

35 Jahre MPC-Gruppe – Eine Zeitreise

Gerhard Forster

Zusammenfassung—Die Multiprojekt-Chip-Gruppe (MPC-Gruppe), ein Verbund von 13 Fachhochschulen in Baden-Württemberg, die sich mit dem Entwurf integrierter Schaltungen befassen, wurde im Jahr 1988 gegründet. Anlässlich des 35. Jahrestages wirft dieser Beitrag einen Blick zurück auf die Entstehungsgeschichte und die erzielten Ergebnisse. Er beleuchtet darüber hinaus die aktuelle Entwicklung des globalen Halbleitermarkts und versucht, daraus Antworten auf Fragen der Zukunft der MPC-Gruppe abzuleiten.

Schlüsselwörter—Multi-Projekt-Chip-Gruppe, Entstehungsgeschichte, Mikroelektronik, Chip-Entwurf.

I. EINLEITUNG

Mikroelektronik ist heute allgegenwärtig und bestimmt in hohem Maße die weitere Entwicklung unserer Informationsgesellschaft. Ihre globale Bedeutung wird inzwischen auch von führenden Vertretern großer Volkswirtschaften hervorgehoben. So betonte Margrethe Vestager, Executive Vice President der EU anlässlich einer Ansprache am 8. Juni 2023: „Microchips are the backbone of innovation and of Europe’s industrial competitiveness in a digital world“ [1]. In den vergangenen Jahrzehnten wurde dies nicht immer so deutlich formuliert. Umso höher sind die Bemühungen der ehemaligen Professoren Schmidt und Führer zu bewerten, im Jahre 1988 einen Verbund der baden-württembergischen Fachhochschulen zu begründen, der die Einführung der Mikroelektronik in die Lehre zum Ziel hatte. So entstand die MPC-Gruppe mit 13 Fachhochschulen, die, gefördert durch das Land Baden-Württemberg, in die Lage versetzt wurden, nicht nur Grundlagen zu lehren, sondern mit neuester Entwurfstechnologie und weltweitem Zugang zu Halbleitertechnologien komplette Chip-Designs umzusetzen. Abbildung 1 zeigt beispielhaft das Ergebnis einer solchen Arbeit, einen 10 bit-A/D-Umsetzer als typisches Standard-Produkt [2], dargestellt im Größenvergleich.

35 Jahre sind mehr als eine Menschheitsgeneration, und so stellt sich die Frage: Ist das, was sich die Gründer der MPC-Gruppe gedacht hatten, heute überhaupt noch zeitgemäß? Oder profitieren wir einfach heute noch davon, dass damals gerade mal Finanzmittel verfügbar waren? Dieser Beitrag soll darauf Antworten geben und zeigen, dass der Weg auch damals nicht einfach war. Nach einem Blick auf die Situation der

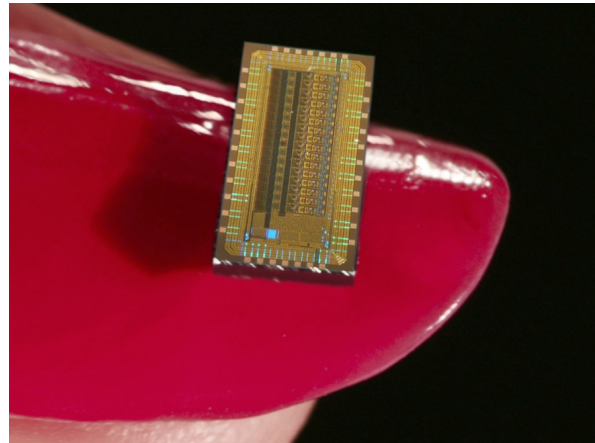


Abbildung 1. Chipfoto eines 10-Bit-A/D-Umsetzers (Sukzessiv-Approximationsverfahren) in 0.35 µm CMOS-Technologie im Größenvergleich mit einem kleinen Fingernagel. Die Chipfläche beträgt $3,8 \times 1,9 \text{ mm}^2$.

Halbleiterelektronik vor 1980 wird der Entstehungsprozess der MPC-Gruppe kurz nachgezeichnet. Mit Daten und Fakten wird ihre Entwicklung über die Jahre gezeigt. Zum Schluss soll die aktuelle Situation beleuchtet werden mit dem Versuch, daraus einen Ausblick auf die weiteren Chancen der MPC-Gruppe abzuleiten.

