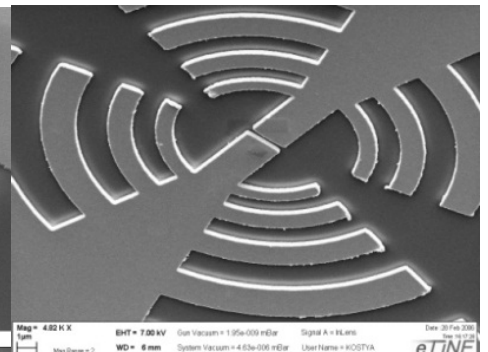
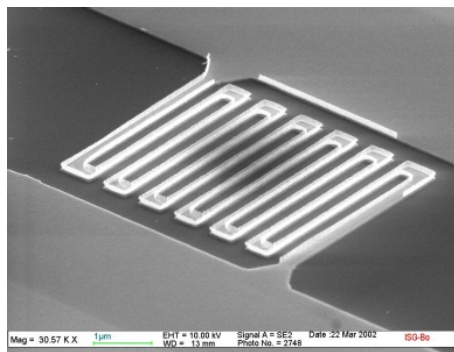
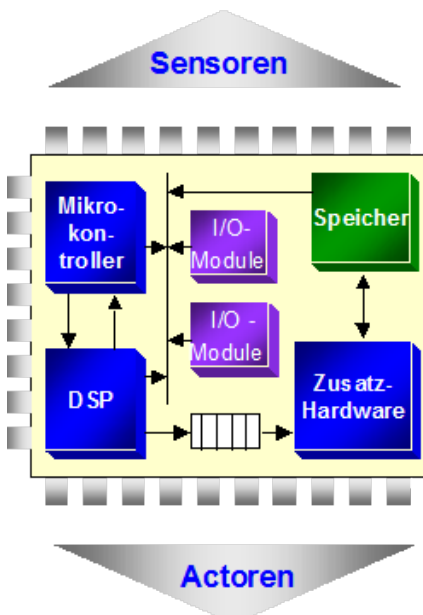


Vertiefungsrichtung 21 System-on-Chip



Institut für Technik der
Informationsverarbeitung (ITIV)

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Jürgen. Becker
Prof. Dr.-Ing. Eric Sax
Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Stork

Institut für Mikro- und Nano-
elektronische Systeme (IMS)

Prof. Dr. rer. nat. habil. Michael Siegel

Masterstudium System-on-Chip - Schwerpunkte

Interesse?

Fragen Sie uns, wir helfen gerne weiter.

Sie finden uns

ITIV im Geb. 30.10 am Campus Süd.

IMS im Geb. 06.41 am Campus Süd Standort West.



Masterstudium System-on-Chip - Schwerpunkte

Die enormen technologischen Fortschritte der letzten Jahrzehnte im Bereich der Halbleitertechnologien ermöglichen die mikroelektronische Integration komplexer Hardware/Software Systeme auf einem einzigen Chip, so genannte *System-on-a-Chip* (SoCs). Eine typische Architektur besteht hierbei aus Mikrocontroller-, DSP-, ASIC-, sowie aus rekonfigurierbaren als auch analogen Hardwarekomponenten. Im Zuge des SoC-Entwurfs müssen weitreichende Eigenschaften und Randbedingungen bzgl. der Funktionalität und der verwendeten Technologien für das SoC-Design für die jeweils betrachteten Anwendungen identifiziert und untersucht werden. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf Flexibilität (Risikominimierung!), Chipflächenbedarf (Kosten!), Leistungsaufnahme (Mobilität von Endgeräten!) und Datendurchsatz (Performance!). Durch die hochintegrierte Single-Chip-Lösung kommt der Begriff System in diesem Zusammenhang besonders zum Tragen, da der Ingenieur sich mit vielfältigen Aspekten des Zielsystems während des Entwurfsprozesses auseinandersetzen muss.

