand und auch die tatsächlich mögliche Performance, aber nicht die eigentliche Komplexität des Design-Artefakts. Ist ein Semi-Custom-Entwicklungsprozess möglich, wäre es hinsichtlich der Produktivität ungeschickt, stattdessen einen Full-Custom-Entwicklungsprozess anzustoßen. Die Herstellungsweise wirkt sich jedoch nicht auf die Komplexität des Endprodukts aus, da die erzielte Funktionalität, Zieltechnologie und die endgültige Abstraktionsebene in beiden Fällen gleich sind.

Die firmen- und projektspezifischen Größen beeinflussen lediglich die Fähigkeit des Designsystems, mit der zu erreichenden Komplexität fertig zu werden. Davon hängt zwar der Entwicklungsaufwand ab, jedoch nicht die Komplexität.

Sehr deutlich wird das an einem Beispiel: Intuitiv könnte man annehmen, dass die Komplexität eines Chips, der beispielsweise vor 20 Jahren entwickelt wurde, bei einer heutigen Neuentwicklung deutlich

geringer sei. Es ist zwar richtig zu sagen, dass mit der Zeit immer bessere Technologien und Software zur Verfügung stehen und auch mehr Wissen vorhanden ist, und es ist ebenso richtig zu sagen, dass die gleiche Funktionalität heute mit deutlich weniger Aufwand implementiert werden kann als vor 10 Jahren. Bei genauerer Betrachtung stellt man jedoch fest, dass dies nicht Teil der Komplexität sein kann – es würde sinnvolle Vergleiche von Designsystemfähigkeiten unmöglich machen. Die zu erwartende rapide Verringerung der Entwicklungszeit des Design-Artefakts von vor 20 Jahren auf heute wird üblicherweise auf veränderte Eigenschaften der Designer (mehr Wissen), der Software (bessere Algorithmen) und der Ressourcen (schnellere Rechner mit mehr Speicher) zurückzuführen sein. Will man nun das Designsystem heute und gestern vergleichen, muss die Komplexität unabhängig von diesen Größen gehalten werden. Eine geeignete relative Größe, die diese zeitlichen Veränderungen quantifiziert, könnte beispielsweise eine Art „Schwierigkeit“ des Designprojekts sein. Diese müsste die Randbedingungen eines Designsystems in Relation zur erzielten Komplexität stellen. Ein Ansatz dazu wird ebenfalls im Rahmen von PRODUKTIV+ entwickelt [5].

Ziel dieser Arbeit ist es, die Produktivität eines Projekts bzw. eines Designsystems zu messen – und diese ist unabhängig von einem speziellen Design-Artefakt.

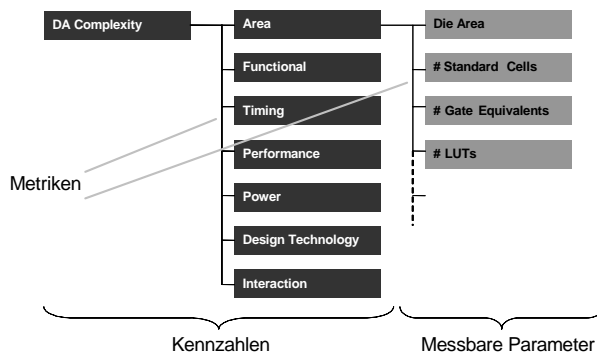
Es ergeben sich also folgende Anforderungen an die Design-Artefakt-Komplexität:

- Die DAC ist unabhängig vom Betrachter.
- Die DAC ist unabhängig von der Zeit.
- Ein DA kann auf unterschiedliche Weise umgesetzt (implementiert) werden (z.B. hierarchisch oder flach, Verwendung von IPs, unterschiedliche Designprozesse, ...). Die konkrete Umsetzung ist nicht Bestandteil des DA und ist damit keine wesentliche Größe der DAC.
- Unterschiedliche Implementierungen resultieren nicht in unterschiedlichen DAC. Die DAC ist unabhängig vom der aktuellen Abstraktionsebene des DA. Eine RTL-Repräsentation eines bestimmten DAs hat die gleiche DAC wie seine GDSII-Repräsentation.