II. HALBLEITERELEKTRONIK VOR 1980

Begonnen hatte alles 1958, also 10 Jahre nach der Erfindung des Transistors durch Shockley, Bardeen und Brattain, mit einem Patent von Jack Kilby, Texas Instruments, der Transistor, Widerstand und Kondensator erstmals auf gleichem Halbleitermaterial, damals noch Germanium, realisierte [3]. Bereits ein Jahr später erschien ein Patent von Robert Noyce, Mitbegründer von Fairchild, das allgemein als Nachweis für den ersten Chip in Si-Planartechnologie gilt [4]. Dieses Patent war auch Grundlage für den ersten integrierten Schaltkreis, ein S/R-Flipflop in RTL-Logik, der von Fairchild ab 1961 kommerziell vertrieben wurde. Er markierte den Beginn der kommerziellen Erfolgsgeschichte und läutete die atemberaubende Entwicklung ein, die bereits 1965 Gordon Moore, ebenfalls Mitbegründer von Fairchild und später Intel, zu der Projektion veranlasste, die später als „Moore’sches Gesetz“ in die Geschichtsbücher eingehen sollte.

In Deutschland war der Elektronikmarkt, zumindest bis ins Jahr 1975, noch fest in der Hand von renommierten Unternehmen wie AEG-Telefunken, Bosch,

SEL oder Siemens, aber auch von bedeutenden Mittelständlern wie Grundig, mit typischen Produkten für die Telekommunikation (Telefon, Funknetze), die Unterhaltungselektronik (Fernsehen, HiFi) und die Verteidigungstechnik. Der Schaltungsentwurf erfolgte häufig noch experimentell auf dem Breadboard, gestützt auf Transistor-Datenbücher im Analogen oder das allgegenwärtige „TTL-Kochbuch“ im Digitalen [5]. Wissensbasis waren die Grundlagenkenntnisse aus der Hochschule, ergänzt um Kenntnisse in Boole'scher Algebra und Halbleiterelektronik, meist beschränkt auf den Transistor als linearen Vierpol. Die großen Unternehmen verfügten allerdings bereits über „Großrechner“, in der Regel Eigenprodukte, die sie selbst auf den Markt brachten, wie z.B. den TR 440 von AEG-Telefunken [6]. Mit unternehmenseigenen Programmen, geschrieben in Fortran, waren damit bereits Logikanalyse und vereinfachte Simulation analoger Schaltungen möglich. Schaltplaneingabe und Simulatorsteuerung erfolgten aber noch mit Lochkarten. Damit war kaum mehr als ein Rechnerlauf am Tag möglich und die Produktivität entsprechend gering.

Noch bis um das Jahr 1980 stand Deutschland unter dem Einfluss der Ölkrise 1973/74, die einen Anstieg der Ausgaben für die Energieimporte auf das 2^{1/2}-fache binnen eines Jahres auslöste. Dies führte erstmals nach der Währungsreform zu Inflation, gefolgt von Arbeitskämpfen und Lohnerhöhungen über der Produktivitätssteigerung. Die weiteren Folgen waren mangelnde Wettbewerbsfähigkeit, wirtschaftliche Rezession und schließlich beängstigende Arbeitslosenzahlen (1975 nahezu 5%, 1985 über 9%) [7]. Dies also waren die technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen vor Gründung der MPC-Gruppe.

III. ENTSTEHUNG DER MPC-GRUPPE

Reiner Hartenstein, Professor an der Universität Kaiserslautern, hielt nach seiner Rückkehr von einer Gast-Professur 1981 an der CU Berkeley einen denkwürdigen Vortrag anlässlich eines Institutsjubiläums in Karlsruhe. Er berichtete von der rasanten Entwicklung der Mikroelektronik im Silicon Valley und sah die Gefahr, dass wir in Deutschland von der sich abzeichnenden VLSI-Revolution komplett abgehängt werden. Um dem zu begegnen, mahnte er dringend an, die Mikroelektronik in der Lehre der Elektrotechnik und Informatik zu verankern. Es gelang ihm daraufhin, ein großes BMBF-Projekt, das Projekt E.I.S. (Entwurf Integrierter Schaltungen) auf den Weg zu bringen. Ziel dieses Projekts mit der Laufzeit von 1983 bis 1987 war die Einführung der Mikroelektronik in der akademischen Lehre, insbesondere die Durchsetzung einer neuen Disziplin „Entwurf Integrierter Schaltungen“, auch unter Loslösung von der Mikroelektronik-Technologie. Dieses Konzept geht auf Carver Mead, Professor am CalTech zurück [8]. Mitglieder des Projekts, Vorläufer des mächtigen EU-Projekts Eurochip,