Die **Vertiefungsrichtung 21 - "System-on-Chip"** zielt auf die Studierenden ab, die sich mit Aufgaben aus der Theorie und Praxis des Systementwurfs anwendungsorientierter integrierter Schaltungen, wie sie heute in modernen Unternehmen der Mikroelektronikindustrie existieren, auseinandersetzen wollen. Dabei erlernen sie Grundlagen zur Herstellung höchstintegrierter Schaltkreise, die Funktion und den Aufbau von modernen integrierten Analog- und Digitalschaltkreisen wie logische

Gatter, Flipflops, analoge Verstärkerschaltungen, um ein Bottom-Up Design vom Transistor zur komplexen Schaltung realisieren zu können und den Umgang mit CAD-Werkzeugen für den Designablauf integrierter Systeme, wie z.B. Cadence® Design Systems, die dem modernsten Stand der Technik entsprechen. Ausgehend von der Verhaltensbeschreibung in einer Hardwarebeschreibungssprache, bis zur Synthese und Optimierung der Gatter-Netzliste und der Generierung des physikalischen Layouts in heutiger Standardzellen-Technologie wird der Top-Down Entwurf aufgezeigt. Damit sollen die Studierenden optimal auf ihren späteren Einsatz in verschiedenen Bereichen der Mikroelektronik-Industrie vorbereitet werden.

Die notwendigen Grundlagen werden in den Vorlesungen ausführlich behandelt. Das feste Fach **Systems & Software Engineering (SSE, in englisch)** der Vertiefungsrichtung vermittelt einen Überblick und Grundlagen des Entwurfsablaufs für alternative Realisierungen sowohl von elektronischen Systemen als auch der zugehörigen Software. Eine Einführung in die technologischen Herstellungsprozesse gibt die Vorlesung **Thin Films I**. Einen Überblick über Verfahren des rechnergestützten Schaltungsentwurfs, gebräuchlichster Algorithmen, Konzepte der High-Level- und Logiksynthese liefert die Vorlesung **Hardware Synthese und Optimierung** (HSO). Die Vorlesung **Design digitaler Schaltkreise** (DDS) konzentriert sich auf den Aufbau digitaler Grundelemente wie Gatter, Registerbausteine und Speicherzellen sowie weiteren entwurfstechnischen Konzepte

wie Taktverteilung für synchrone Schaltungen. Entwurf analoger Schaltungen und Schaltungselemente unter Berücksichtigung des Frequenzverhaltens und notwendiger Stabilitätskriterien werden im Rahmen der Vorlesung **Design analoger Schaltkreise** (DAS) behandelt. Die Verdeutlichung des Entwurfsablaufs unter Anwendung kommerzieller Entwurfswerkzeuge sowie der zugrunde liegenden Hardwarebeschreibungssprachen ist Inhalt der Vorlesung **Hardware Modelling and Simulation** (HMS). Das **Praktikum „Entwurf Digitaler Systeme“** rundet das Angebot der Pflichtveranstaltungen durch praktische Übungen ab, in dem im Rahmen dieses Labors mittels FPGA-Logik die Bildverarbeitung der Kameradaten zur Bewegungssteuerung des autonomen TivSeg-Systems erstellt wird..

Zu den wählbaren Fächern der Vertiefungsrichtung gehören die Vorlesungen wie **Hardware Software Code-sign, Software Engineering, Mikrosystemtechnik, Integrierte Systeme und Schaltungen** und **Nanoelektronik**. Darüber hinaus werden Praktika wie z.B. das **Praktikum Schaltungsdesign mit FPGA** angeboten um die praktischen Fertigkeiten weiter auszubauen.