Es wurde eine Anzahl von sog. Indikatoren definiert, die Einflussgrößen auf die Komplexität zusammenfassen. Diese Einflussgrößen wurden in Zusammenarbeit mit Entwicklern der Partnerfirmen AMD, Bosch, Cadence und Infineon ermittelt und erfüllen so weit wie möglich die o.g. Anforderungen. Die Einflussgrößen (also im Designsystem messbare Parameter) werden über Berechnungsvorschriften (Metriken) mathematisch miteinander in Beziehung gebracht und

zu Kennzahlen (Indikatoren) zusammengefasst. Diese Indikatoren bilden gemeinsam in Form eines Vektors die DAC, wie in Bild 1 dargestellt.

Zudem befindet sich derzeit ein weiterer Indikator in Bearbeitung, der den Abstand des Design-Artefakts



**Bild 1** Komplexitätsvektor

zur Technologiegrenze beschreiben wird. Je näher man der technologischen Grenze kommt (beispielsweise die mit der Zieltechnologie maximal erreichbare analoge Bandbreite), desto schwieriger und langwieriger wird der Designprozess und desto größer somit die Designleistung. Derzeit wird geprüft, ob solche Technologiegrenzen in einem eigenen Indikator oder als Subset der anderen beschrieben werden.

### 3 Qualität

Neben der DAC wird als Bewertungskriterium für das Chipdesign auch die erreichte Design-Artefakt-Qualität (DAQ) bewertet. Ausgangspunkt der Qualitätsbetrachtung für die Domäne des Chip-Designs ist das verbreitete Qualitätsverständnis, wie es beispielsweise auch in der ISO 9000-2005 formuliert ist. Qualität ist „der Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt.“ Dabei ist ein Merkmal eine „kennzeichnende Eigenschaft“ und eine Anforderung, die „Erfordernis oder Erwartung, das oder die festlegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist.“

Anders als der Komplexitätsbegriff, der in dieser Arbeit als konstant über Zeit und Betrachter definiert wird, ergibt sich der Qualitätsbegriff erst durch einen zugrundeliegenden Bewertungsmaßstab in Form von Anforderungen an das Design-Artefakt. Die Qualität ist daher immer im Kontext einer Spezifikation zu betrachten.

Die Anforderungen an das Design-Artefakt lassen sich in zwei Kategorien unterteilen, die technischen und die nichttechnischen Anforderungen. Diesem Umstand folgend wird in dieser Arbeit ebenfalls eine Zweiteilung des Qualitätsverständnisses in eine tech-

nische Qualität und eine nichttechnische Qualität eingeführt. Das Qualitätsverständnis insgesamt ist demnach stark projektabhängig und wesentlich schwieriger quantifizierbar als die Komplexität. Im ersten Ansatz kann die technische Qualität, nach genannter ISO Definition betrachtet, näherungsweise als Binärwert angesehen werden. Die technische Qualität ist erreicht (,1' oder 100 %), wenn die Spezifikation erfüllt ist und null (,0' oder 0 %), wenn nicht. In der Praxis ist diese Aussage jedoch nur schwer zu konkretisieren, da Spezifikationen in der Regel nicht formal formuliert sind und damit Raum für Interpretationen und Unvollständigkeit lassen. Die Beweisführung, ob ein Design-Artefakt eine Spezifikation erfüllt, ist daher in den meisten Fällen nicht möglich und es kann keine Binäraussage getroffen werden. Das Verständnis der Qualitätsdefinition muss daher, analog zum Vorgehen der Modellierung des Komplexitätsverständnisses, durch auswertbare Indikatoren ergänzt werden.

Die betrachteten Indikatoren sind im Wesentlichen dieselben und damit ebenso erfassbar, wie die der Komplexität. Allerdings kann aus diesen Werten keine allgemeingültige Aussage bezüglich der Qualitätsbewertung getroffen werden. Beispielsweise führt mehr Funktionalität zu einer größeren Komplexität, während für maximale Qualität nur eine projektbedingte, genau festgelegte Menge an Funktionalität ausschlaggebend ist. Wurde die erforderliche Funktionalität nicht komplett implementiert, ist die Qualität gering oder null. Eine zusätzliche Funktionalität wird nicht benötigt und erbringt damit keine weiteren Vorteile in der Qualität, so dass sich eventuell sogar die Qualität reduziert.