waren 20 Universitäten. Mitglied wurde allerdings auch eine Fachhochschule, die FH Furtwangen mit Prof. Schmidt. Ihm schlossen sich 1984 die Kollegen Prof. Führer von der FH Ulm und Prof. Kampe von der FH Esslingen an, wenn auch ohne Mittelzuteilung [9]. Damit waren neben den Universitäten drei Fachhochschulen, alle aus Baden-Württemberg, unter den Mitgliedern. Dies war Anlass für das MWK in Baden-Württemberg, Anfang 1985 in Furtwangen anzufragen, inwieweit die Hartenstein-Thesen auch an den hiesigen Fachhochschulen umgesetzt werden könnten, und es war der erste Meilenstein hin zur MPC-Gruppe. Aber es sollten noch viele Meilensteine folgen.

Am 08.05.1985 fand auf die Bitte der FH Furtwangen hin ein Gespräch im MWK über den Strukturwandel durch die Mikroelektronik und die daraus resultierenden Anforderungen an die Lehre statt. Prof. Schmidt legte am 26.05.1985 ein Konzept vor, das die Einrichtung eines Modellstudiengangs Mikroelektronik in Furtwangen unter Einbezug der anderen Fachhochschulen in Forschung und Lehre zum Inhalt hatte. Die Erörterung des Konzepts fand am 21.11.1985 im MWK statt. Seitens des Ministeriums wurde Zustimmung signalisiert, allerdings unter der Voraussetzung der finanziellen Beteiligung des Bundes am Studiengang. Am 11.07.1986 fand ein Meeting der Kollegen aus Furtwangen, Ulm, Esslingen, Aalen, Offenburg und Mannheim statt, das die Bildung eines Verbundes der Hochschulen unter Einbezug lokaler Halbleiterhersteller zum Ziel hatte. Das Institut für Mikroelektronik Stuttgart (IMS) hatte digitale Multiprojekt-Chips in Aussicht gestellt (Digital-Array CMOS 3 µm), AEG-Telefunken analoge Multiprojekt-Chips (Bipolar-Array). Das Konzept wurde am 22.10.1986 im MWK vorgestellt und am 20.11.1986 wurde der Verbund konstituiert mit Prof. Schmidt als Vorsitzendem. Bereits im Jahr darauf wurden erste Entwürfe mit IMS wie auch mit AEG-Telefunken realisiert, und so fanden am 01.12.1987 abschließende Gespräche im Ministerium statt. Hier wurde auch erstmals der Name „Multi-Projekt-Chip-Verbund“ benannt. Doch am 21.12.1987 sagte der Bund die Beteiligung am Modellstudiengang in Furtwangen ab! Der Studiengang war aber wesentlicher Teil des Konzepts. Damit war das ganze Konzept im Grunde gescheitert, und das Projekt E.I.S. lief zum Jahresende aus.

Um die drohende Depression abzuwenden, wurde intensiv nach Lösungen gesucht. Schließlich erklärte sich das MWK Anfang 1988 bereit, auch den Bundesanteil für Furtwangen zu übernehmen, und so konnten verbleibende Fragen zu Finanzierung, Verwaltung und Nachweisen (Workshops) geklärt werden. Die „MPC-Gruppe“ ging an den Start mit Prof. Schmidt als erstem Sprecher. Die Fachhochschulen Aalen, Albstadt-Sigmaringen, Konstanz, Pforzheim und Reutlingen schlossen sich sogleich an; die übrigen Fachhochschulen sollten bald folgen. Die MPC-Gruppe

war also alles andere als ein Selbstläufer und der Erfolg nur wenigen zu verdanken. Es sind insbesondere die Herren Guntermann vom MWK sowie Schmidt und Führer seitens der Hochschulen, die mit Mut, Weitsicht und unermüdlichem Einsatz zum Entstehen beigetragen haben.