Daneben werden Seminare angeboten, die das selbständige Erarbeiten eines technischen Themas, das Halten eines Vortrags und das Erstellen von Präsentationsmaterial zum Inhalt haben wie die Seminare **Eingebettete Systeme** und **Eingebettete Schaltkreise und Detektoren**. Die erlernten Methoden des Chip- und Systementwurfs werden auf Basis modernster kommerzieller und in-

dustriell eingesetzter Soft- und Hardware an komplexen Aufgabenstellungen im Rahmen des **Praktikum Software Engineering** (PSE) praxisrelevant angewendet. Programmiersprachen wie C/C++ und Java sowie objektorientierte Methoden werden anhand der Entwicklung eines diskret-kontinuierlichen Simulators im *Software Engineering Laboratory* vertieft.

In den Laboren spielen ebenso wie in den **Seminaren** Team- und Kommunikationsfähigkeiten eine große Rolle. Die Bearbeitung umfassender Projekte ist Gegenstand der Team-Studienarbeiten und Team-Masterarbeiten. Von den Studenten wird Spaß am Entwurf mikroelektronischer Systeme erwartet, wobei insbesondere Kreativität und Engagement gefragt sind.

Die **Forschungsthemen** des Instituts für Technik der Informationsverarbeitung reichen von der Entwicklung von Entwurfsmethoden über deren Umsetzung in Werkzeugen bis hin zur Anwendung der Methoden, zum Beispiel:

- ✓ System-on-Chip / Kommunikationstechnik.
- ✓ Adaptiv rekonfigurierbare Prozessorarchitekturen.
- ✓ Rapid Prototyping / Automotive.
- ✓ Entwurfsmethodik und Simulation eingebetteter Echtzeitsysteme.
- ✓ Hardware-in-the-Loop und automatisiertes Testen.
- ✓ Ubiquitous & Wearable Computing, Telematik.
- ✓ Optische Sensorik und Messsysteme in Medizin- und industrieller Messtechnik, Optikdesign.

Die **Forschungsschwerpunkte** des Instituts für Mikro- und Nanoelektronische Systeme reichen von Entwicklung und Design integrierter Schaltungen über die technologische Herstellung spezieller integrierter Schaltkreise und Sensoren bis hin zur messtechnische Charakterisierung und Funktionstests, zum Beispiel:

- ✓ System-on-Chip – Lösungen mit konventionellen und neuartigen Bauelementen.
- ✓ Simulation und Aufbau von Hochfrequenzschaltkreisen.
- ✓ Nanobauelemente für Quantencomputing.
- ✓ Elektronenstrahl-Lithographie.
- ✓ "System-on-Chip" Funktionstests.
- ✓ Analyse passiver und aktiver Bauelementestrukturen von DC bis 67 GHz.

Die Absolventen der Vertiefungsrichtung 21 „System-on-Chip“ beherrschen neben der Fähigkeit zur konsequenten Anwendung von Methoden und Werkzeugen für den Entwurf komplexer mikroelektronischer Systeme auf einem Chip auch Software Fertigkeiten die systemorientierte, **fachübergreifende Betrachtungsweise**, um modernste Produkte der Informationstechnik effizient, markt-, zeit- und kostengerecht entwickeln zu können. Der Schwerpunkt der Vertiefungsrichtung 21 ist neben den Hardwareaspekten auch in heute vermehrt notwendigen Kenntnissen im Software En-

Institutsdaten ITIV

gineering zu sehen.

Institut für Technik der Informationsverarbeitung
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Jürgen. Becker
Prof. Dr.-Ing. Eric Sax
Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Stork
Engesserstraße 5, Geb. 30.10
D-76131 Karlsruhe
Tel. (0721) 608-42501
Fax (0721) 608-42511
WWW <http://www.itiv.kit.edu>

Institutsdaten IMS

Institut für Mikro- und Nanoelektronische Systeme
Prof. Dr. rer. nat. Michael Siegel
Hertzstraße 16, Geb. 06.41
D-76131 Karlsruhe
Tel. (0721) 608-44961
Fax (0721) 607-75 79 25