Zur Bestimmung der erreichten technischen Qualität werden die aus den im Designprozess erfassbaren technischen Indikatoren wie Zuverlässigkeit/Vertrauen (MBF/MTF, Test Coverage, ...), Performanz (Operationen/Sekunde, ...), Verlustleistung (dynamisch, statisch, ...), Funktionalität (Anzahl implementierter Eigenschaften), Fertigung (Yield, ...) und Flexibilität (Standards, Anzahl möglicher Applikationsdomänen) mit den nach Spezifikation erwarteten Werten als Bewertungsgrundlage verglichen.

Die Stückkosten oder allgemein Kosten werden bei der Qualitätsbestimmung nicht mit einbezogen. Es sei aber angemerkt, dass der Preis indirekt dennoch die technische Qualität beeinflusst, da sich die Kosten direkt aus den Parametern wie Chipfläche, Testdauer, Yield, etc. ableiten, die bereits in die Qualität einfließen. Ist der Stückpreis als eine Anforderung in der Spezifikation explizit aufgeführt, fließt er als erwartete Eigenschaft direkt in die Qualitätsbestimmung ein und schränkt dazu den Rahmen für die oben genannten Parameter ein.

Qualität kann aus verschiedenen Sichten betrachtet werden. So existiert neben der technischen auch eine nichttechnische Qualität, welche das Design-Artefakt aus Kundensicht („*Quality consists of the capacity to satisfy wants*“ [7]) betrachtet. Ein wesentlicher Faktor ist diesbezüglich das „Vertrauen“ des Kunden, das in ein Design-Artefakt gesetzt wird. Hierunter kann beispielsweise erfasst sein, wie groß die Stückzahl oder der Marktanteil einer integrierten Schaltung ist. Einem Produkt, welches bereits millionenfach verbaut wurde, dürfte von einem subjektiven Betrachter mehr Vertrauen entgegen gebracht werden, als ein neu am Markt positioniertes. Einflussfaktoren sind hier die Marktwahrnehmung des Kunden, beeinflusst durch Marketing, Seriosität und (Haftungs-) Garantien des Anbieters oder auch Kosten. Dieser Qualitätsaspekt ist erst nach der Finalisierung eines Design-Artefakts bestimmbar, nicht konstant und damit von den technischen Eigenschaften des Design-Artefakts komplett losgelöst. Die nichttechnische Qualität kann damit bestenfalls für eine nachträgliche Betrachtung von Projekten herangezogen werden, weshalb sie bei der Produktivitätsbestimmung nicht berücksichtigt wird.

## 4 Ontologierepräsentation

Zur Modellierung der oben vorgestellten Konzepte wurden auf Grund der Vielfältigkeit der Interpretationsmöglichkeiten der Begriffe Qualität und Komplexität Ontologien verwendet. Ontologien dienen dazu, Wissensgebiete in einer formal festgelegten und maschinenlesbaren Art zu beschreiben. Sie sind „formale, explizite Spezifikationen einer geteilten Konzeptualisierung“ [8] Sie abstrahieren von Technologien, Datenstrukturen, Architekturen oder Anwendungen [9] und eignen sich zur Abbildung einer Semantik sowie unterschiedlicher Sichten auf die Informationen. Daher wurden die Konzepte Qualität und Komplexität in Ontologien modelliert und so eine spätere Nutzung der Modelle im Praxiseinsatz ermöglicht.

### Das Indikatorenprinzip

Um dem vielschichtigen Wesen von Designartefakteigenschaften, wie etwa Komplexität und Qualität, Rechnung zu tragen, definiert der Ansatz zur Ontologiebildung den bereits mehrfach genannten Begriff des Indikators. Indikatoren geben Auskunft über die Wertigkeit einer aggregierten, fokussierten Eigenschaft eines Artefakts. So wäre beispielsweise ein Performanzindikator denkbar, der einem Chip Werte für die verschiedenen Aspekte der Geschwindigkeit zuordnet.