IV. DATEN UND FAKTEN

Von entscheidender Bedeutung für eine nachhaltige Entwicklung der Gruppe waren die erfolgreichen Verhandlungen über die Mittelausstattung gleich zu Beginn. In einer ersten Investitionsrunde, beginnend 1988, konnten alle Mitgliedshochschulen im Rahmen von HBBG-Anträgen mit professioneller Rechnerhardware ausgestattet werden. Es handelte sich dabei um neuartige Grafik-Workstations der Fa. Apollo (Massachusetts), ergänzt um Peripheriegeräte und bauliche Infrastruktur (z.B. Raumklimatisierung). Prof. Führer hatte hierzu ein Rahmendokument ausgearbeitet, das die übrigen Hochschulen als Vorlage für ihre individuellen Anträge nutzen konnten. Es folgte eine zweite Runde ab 1994 mit neuen, leistungsfähigeren Workstations der Fa. HP, die inzwischen Apollo übernommen hatte. Die beiden Runden hatten ein Investitionsvolumen von jeweils ca. 5 Mio. DM. Ab 2002 schloss sich noch eine dritte Runde mit einem Investitionsumfang von 1,3 Mio. EUR an, bei der erstmals auf ein Client-Server-Konzept der Fa. HP umgestellt werden konnte. Weitere Großgeräteanträge kamen leider nicht mehr zustande, und so war danach erfolgreiches Arbeiten vor allem dem Verfall der Rechnerpreise zu verdanken. Ganz entscheidend aber war die erfolgreiche Beantragung gleich zu Beginn der laufenden Mittel für Hardware (Wartung) und Software (Lizenzen) sowie Chipfertigung. Somit beläuft sich die Gesamtförderung bis heute (inflationbereinigt) auf über 15 Mio. EUR. Die Mittel werden nach wie vor von der Haushaltsstelle der THU bewirtschaftet.

Natürlich kamen die HBBG-Mittel nicht einfach als warmer Regen über die Fachbereiche, denn die Beantragung setzte den Willen der Hochschulen zu beträchtlichen Eingriffen in das Curriculum voraus. Es war also nicht selbstverständlich, dass die Professorinnen und Professoren im Fakultätsrat den Vorhaben zustimmten, wenn sie gleichzeitig selbst zurückstecken mussten. Letztlich wurden aber doch die Chancen gesehen. Zum einen bestand die Möglichkeit zur Einrichtung neuer Labors mit professioneller Recherausstattung und Chipmesstechnik. Hierbei kam uns nicht zuletzt die starke Verhandlungsposition zugute. Zum anderen eröffnete sich dank professioneller CAD-Software der Technologiezugang zu professionellen Halbleitertechnologien weltweit über Eurochip/Europractice. Die Ausstattung ließ damit kaum Wünsche offen; allein der oft unterkritische Mittelbau begrenzte an einzelnen Hochschulen teilweise deren effizienten Einsatz.

Zu Beginn ging es darum, eigenes Tool-Wissen durch den Besuch von Lehrgängen, außerhalb oder auch im Hause mit eingeladenen Dozenten, aufzubauen. Später wurden eigene Lehrgänge entwickelt, so dass die ganze Gruppe vom Spezialwissen einzelner Kollegen profitieren konnte. Die Themen deckten ein breites Spektrum ab, vom Systementwurf mittels Matlab, SystemC und VHDL über Analog-Simulation, Layoutentwurf und Layoutverifikation bis zum Tape Out. Ein besonderes Augenmerk lag in der Einrichtung durchgängiger Entwurfspfade ausgehend von HDL bis hin zum Mixed-Signal-Chip. Dieses Know-how öffnete schließlich auch zahlreiche Türen in die Industrie. Tausende Absolventinnen und Absolventen konnten von dieser Qualifikation als Entwicklungsingenieur profitieren.

Sichtbarstes Zeichen der in der MPC-Gruppe gebündelten Kompetenzen sind nach wie vor die Workshops und die in den Tagungsbänden veröffentlichten Arbeiten. Erschienen zunächst eher theoretische oder auch technologiegetriebene Beiträge, gefolgt von Beiträgen zum Digital-Design, so verlagerte sich der Schwerpunkt ab der Jahrtausendwende zunehmend auf den Systementwurf mit FPGA, der heute grob ein Drittel der Aktivitäten ausmacht. Am kontinuierlichsten sind bis heute die Analog- und Mixed-Signal-Beiträge, die ebenfalls ein gutes Drittel der Publikationen einnehmen, häufig mit konkreten Chip-Entwürfen. Unter Einbezug einfacherer Studien und Redesigns wurden über 100 Chip-Entwürfe auch gefertigt. Darunter befindet sich eine ganze Reihe abgeschlossener Projekte (in den Workshop-Bänden veröffentlicht) mit funktionsfähiger getesteten ASICs, wie z.B.