Studienberatung am ITIV

WWW <http://www.ims.kit.edu>
M. Sc. Nathalie Brenner
M. Sc. Johannes Pfau
Sprechzeit: nach Vereinbarung

Studienberatung am IMS

Email: studienberatung@itiv.kit.edu
Dr.-Ing. Stefan Wunsch
Sprechzeit: nach Vereinbarung, Raum 109
Email: stefan.wuensch@kit.edu

Lehrveranstaltungen der Institute

Feste Fächer der Vertiefungsrichtung 21

ITIV / IMS

✓ **Systems and Software Engineering (SSE)**

2+1 SWS, WS, ITIV

Einführung in Systems + SW+HW Eng., Realisierungsalternativen, Technology Roadmaps, Lebenszyklus-Prozesse, QFD, Software Engineering, Notationen, SA/RT, OO-AD, UML, SW-Test, RTOS, DBK.

✓ **HW Modelling and Simulation (HMS)**

2+1 SWS, SS, engl., ITIV

Hardwarebeschreibungssprachen: VHDL, System C, Spice, VHDL-AMS, HW/SW Co-simulation, Rapid Prototyping, Saalübung + freie Rechnerübungen: Spice, VHDL.

✓ **Hardware Synthese und Optimierung (HSO)**

3+1 SWS, SS, ITIV

Entwurfsablauf bei rechnergestütztem Schaltungsentwurf, Algorithmen, Entwurfsmethoden der verschiedenen Architekturen, High-Level- Registertransfer- und Logik-Synthese, Physikalische Entwurfsverfahren.

✓ **Thin Films: Technology, Physics and Applications I**

2+1 SWS, WS, englisch

Patterning methods suitable for nanometer-scale features of electronic devices will be considered in details. Experimental methods of characterization of material, geometrical, optical, physical, superconducting, electron and phonon properties of thin films, nanostructure made of these films and devices based on these nanostructure will be discussed. Practical actualization of the knowledge is possible in frame of the Praktikum Nanoelektronik.

✓ **Design analoger Schaltkreise (DAS)**

2+1 SWS, WS, IMS

Vorlesung: Integrierte Anlogschaltungen, Schaltungselemente für Operationsverstärker, Design der Eingangs- und Ausgangsstufen, Stromspiegel und Stromquellen, Frequenzverhalten unter Berücksichtigung der Stabilitätskriterien, Optimierung der Eigenschaften.

Übung: Grundlagen des analogen Schaltungsdesigns anhand praxisnaher Beispiele.

✓ **Praktikum Entwurf Digitaler Systeme (PES) oder**

Digital Hardware Design Laboratory (DHL)

0+4 SWS, SS, ITIV

Entwurf von Automaten / Programmen für programmierbare Logikbausteine; Realisierung einer CPU mittels VHDL, Statecharts, Blockdiagramme, Codegenerierung.

✓ **Design digitaler Schaltkreise (DDS)**

2+1 SWS, SS, IMS

Vorlesung: Aufbau integrierter Digitalschaltkreise, Schaltungskomponenten zur Speicherung und Übertragung von Informationen, FET, CMOS-Inverter, statische und dynamische Gatter, Design digitaler Basiszellen, Taktverteilung für synchrones Schalten, BiCMOS Ausgangsstufen.

Übung: Design digitaler Grundsaltungen (Inverter, NAND, NOR), Übertragungskennlinie, Einstellung des Schaltpunkts, Speicherbauelemente, Layout von Basiszellen.

Vom ITIV angebotene wählbare Fächer

✓ **Hardware/Software Codesign (HSC)**

2+1 SWS, WS

Zielarchitekturen für HW/SW-Systeme (DSP, Mikrokontroller, ASIPs, FPGAs, ASIC, System-on-Chip), Abschätzung der Entwurfsqualität, Hardware- und Software-Performanz, Hardware/Software, Partitionierungsverfahren, Interface- und Kommunikationssynthese, Co-Simulation, Leistungsanalyse.

