

universität freiburg

Einführung in das Studium der Mikrosystemtechnik (B.Sc. MST)

Prof. Dr.-Ing. habil. Bastian E. Rapp

Freiburg, 13. Oktober 2023

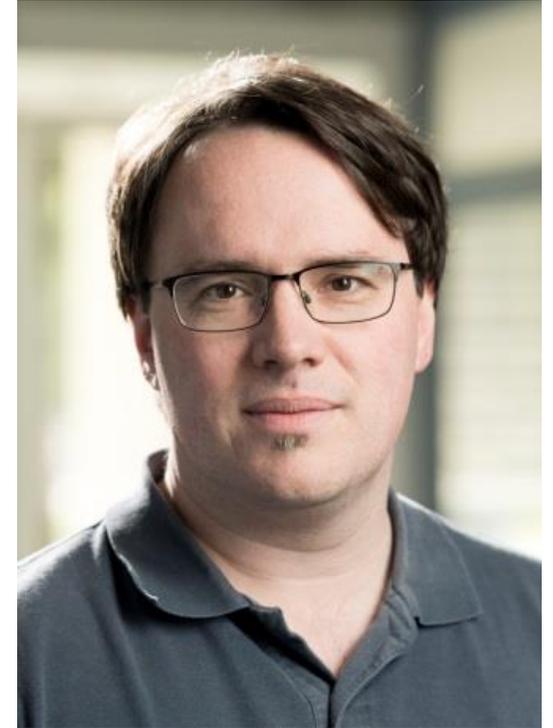


About me

Prof. Dr.-Ing. habil. Bastian E. Rapp

- 2005, mechanical engineering
University of Karlsruhe
- 2008, PhD in Microfluidics and Biosensors
University of Karlsruhe
- 2017, Habilitation on fluid mechanics and microfluidics
Karlsruhe Institute of Technology (KIT)
- 2018, Full Professor Process Technology
IMTEK, University of Freiburg
- 2018, Founding CEO and current CTO of Glassomer GmbH
- several industry/academic awards (selection):
GMM, Edison Award, Südwestmetallförderpreis, 2 of my former PhD students won the *Deutsche Studienpreis*
- since WS 2023/2024: Dean of Studies of IMTEK

Full Professor,
Laboratory of Process Technology
Department of Microsystem Technology (IMTEK)
University of Freiburg