- Laderegler für Solarsysteme
- Smart-Power-IC für den Betrieb von Stromsparlampen
- CMOS-Leistungsverstärker für niedrige Versorgungsspannungen
- Low Frequency Continuous Phase Differential Quadrature Phase Shift Keying Front End
- Prozessorkern Sirius-Janus
- Mixed-Signal SoC for Biomedical Applications
- MMIC-Phasenschieber für den Einsatz in phasengesteuerten Arrayantennen im C-Band
- High-speed Multiplexer/Demultiplexer-IC
- Tiefpassfilter 3. und 8. Ordnung
- Laser-Radar für ein bildgebendes Verfahren
- Verstärkerkette für die Infrarot-Spektralanalyse
- Ultra-Low-Power-Verstärker mit Energy-Harvesting-Versorgung
- High-Side-Gatetreiber mit Ladungspumpe
- Hoch-Volt-Interface für 230 V-Netzbetrieb von ICs
- Hocheffizienter resonanter Spannungswandler bis 30 V

Die Expertise im Entwurf Integrierter Schaltungen ermöglichte auch die Herausgabe eines Handbuchs



Abbildung 2. Gruppenfoto aus dem Jahr 2013 anlässlich des 25-jährigen Jubiläums der MPC-Gruppe und des 50. Workshops in Konstanz.

[10] und weiterer fachspezifischer Lehrbücher und nicht zuletzt die Möglichkeit zum Aufbau internationaler Kontakte beim Besuch von Tagungen und Institutionen. Bereits 1990 erfolgte die erste Auslandsreise ins Silicon Valley, gefolgt von Reisen 1991 nach San Diego und 2001 nach Kyoto. Mehrfach gab es Reisen zur europäischen DATE-Konferenz und zur ISSCC in San Francisco. Daraus resultierten wiederum interessante Beiträge auf unseren Workshops von namhaften Referenten. Besonders hervorzuheben ist der Jubiläumsworkshop anlässlich des 25-jährigen Bestehens der MPC-Gruppe in Konstanz (Abbildung 2) mit Beiträgen von Carl Das (IMEC Leuven) [11], Etienne Sicard (INSA Toulouse) [12] und Andrei Vladimirescu (CU Berkeley) [13]. Zu diesem Jubiläum wurde auch eine Festschrift herausgegeben [14].

35 Jahre bedeuten naturgemäß Wandel in der Mitgliedschaft. So wurde der Stab des MPC-Sprechers (heute: Vorstandsvorsitzender) wiederholt weitergegeben: 1988 von Prof. Dr. Schmid an Prof. Führer, 1996 an Prof. Dr. Jansen, 2013 an Prof. Dr. Giehl und 2022 an Prof. Dr. Hennig. 35 Jahre bringen aber auch mit sich, dass die MPC-Gruppe inzwischen vier Kollegen für immer verloren hat: Prof. Dr. Nielinger, Prof. Dr. Albert, Prof. Führer und Prof. Dr. Paul.

V. AKTUELLE SITUATION

Beim Blick auf die Investitionen und die in den Workshopbänden behandelten Themen der vergangenen Jahre erkennt man deutliche Veränderungen und eine merkliche Abwendung von Mikroelektronik und Hardware-Design. Die Vorzeichen waren bereits vor

der Jahrtausendwende erkennbar: Zunehmende Verlagerung der Produktionsstätten nach Fernost und in der Folge massive Reduktion der Fördermittel für die Mikroelektronik. Dies beschleunigte den Rückgang der Studierendenzahlen, insbesondere im Bereich der Elektro- und Informationstechnik, denn Studierende der Ingenieurwissenschaften wollen wissen, wo die zukünftigen Arbeitsplätze liegen, und die Geschichte lehrt uns, dass die Entwicklung noch immer der Produktion folgen musste. Da half auch unser stetiger Hinweis auf die enorme Hebelwirkung der Mikroelektronik nur bedingt, auch nicht der Hinweis darauf, dass Mikroelektronik nicht nur viele Innovationen ermöglicht, sondern dass umgekehrt existenzgefährdende Abhängigkeiten entstehen könnten, wenn wir die Technologie zunehmend aus der Hand geben. Die MPC-Gruppe musste sich dieser Entwicklung letztlich anpassen durch Konzentration auf den digitalen Systementwurf mit FPGA oder auf spezielle Themen im Analog-Design. Im Übrigen versuchte sie, zumindest ihre Sichtbarkeit zu erhöhen. Seit 2001 ist die MPC-Gruppe Mitglied der deutschen Sektion des IEEE SSCS (Solid-State-Circuits Society). Im Jahr 2008 wurden die Tagungsbände an den internationalen Standard der IEEE-Proceedings angepasst. Seitdem erscheinen sie in einem professionellen Design und durchlaufen einen Peer-Review-Prozess. Weiterhin wurden diverse Poster für die Verbesserung der Außenwirkung entwickelt. Innerhalb der (Fach-)Hochschullandschaft wurde damit der Status zweifellos gefestigt, aber die globale Entwicklung der Mikroelektronik und der Halbleitermärkte wird weiterhin eine Herausforderung bleiben.