In der Umsetzung als Ontologie spiegelt sich dieser Ansatz zunächst in der Definition eines Konzepts

Indicator wider. Dieses bildet die Wurzel einer Taxonomie von Indikatoren, die auf die Widerspiegelung von Designartefaktkomplexität, -qualität oder beidem abzielen. Die eigentlichen Werte, die später Grundlage für Metriken und Kennzahlen bieten, werden als Eigenschaften der Indikatoren definiert. Im Kontext des ebenfalls in PRODUKTIV+ entwickelten Design Process Character (DPC) [5] heißen diese Eigenschaften Parameter. Entlang der Art, in der Parameter mit ihrer Wertigkeit verknüpft sind, lassen sich verschiedene Typen von Parametern unterscheiden:

- *Attributparameter*, deren Wertigkeit sich in einem skalaren Wert ausdrücken lässt. Ein Beispiel für einen Attributparameter ist „Die Area“ in  $\mu\text{m}$  als Teil des Indikators AreaIndicators. Hier besteht die Möglichkeit, Werte als Optionen vorzudefinieren.
- *Instanzparameter*, deren Wertigkeit in einer Ontologie durch zusätzliche Instanzen weiter modelliert wird. So kann der PowerIndicator mehrere PowerMode Instanzen besitzen. Das zugehörige Konzept besitzt selbst wieder mehrere Attributparameter (leakage-, peak-, average-power)

### Verknüpfung der Indikatoren mit Artefakten

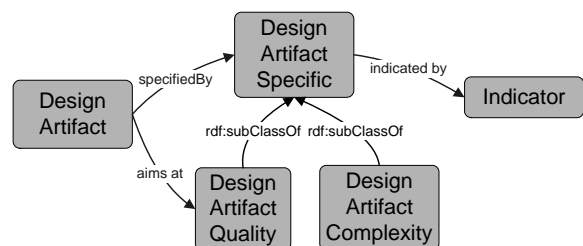


Bild 2 Struktur der Ontologie

Instanzen des Konzepts Indicator mit Parametern für ein bestimmtes Artefakt werden von einer Instanz des Komplexitäts- bzw. Qualitätskonzepts gebündelt und über diese mittelbar verknüpft. Wie in Bild 2 dargestellt, können Indikatoren mit der indicatedBy Relation an Komplexitäten oder Qualitäten gebunden werden. Diese sind ihrem Artefakt wiederum über funktionale specifiedBy Relationen zugeordnet.

Ob eine DesignArtefactSpecific Instanz die Komplexität oder die Qualität eines Design-Artefakts beschreibt, wird dabei durch eine Restriktion, eine logische Regel festgelegt. Nur wenn eine DesignArtefactSpecific Instanz mit einer bestimmten Menge an Indicator Instanzen verbunden ist, entspricht sie einer Qualitäts- bzw. Komplexitätsbeschreibung und ist damit eine Instanz von DesignArtefactQuality bzw. -Complexity.

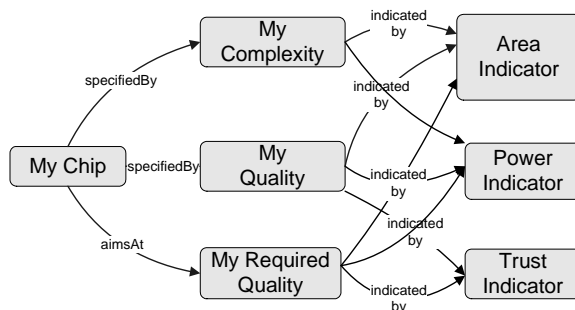
Eine weitere Relation ist aimsAt und verbindet ein Design-Artefakt mit einer Instanz von DesignAr-

tefactQuality zur Beschreibung der Soll-Qualität. Die Indikatoren und Parameter der Soll-Qualität dienen zum Abgleich mit dem aktuellen Stand im Projekt und ermöglichen damit die Qualitätsberechnung im Sinne der Spezifikationserfüllung.

Indikator	Beispielparameter	Bereich
Area	Die-Area	DAC
Functional	Number of Registers	DAC, DAQ
Timing	Number of Clock Domains	DAC
Performance	Operations per Second	DAC, DAQ
Power	Average Power Leakage Power	DAC, DAQ
Design Technology	Implementation Design Style	DAC
Interaction	Number of Digital Interfacing Signals	DAC
Produce-ability	Yield	DAQ
Flexibility	Implemented Standards	DAQ
Trust	Test Coverage	DAQ

**Tabelle 1** Übersicht Indikatoren

Neben den dargestellten Konzepten bleibt die oben beschriebene Taxonomie unterhalb von Indicator erhalten. Eine mögliche Erweiterung der Ontologie ist die Einführung abgeleiteter Konzepte unter DesignArtifactQuality und DesignArtifactComplexity, die sich Typen von Designartefakten widmen. So lässt sich in der Ontologie festlegen, dass zum Beispiel ein Dokument andere Qualitätsindikatoren verlangt als ein funktionaler Block.