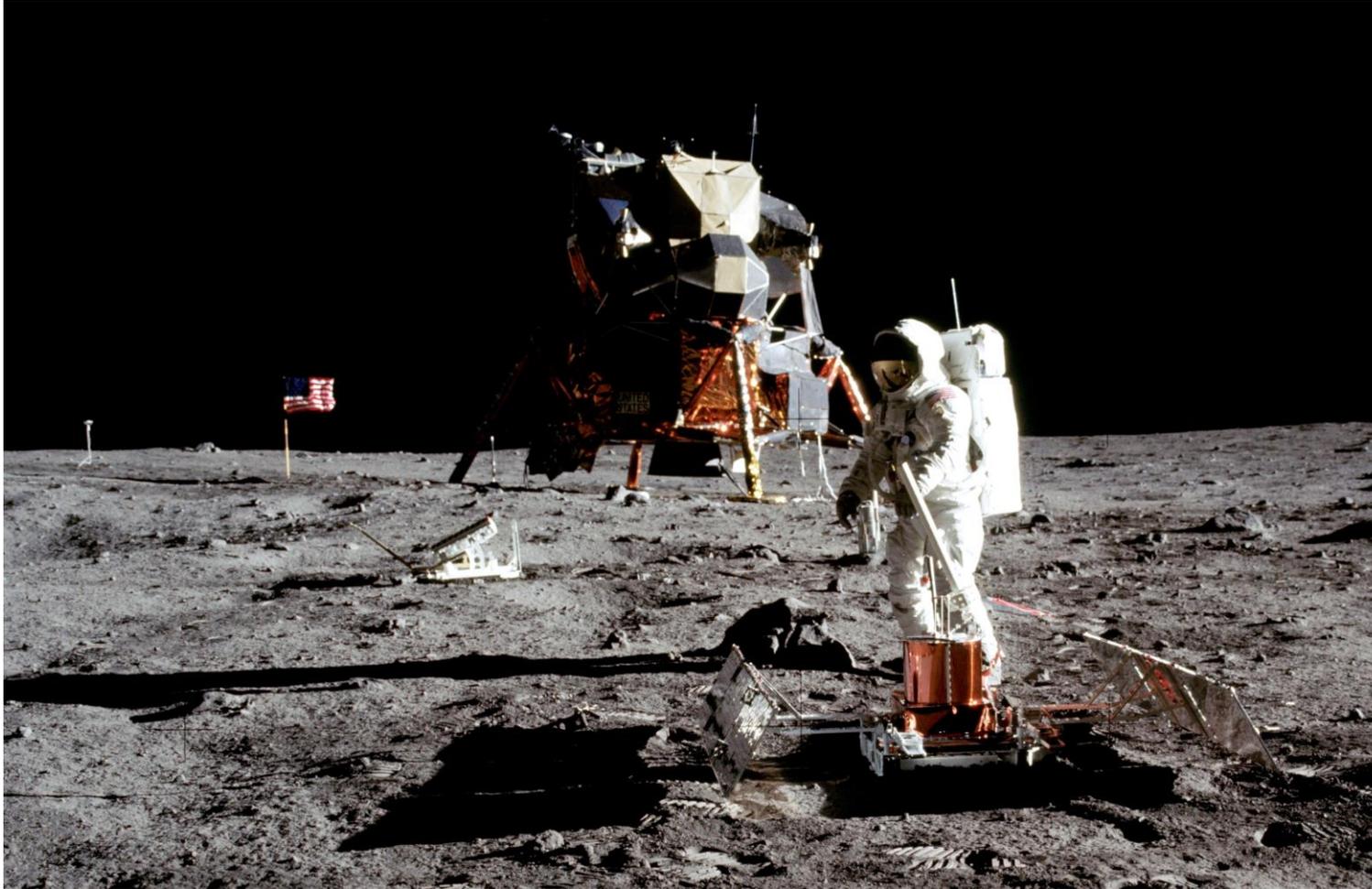


bastian.rapp@neptunlab.org
bastian.rapp@imtek.de
www.NeptunLab.org