Noch um das Jahr 1990 war Europa sowohl in Entwicklung als auch Produktion auf den Gebieten Halbleiterspeicher (DRAM, EEPROM), Prozessoren (High Performance Computing, Mobile Communication) und Mixed-Signal-Chips (HF, Power) maßgeblich engagiert, allerdings war zu dieser Zeit das weltweite Produktionsvolumen noch vergleichsweise gering. Bereits um 2000 wurden die technologie-getriebenen Speicher hauptsächlich in Asien produziert, während immerhin bei den Prozessoren die USA in Entwicklung und Produktion noch unangefochten den Weltmarkt anführten. Inzwischen hat sich die Halbleitertechnologie, vor allem durch das in Taiwan eingeführte Foundry-Konzept, so weit fortentwickelt, dass inzwischen TSMC als Technologieführer gilt und selbst Intel bestimmte High-End-Produkte dort fertigen lässt. Damit liegt der weltweite Halbleiter-Produktionsanteil in Europa bereits unter 10% und auch in den USA bereits nur noch bei 12%, obwohl über 50% aller Chips in den USA entwickelt werden. Der Produktionsanteil in Asien liegt hingegen über 70%, vor allem in Taiwan, und Taiwan besitzt mit TSMC die Technologieführerschaft. Dies hatte sich eigentlich China zum Ziel gesetzt, das seit 2014 enorme Fördermittel ausgegeben hat. Erklärtes kurzfristiges Ziel ist die Steigerung der Eigenproduktion auf 70% bis 2030 [15]. Hierzu sind derzeit über 40 neue Fabs im Bau.

Diese Entwicklung, verbunden mit der angesichts der politischen Lage bedrohlichen wirtschaftlichen und sicherheitstechnischen Abhängigkeit, hat inzwischen zu einem Umdenken im Westen geführt. Die USA haben inzwischen Lieferbeschränkungen für China ausgesprochen. China darf keine Chips neuester Technologie von TSMC beziehen und wird von neuester EDA und Fabrikationstechnologie (z.B. EUV) ausgeschlossen. Darüber hinaus wurde der Chips Act mit einem Fördervolumen von 52 Mrd. \$ (plus 24 Mrd. \$ Steuernachlässe) beschlossen. Er hat die „deutliche Erhöhung der Eigenproduktion“ zum Ziel [16]. Bis 2030 sollen damit Investitionen von über 200 Mrd. \$ ausgelöst werden. Auch die EU hat einen Chips Act beschlossen [17]. Er hat mit einem Fördervolumen von 42 Mrd. EUR die „Erhöhung des Weltmarktanteils auf 20%“ zum Ziel. Ob dieses konkrete Ziel allerdings realistisch ist, bleibt angesichts der massiven Investitionen in China und USA, aber auch in Taiwan und Südkorea abzuwarten. Auch der Versuch, sich an die Spitze des Moore'schen Gesetzes zu bringen (z.B. durch den Bau einer 2 nm-Fab), scheint heute fragwürdig angesichts fehlender Absatzmärkte in der EU für eine solche Fab. Erfolgversprechender ist sicher, die heutige Expertise der EU im Chipdesign, bei Entwicklung und Produktion im Mixed-Signal-Bereich sowie im Fertigungsequipment weiter zu fördern.

VI. AUSBLICK

Im Bereich der Mixed-Signal-ICs, insbesondere für die Anwendungsgebiete Sensorik und Smart Power, die besonders für die Automobilindustrie relevant sind, ist die EU immer noch gut positioniert. Diese Position wird derzeit sogar gefestigt mit den neuen Fabs von Infineon, Bosch und Wolfspeed. Offenbar ist die EU ebenfalls noch interessant für Investitionen in das Chip-Design. So erweitert derzeit Apple sein Europäisches Zentrum für Chip Design in München für 1 Mrd. EUR für die Schwerpunkte HF (5G) und Power Management. Außerdem gründen Wolfspeed und ZF für 300 Mio. EUR ein F+E-Zentrum für SiC-Leistungselektronik in Nürnberg. Dies sind ermutigende Beispiele dafür, dass Chip-Design wieder eine bedeutendere Rolle auch in unserer Volkswirtschaft einnehmen könnte. In den USA haben sich entsprechende „fabless startups“ wie z.B. Qualcomm oder Nvidia zu Multi-Milliarden-Konzernen entwickelt. Erfolgreiche Unternehmen, auch außerhalb der Elektrotechnik, haben systematisch Entwicklungsteams aufgebaut und entwickeln ihre ASICs zunehmend selbst (z.B. Apple, Google, Tesla). Gründe dafür sind Know-how-Anreicherung, Ausbau des technischen Vorsprungs (z.B. bessere Anpassung an die eigene Software und Minimierung des Energiebedarfs) und wirtschaftliche Unabhängigkeit. Dies sollte auch als Beispiel für europäische Unternehmen dienen, denn Elektronik und Software sind auch in ihren Produkten inzwischen wettbewerbsentscheidend. Insbesondere wird es zunehmend nötig sein, sicherheitskritische Infrastruktur selbst zu entwickeln.