**Bild 3** Beispielinstanzen

Zur weiteren Illustration der Struktur zeigt Bild 3 einen Ausschnitt einer beispielhaften Instanzebene der Ontologie, in der mögliche Ausprägungen der Kon-

zepte aus Bild 2 skizziert sind. Repräsentiert ist eine Instanz von DesignArtifact „My Chip“, die mit Hilfe der entsprechenden Relationen zu Instanzen von Komplexitäts- und Qualitätsdefinitionen verbunden ist. Diese zeigen ihre Wertigkeiten wiederum durch die Kombination von Indikatoren an, auf die sie verweisen. Tabelle 1 zeigt alle bisher modellierten Indikatoren mit einigen Beispielparametern und dem Einflussbereich des Indikators.

## 5 Datenerfassung

Eine der Herausforderungen bei der Berechnung von Komplexität und Qualität ist die Erfassung der notwendigen technischen Parameter. Inhalt dieses Abschnitts ist die Beschreibung einer Methode zur automatischen Durchführung dieser Aufgabe.

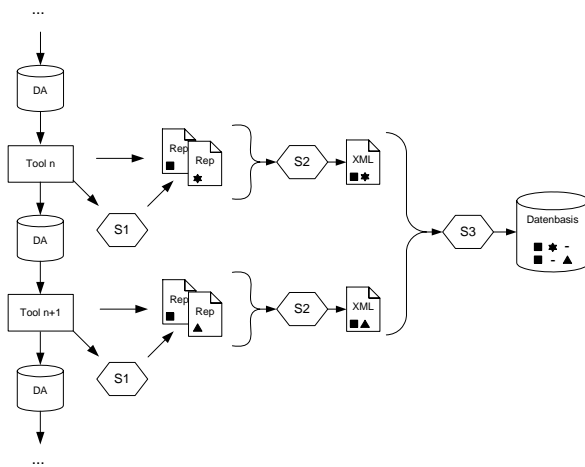
Innerhalb des Chip-Designs finden eine Vielzahl von EDA-Tools für die verschiedenen Schritte des jeweiligen zu Grunde liegenden Design-Flows (z.B. Synthese, Place & Route, Layout) Anwendung. Diese Werkzeuge erzeugen nach jedem Arbeitsschritt Reports mit Informationen zu technischen Parametern des betreffenden Design-Artefakts und können daher als Quelle bei der Erfassung herangezogen werden. Nach Abschluss der automatischen Erfassung stehen die Daten zur weiteren Verarbeitung in einer gemeinsamen Datenbasis zur Verfügung

Eine Schwierigkeit der Aufgabe besteht darin, dass jedes Tool Reports in einem eigenen Format erzeugt. Die Form der Ausgabe ist meist für den menschlichen Betrachter konzipiert. Eine formatierte Ausgabe (z.B. XML), die die Weiterverarbeitung der Reports vereinfacht, ist meist nicht vorgesehen.

Auf Grund der Menge an EDA-Werkzeugen und ständig wechselnder Formate, besteht ein großer Aufwand in der Erstellung und Pflege von Skripten zum Filtern der Reports. Ziel der hier vorgestellten Methode ist es daher, die enthaltene Logik der Skripte zum Auslesen der technischen Daten möglichst gering zu halten, d.h. die Implementierung auf diese Aufgabe zu beschränken. Je mehr Verarbeitungslogik standardisiert und nicht in werkzeug-spezifischen Skripten durchgeführt wird, desto handhabbarer sind Pflege und Erstellung von werkzeug-spezifischen Skripten.

Den Anforderungen entsprechend unterscheidet die vorgestellte Methodik (siehe Bild 4) in werkzeug-spezifische S2-Skripte, sowie in ein oder mehrere standardisierte S3-Skripte. Die S2-Skripte schreiben die aus den Reports ausgelesenen technischen Parameter in ein standardisiertes XML Format. S3 Skripte führen gewünschte Weiterverarbeitungen der in XML

hinterlegten technischen Parameter durch und speichern diese in der dafür vorgesehenen Datenbasis.