Die Technologie



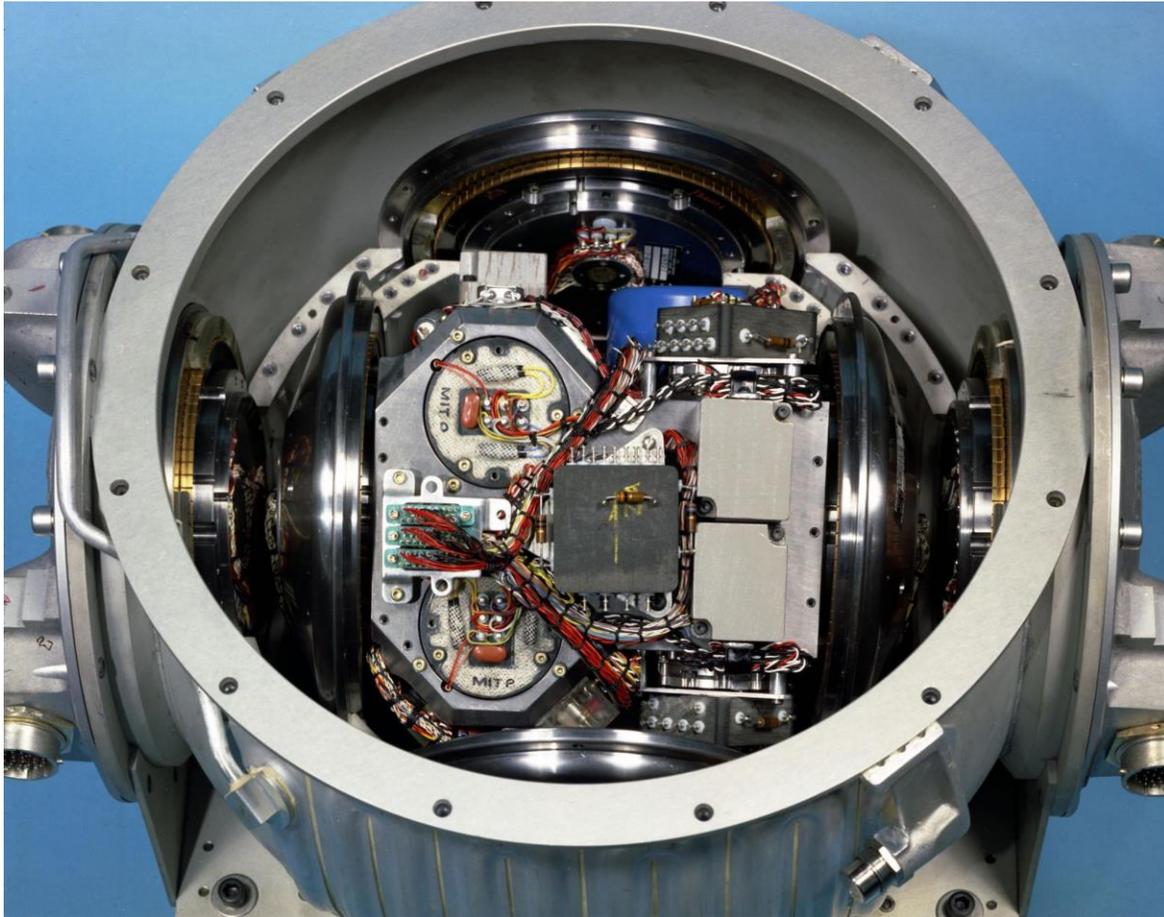
One of the greatest achievements of mankind