Für die Hochschulen bietet sich damit auch in Zukunft (neben der Softwareentwicklung) ein weites Feld auf dem Gebiet des digitalen Systementwurfs, auch mit FPGA (zumindest im Prototyping). Vor allem wird auch zukünftig der Hardware-Entwurf für Mixed-Signal-Anwendungen entlang der gesamten Kette Sensorik – Frontend – A/D-Umsetzer – Signalverarbeitung – Aktorik unter besonderer Berücksichtigung der Konzepte für Low Power, Energy Harvesting, sensornaher KI und Smart Power eine wesentliche Rolle spielen. Der Einsatz von KI wird zukünftig auch im Design Flow eine bedeutsame Rolle spielen, denn wir kommen damit dem Ziel näher, die natürliche Sprache mit ihrem unbegrenzten Sprachumfang als Beschreibungssprache nutzen zu können.

Daraus erwachsen wiederum neue Chancen für die MPC-Gruppe. Sie kann ihre Attraktivität für KMU festigen bzw. ausbauen durch die Expertise ihrer Absolventinnen und Absolventen im HW-Entwurf und die Fähigkeit zur Hardwareentwicklung bis hin zum Chip, unter gezielter Nutzung der KI. Die MPC-Gruppe kann auch die Attraktivität gegenüber Studierenden aufrechterhalten durch interessante Studien mit aktuellem Bezug. Durch unsere herausragende Ausstattung sind wir in der Lage, auch künftig jederzeit interessante

Themen aus der Industrie aufzugreifen und bei Bedarf auch mit eigenen Mitteln zu bearbeiten. Auf diese Weise gelang es uns stets, auch sehr gute Studierende zu gewinnen. Selbst komplexe Designs können damit, wenn auch über mehrere Kohorten hinweg, bearbeitet werden, und inzwischen besteht ja das Promotionsrecht, mit dem sich ganz neue Zeithorizonte für die Projektbearbeitung auftun. Schließlich ist die MPC-Gruppe auch weiterhin attraktiv für Lehrende, nicht zuletzt aufgrund der eigenen Publikationsplattform. Vor diesem Hintergrund erscheint die Gründung der MPC-Gruppe vor 35 Jahren auch heute noch als Sternstunde in der Hochschulgeschichte, und die Chancen auf ein 50-jähriges Bestehen sind durchaus realistisch.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] European Commission. *Remarks by Executive Vice-President Vestager on an Important Project of Common European Interest in microelectronics and communication technologies*. Brussels. 8. Juni 2023. URL: <https://portal.ieu-monitoring.com/editorial/ipcei-eu-commission-approves-up-to-e8-1bn-of-public-support-to-support-research-innovation-and-20the-deployment-of-microelectronics/409060> (besucht am 16. 11. 2023).
- [2] F. Mrugalla, A. Erni und G. Forster. „Chipentwurf für einen 10-Bit-A/D-Umsetzer“. In: *Tagungsband Workshop der Multiprojektchip-Gruppe* Ausgabe 38, Ulm (2007), S. 5–12. ISSN: 1872-7102. URL: https://www.mpc-gruppe.de/typo8/fileadmin/content/workshops-volums/MPC_Workshopband_38.pdf (besucht am 16. 11. 2023).
- [3] Jack S. Kilby. „Miniaturized Electronic Circuits“. 3,138,743. TX Texas Instruments Inc. Dallas. Feb. 1959. URL: https://www.dpma.de/docs/dpma/veroeffentlichungen/us3138743a_kilby.pdf.
- [4] Robert N. Noyce. „Semiconductor Device-and-Lead Structure“. 2,981,877. CA Fairchild Semiconductor Inc. Mountain View. Juli 1959. URL: https://www.dpma.de/docs/dpma/veroeffentlichungen/us2981877a_noyce.pdf.
- [5] E. Haseloff und Texas Instruments Deutschland GmbH Applikationslabor. *Das TTL-Kochbuch: deutschsprachige TTL-Applikationen*. Technik Marketing, 1972. URL: <https://books.google.de/books?id=OGJ0zQEACAAJ>.
- [6] Eike Jessen, Dieter Michel und Heinz Voigt. „Structure, Technology, and Development of the AEG-Telefunken TR 440 Computer“. In: *IEEE Annals of the History of Computing* 32.3 (2010), S. 30–39. DOI: 10.1109/MAHC.2009.64.
- [7] Statistisches Bundesamt. *Registrierte Arbeitslose und Arbeitslosenquote nach Gebietsstand*. URL: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Konjunkturindikatoren/Lange-Reihen/Arbeitsmarkt/lrab003ga.html> (besucht am 16. 11. 2023).
- [8] Carver Mead und Lynn Conway. *Introduction to VLSI Systems*. USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1979. ISBN: 0201043580.
- [9] K. Schmidt und A. Führer. „20 Jahre Multi-Projekt-Chip-Gruppe“. In: *Die Multi-Projekt-Chip-Gruppe*. A. Führer, Hochschule Ulm, 2008, S. 7–10. ISBN: 978-3-9810998-1-2.
- [10] D. Jansen und G. Albert. *Handbuch der Electronic-Design-Automation: mit 176 Tabellen*. Hanser-Verlag, München, 2001. ISBN: 9783446212886.