✓ **Software Engineering (SE)**

2+0 SWS, WS

Anforderungen, Notation, SW-Architektur, SW-Änderungen, SW-Impl., SPICE, CMM, SW-Test, Middleware, (DB, RTOS).

✓ **Praktikum Software Engineering (PSE)**

0+4 SWS, SS

Anforderungen, Objektorientierte Analyse und Design (C++, UML), Einführung in die Echtzeitprogrammierung, Einsetzen von Echtzeit-Frameworks, Multi-Plattform-Entwicklung für Win2k und Linux, eXtream Programming (XP), SW-Test, Teamarbeit.

✓ **Mikrosystemtechnik (MST)**

2+0 SWS, WS

Einführung, typ. Mikrosysteme, Realisierungsalternativen, Klassifizierung der mikrooptischen, mikromechanischen und mikroelektronischen Komponenten, vertikale und laterale Strukturierungstechniken, mikromechanische Strukturierungstechniken.

✓ **Systementwurf unter industriellen Randbedingungen (SIR)**

2+0 SWS, WS, Blockveranstaltung

Anhand von praktischen Beispielen aus der Industrie: Produkt-, Vorgaben, Regeln und Auflagen für Produktentwicklung, Qualitätsbegriff, Qualitätsmanagement, Phasenorientierter, Reviews, Dokumentation, Projektmanagement, Projektorganisation, Planung, Steuerung und Kontrolle, Arbeitstechniken und Zeitmanagement, Kommunikation.

✓ **Labor Schaltungsdesign (LSD)**

0+4 SWS, WS, Blockveranstaltung

Entwurf elektronischer Schaltungen, wie z.B. als Bindeglied zwischen Mikrocontrollern/ FPGAs und Sensoren/Aktoren, Auswahl benötigter Bauteile, Verschaltung von Baugruppen, Aufbau des Gesamtsystems, Schaltungsdesign, Erstellung von Layouts, Schaltungsaufbau und Test.

✓ **Seminar: Eingebettete Systeme (EiS)**

0+2 SWS, WS/SS

Im Seminar werden gegebene Themen, die eng mit der Forschungsarbeit des Instituts mit besonderem Schwerpunkt auf eingebettete Systeme verzahnt sind selbständig bearbeitet. Typische Beispiele sind Literatur- und Markt-Recherchen. Zudem werden Präsentationstechniken und Vortragsstil geübt. Ein 4-6 seitiges Short-Paper und ein 20 min. Vortrag werden erstellt.

Vom IMS angebotene wählbare Fächer

✓ **Integrierte Systeme und Schaltungen (ISS)**

2+1 SWS, WS

Systementwurf, Systemspezifikation, Auswahl von Lösungskonzepten, Signalkonditionierung, A/D und D/A- Wandlung, Besonderheiten analoger Systeme, digitale Signalverarbeitung, Ausgangsstufen zur Ansteuerung von Aktoren.

✓ **Nanoelektronik (Nano)**

2+0 SWS, SS

Moore's Law, Roadmap der Mikroelektronik, Potenzial der Silizium-Technologie, neue ultimative MOSFETs, Nanoelektronische Bauelemente, Einzelelektronentransistor, Nanoskalige Speicher, Molekular-elektronische Bauelemente, Nanostrukturierung, Bauelemente für Quantencomputer.

✓ **Seminar: Eingebettete Schaltkreise und Detektoren (ESuD)**

2+0 SWS, WS/SS

Aus den Forschungsschwerpunkten des Instituts werden vor Semesterbeginn Themen zu den Bereichen "Detektoren" und "Eingebettete Schaltkreise" an die Teilnehmer vergeben, die dann von diesen selbstständig bearbeitet werden. Die Teilnehmer fertigen eine schriftliche Ausarbeitung über Ihr Thema an und stellen das Ergebnis ihrer Arbeit im Rahmen des Seminars mit einer Präsentation vor.