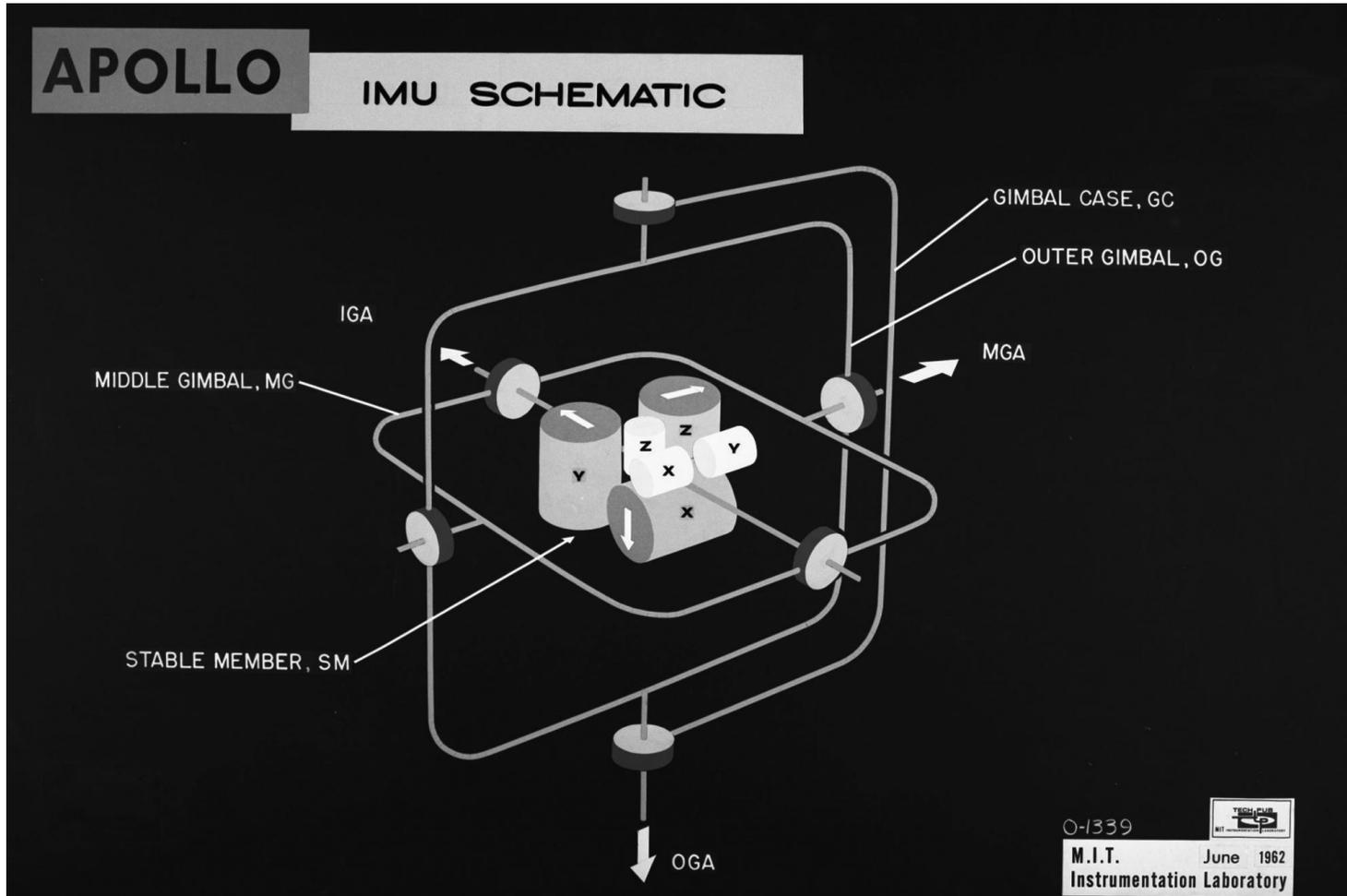
- the lunar landing of *Apollo 11* on July 20th, 1969
- you all know the story but how much do you know about the technology behind *Apollo*?



This is how you do this: But what exactly is this?