- [11] C. Das. „Europractice: Supporting the European Academia in Microelectronics Design“. In: *Tagungsband Workshop der Multiprojektchip-Gruppe* Ausgabe 50, Konstanz (2013), S. 11–16. ISSN: 1872-7102. URL: https://www.mpc-gruppe.de/typo8/fileadmin/content/workshops-volums/MPC_Workshopband_50.pdf (besucht am 16. 11. 2023).
- [12] E. Sicard. „Electromagnetic Compatibility of Integrated Circuits Measurement, Modeling and Design Techniques“. In: *Tagungsband Workshop der Multiprojektchip-Gruppe* Ausgabe 50, Konstanz (2013), S. 5–10. ISSN: 1872-7102. URL: https://www.mpc-gruppe.de/typo8/fileadmin/content/workshops-volums/MPC_Workshopband_50.pdf (besucht am 16. 11. 2023).
- [13] A. Vladimirescu. „Five Decades of SPICE – A Brief History“. In: *Tagungsband Workshop der Multiprojektchip-Gruppe* Ausgabe 50, Konstanz (2013), S. 1–4. ISSN: 1872-7102. URL: https://www.mpc-gruppe.de/typo8/fileadmin/content/workshops-volums/MPC_Workshopband_50.pdf (besucht am 16. 11. 2023).
- [14] G. Forster. *Mikroelektronik – Forschung und Lehre an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften*. Hochschule Ulm, 2013. ISBN: 978-3-9810998-6-7.
- [15] Nir Kshetri. „The Economics of Chip War: China’s Struggle to Develop the Semiconductor Industry“. In: *IEEE Computer* 56 (Juni 2023), S. 101–106. DOI: 10.1109/MC.2023.3263267.
- [16] Semiconductor Industry Association 2022. *Chips for America Act & Fabs Act*. URL: <https://www.semiconductors.org/chips/> (besucht am 01. 08. 2023).
- [17] Pressemitteilung EU-Parlament vom 11. Juli 2023. *Halbleiter: Parlament nimmt Gesetz zur Stärkung der Chip-Industrie in der EU an*. URL: <https://www.presseportal.de/pm/106967/5555777> (besucht am 01. 08. 2023).



Gerhard Forster studierte Physik mit dem Schwerpunkt Quantenelektronik an der Universität Heidelberg. Nach seinem Diplom-Abschluss 1977 befasste er sich als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am damaligen Forschungsinstitut von AEG-Telefunken (später Daimler Forschungszentrum) mit der Entwicklung und Anwendung neuer Halbleiterprozesse. Zuletzt war er als Teamleiter zuständig für die Entwicklung und den Test anwendungsspezifischer integrierter Schaltungen aus den Gebieten der Nachrichtentechnik und der Automobilelektronik. Von 1992 bis 2016 war er Professor für Elektronik und Mikroelektronische Schaltungen an der Hochschule Ulm. Seine Forschungsschwerpunkte lagen auf dem Gebiet des Entwurfs von Mixed-Signal-ASICs. Zwischen 2001 und 2010 hatte er die Leitung der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik inne. Von 2007 bis 2016 war Prof. Forster Herausgeber des vorliegenden Tagungsbandes. Seit 2016 befindet er sich im Ruhestand.