✓ **Praktikum Adaptive Sensorelektronik (PAS)**

0+4 SWS, WS/SS

Im Praktikum wird der Einsatz der PSoC- Bausteine anhand der Aufbereitung von Sensorsignalen unterschiedlichster Art erarbeitet. Es werden die zur Verfügung stehenden Funktionsblöcke für Verstärker, aktive Filter, verschiedene konfigurierbare A/D-Wandler und digitale Elemente so angepasst, dass das Sensorsignal digital verarbeitet werden kann. Die Ergebnisse der Verarbeitung werden dann durch konfigurierbare D/A-Wandler und Ausgangsverstärker zur Ansteuerung von Aktoren aufbereitet.

✓ (Team-) Masterarbeiten

Masterarbeiten können jederzeit, auch außerhalb des Vorlesungszeitraums begonnen und bearbeitet werden!

Im Rahmen von Masterarbeiten werden sowohl praktische als auch theoretische Aufgabenstellungen aus den verschiedenen Forschungsbereichen der Institute selbständig bearbeitet. Auf diese Weise können Studierende sich direkt in die aktuellen und hochinteressanten Forschungsprojekte der Institute einbringen. Die Dauer der Arbeit beträgt 6 Monate.

*Aktuelle Themen hängen in Schaukästen der Institute sowie im Internet aus. Dennoch ist ein **persönliches Gespräch** mit den Betreuern empfehlenswert, da häufig zusätzliche Themen möglich sind, oder die genaue Aufgabenstellung an die Wünsche des Studierenden angepasst werden kann.*

Übersicht Vertiefungsrichtung 21 - System-on-Chip

Grundlagen der Vertiefungsrichtung (GVR)

Sem.	Institut	Lehrveranstaltung	SWS V+Ü	LP	Prüfungsart
SoSe	ITIV	Hardware Modeling and Simulation	2+1	4	schriftlich
WS	IAM-WET	Sensoren	2	3	schriftlich
WS	IIT	Messtechnik	2+1	5	schriftlich

Pflichtbereich der Vertiefungsrichtung (PVR)

WS	ITIV	Systems and Software Engineering	2+1	5	schriftlich
SoSe	ITIV	Communication Systems and Protocols	2+1	5	schriftlich
WS+SoSe	IHE	Mikrowellentechnik	2+1	5	schriftlich
WS	IRS	Optimization of Dynamic Systems	2+1+1	5	schriftlich
WS	IMS	Thin Films: technology, physics & applications I	2+1	4	mündlich
SoSe	ITIV	Hardware-Synthese und Optimierung	3+1	6	mündlich
WS	IMS	Design analoger Schaltkreise	2+1	4	mündlich
SoSe	IMS	Design digitaler Schaltkreise	2+1	4	mündlich
WS	ITIV IMS	Praktikum System-On-Chip	0+4	6	mündlich

Wahlbereich	Die Wahl von Veranstaltungen aus anderen Fakultäten ist möglich. Die Auswahl ist mit dem Berater der Vertiefungsrichtung abzusprechen	28
Schlüsselqualifikation		6
Masterarbeit		30
Gesamtsumme		120

2. Wahlmodule (Wählbare Fächer)

Sem.	Lehrveranstaltung	SWS V+Ü	LP
WS	Hardware/Software Codesign	2+1	4
WS+SoSe	Seminar: Eingebettete Systeme	2+0	3
WS+SoSe	Seminar: Entwurf elektronischer Systeme und Mikrosysteme	2+0	3
WS	Labor Schaltungsdesign	0+4	6
SoSe	Praktikum Software Engineering	0+4	6
WS	Systementwurf unter industriellen Randbedingungen	2+0	3
SoSe	Systems Engineering for Automotive Eletronics	2+1	4
WS	Software Engineering	2+0	3
WS	Mikrosystemtechnik	2+0	3
WS+SoSe	Praktikum Adaptive Sensorelektronik	0+4	6
WS+SoSe	Praktikum Schaltungsdesign mit FPGA	0+4	6
WS	Integrierte Systeme und Schaltungen	2+1	4
SoSe	Nanoelektronik	2+0	3
WS+SoSe	Seminar: Eingebettete Schaltkreise und Detektoren	2+0	3
WS	Detektoren für die Astronomie und Raumfahrt	2+0	3
SoSe	Mikrowellenmesstechnik	2+1	3
WS	Active Integrated Circuits for Millimeter-Wave Applications	2+0	3
SoSe	Rechnergestützter Schaltungsentwurf	2+0	3
SoSe	Sensorsysteme	2+0	3
WS	Radio Frequency Integrated Circuits and Systems	2+2	4