**Bild 4** Ablauf der Datenerfassung

Durch die Verwendung von XML als Standardformat bietet sich das eXtensible Stylesheet Language Transformation Framework (<http://www.w3c.org/xslt>) – kurz XSLT – für die Implementierung der S3 Skripte an. Mit XSLT ist es möglich, abstrakte Transformationsregeln festzulegen, die ein XML Dokument in ein anderes Format umformen. Bei der Verwendung einer Datenbank als gemeinsame Datenbasis ist z.B. eine Transformation der Inhalte der XML Dateien in eine äquivalente SQL-Anweisung möglich.

Parameterdaten können auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen bzw. nach bestimmten Tasks (Synthese, Place & Route) zu verschiedenen Zeitpunkten erzeugt werden. Um Iterationen und Entwicklungsverlauf nachvollziehen zu können, ist es notwendig, Parameterwerte mit den beiden Informationen Task und Zeitpunkt in der Datenbasis zu hinterlegen.

Zusätzlich zu S2- und S3-Skripten ist es eventuell notwendig, die in Bild 4 dargestellten S1-Skripte zur nachträglichen Generierung von Reports einzusetzen, wenn die Generierung bestimmter Reports im Design-Flow nicht vorgesehen ist. Ein Nachteil dieser Skripte ist aber, dass sie Rechen- und Lizenzkosten verursachen, da EDA-Werkzeuge nur zu diesem Zweck gestartet werden müssen. In einem optimalen Szenario sind sie daher nicht vorgesehen.

## 6 Schlussfolgerung

Mit dem Ziel die Produktivität von Designprozessen zu messen, wurden in diesem Beitrag die zwei Konzepte Komplexität und Qualität definiert und in einer Ontologie modelliert. Dabei wurden verschiedene Indikatoren und Parameter ermittelt, die Einfluss auf die

beiden Konzepte haben. Durch die Modellierung ist es gelungen den Output - das entstehende Design – anhand verschiedener technischer Parameter gebündelt in Komplexität und Qualität zu beschreiben.

Mit dem Ziel eine oder mehrere Produktivitätskennzahlen zu ermitteln, wird für die Berechnung von Komplexität in zukünftigen Arbeitsschritten Metriken entwickelt, die die Parameter gewichten und miteinander in Beziehung bringen. Zu diesem Zweck werden bei den Partnern Daten von Projekten entsprechend unserer Parameterliste sowie die tatsächlich benötigten Entwicklungsdauern gesammelt. Data-Mining soll Aufschluss über die Zusammenhänge der einzelnen Parameter untereinander geben. Die so gefundenen Gleichungen werden wiederum bei den Partnern an der Realität getestet und ggf. korrigiert.

Für die Berechnung der Qualität eines Design-Artefakts wird im Verlauf des Projekts eine formale Beschreibungsmöglichkeit für Anforderungen und Spezifikationen entwickelt, die es durch den Abgleich mit dem Ist-Zustand eines Design Artefakts ermöglicht, einzelne Spezifikationserfüllungsgrade und daraus einen aggregierten Qualitätswert zu berechnen.

## 7 Literatur

- [1] International Technology Roadmap for Semiconductors, 2005
- [2] Harrington, H.J.: "Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Quality, Productivity, Competitiveness", McGraw-Hill Professional, 1991
- [3] Rehäuser, J.: "Prozessorientiertes Benchmarking im Informationsmanagement", Deutscher Universitäts-Verlag, 2002
- [4] Solka, M.; Srinivasan, R.: "Measuring and Improving IC Design Productivity". Synopsys White Paper, 2006
- [5] Numetrics Management Systems: "Measuring IC and ASIC Design Productivity". White Paper submitted to the Fabless Semiconductor Association (FAB), Santa Clara, CA, 2000
- [6] Leppelt, P.; Hassine, A.; Barke, E.: "An Approach to Make Semiconductor Design Projects Comparable". Asian Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, 2006
- [7] Edwards, C.D.: "The Meaning of Quality". Quality Progress, 1968
- [8] Gruber, T.R.: A translation approach to portable ontologies. In: Knowledge Acquisition, 5(2), 1993: S. 199-220.
- [9] Angele, J.; Nierlich, A.: "Semantic Business Integration – Speed Up your Processes", Ontoprise Whitepaper Series, 2003