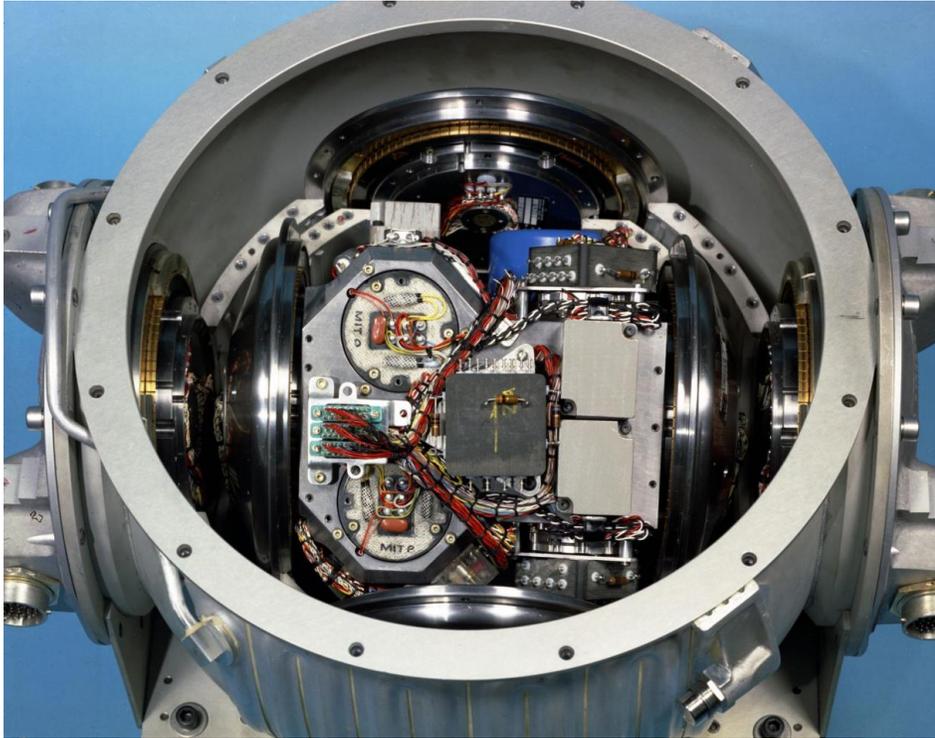


The Inertial Measurement Unit (IMU) via a sketch by Draper himself



- by precisely measuring the orientation (with a gyroscope) and the acceleration (using an accelerometer) you can precisely calculate your position
- this is because
$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{t} = \frac{d^2\vec{s}}{dt^2}$$
- if you integrate the acceleration you will always know your position
- you need to integration constants:
 - \vec{s}_0 = location of Cape Canaveral
 - $\vec{v}_0 = 0$

How do we navigate today? IMUs to the rescue again! However



Ultra-low-power
6-axis industrial-grade IMU



- 50 years later, the fridge-sized instruments is about the size of your pinky's nail
- accelerometers can be shrunk to the size of needle pin

Need proof? Phones out!

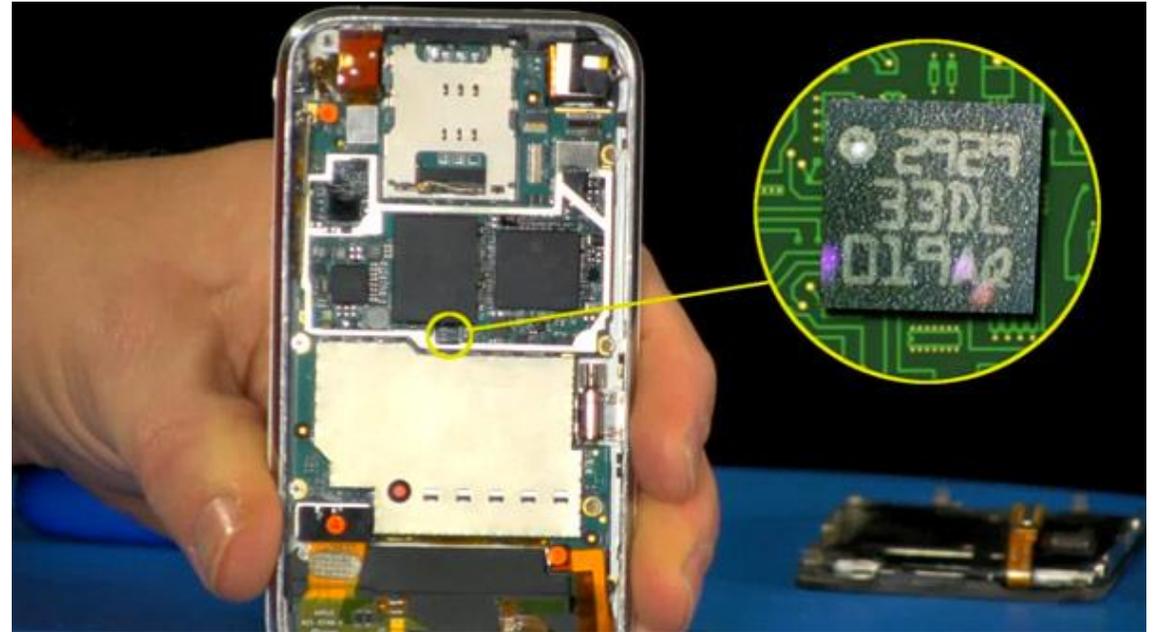
- this is an IMU which outperforms Apollo's on-board IMU by two orders of magnitude!
- and this image is from 2012!
- costs? 0.08 Euro 😊

So how did we get from a fridge-sized devices to something which we all carry in our pockets?