Unter schriftlicher Zustimmung des Studienberaters kann auch ein entsprechendes anderes Fach oder Seminar der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik oder einer anderen Fakultät gewählt werden.

Studienplan leicht gemacht

Bereits zu Beginn des Masterstudiums sollte eine Beratung zur Planung des "Individuellen Studienplans" mit einem der Studienberater stattfinden.

Spätestens **zur Anmeldung der Masterarbeit** muss dieser **Studienplan** vom Berater der Vertiefungsrichtung genehmigt und beim Masterprüfungsamt (MPA, IEH, Geb. 30.36, 2.OG.) eingereicht werden. Dieser individuelle Studienplan legt fest, welche Fächer im Rahmen des Masterstudiums gehört werden bzw. welche davon in die Masternote einfließen.

Notenbildung

Jede Lehrveranstaltung hat abhängig von der Semesterwochenstundenzahl (SWS) einen Gewichtungsfaktor, mit der sie in die Gesamtnote eingeht. Folgende Gruppen von Lehrveranstaltungen werden dabei berücksichtigt:

✓ Feste Fächer	56 LP
✓ Wählbare Fächer	28 LP
✓ Schlüsselqualifikationen	6 LP
✓ Masterarbeit	30 LP
<hr/>	
Summe	120 LP

Im „Individuellen Studienplan“ werden nun alle Fächer, feste als auch wählbare namentlich inklusive der Vorlesungsnummer, der Semesterwochenstundenzahl (SWS) und der Leistungspunkte (LP) aufgelistet.

Da nur **70 LP** zur Berechnung der Masternote genutzt werden, muss der Studierende bei Überschreiten dieser Stundenzahl die zusätzlich abgelegten Prüfungsleistungen beim MPA mit einem *Antrag als Zusatzfächer* festlegen. Diese werden bei

der Berechnung der Gesamtnote nicht berücksichtigt, aber im Masterzeugnis aufgeführt.

Randbedingungen

Folgende Randbedingungen werden für die Vertiefungsrichtung vorgegeben, und sind daher für alle Studierende verpflichtend:

- ✓ 70 LP aus festen und wählbaren Fächern (aus ihnen wird die Endnote berechnet!).
- ✓ Es dürfen bis zu 30 LP mehr im Modellplan als später im Zeugnis stehen. Geprüfte Zusatzfächer können mit Note im Zeugnis aufgeführt werden, gehen aber nicht in die Berechnung der Gesamtnote ein.
- ✓ Schlüsselqualifikationen mit 6 LP sind verpflichtend.
- ✓ **Fremdsprachenkenntnisse** müssen nachgewiesen werden (z.B. durch: Besuch einer englischsprachigen Vorlesung oder aber auch durch Abitur).

Persönliche Notizen

Persönliche Notizen

Errata

Änderung im Pflichtbereich

- ✓ **Die Vorlesung Optimization of Dynamic Systems ersetzt die nicht mehr angebotene Vorlesung Integrierte Signalverarbeitungssysteme im Pflichtbereich!**

Neue Lehrveranstaltungen im Wahlbereich

- ✓ **Praktikum System-On-Chip (SOC),**
0+4 SWS, WS
Wird erneut angeboten.