Ladies and Gentlemen: Microsystems Technology

Next time somebody asks you what exactly you study, you could tell them:

We put space science in your pocket – and help return mankind to the moon (and beyond) – among many, many, many other things.



Makrosysteme

Der Airbus A380

- Um die 1 Millionen Einzelteile!
 - Ein Flügel: 32,000 Teile
- Kosten: \$ 275 Millionen
 - Etwa \$ 275 / Teil
- Aufwendige Einzelfertigung



Kann man sich ein solches System mit **2 Millionen** Teilen vorstellen?



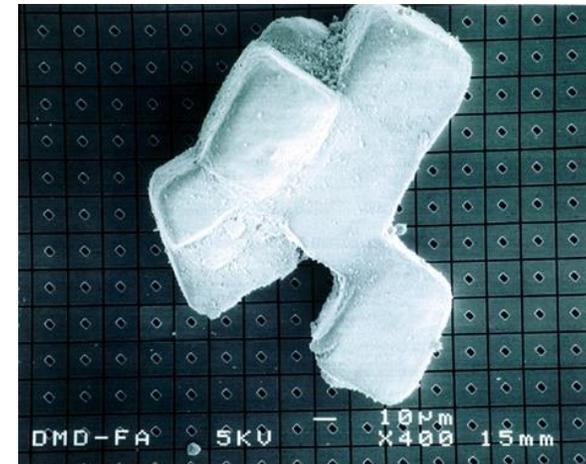
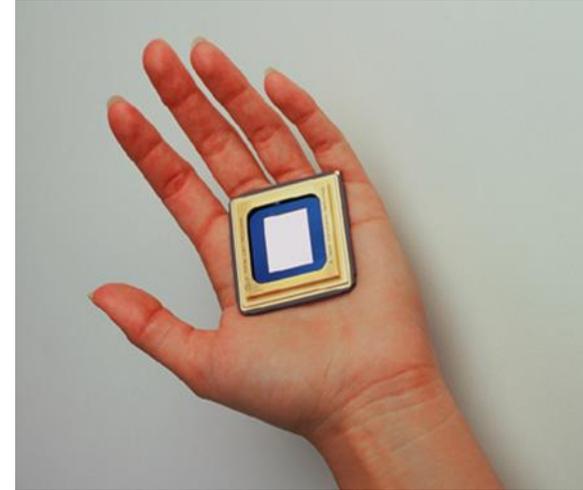
Ein Mikrosystem

Das DMD

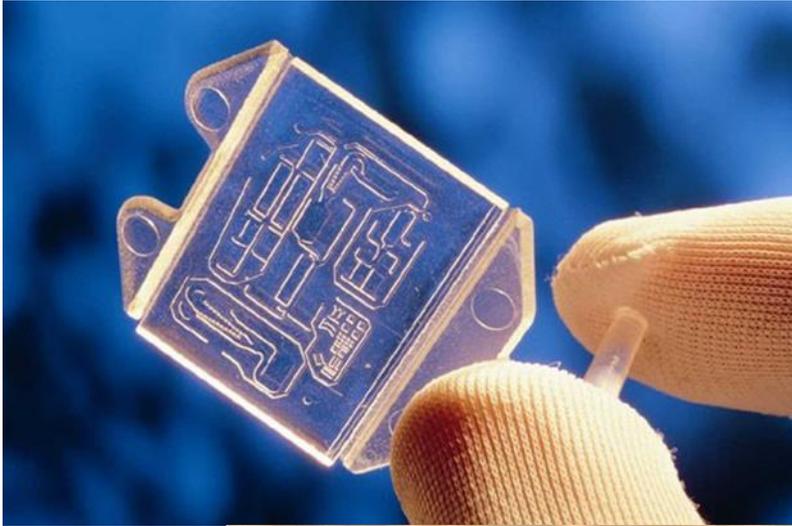
- Digital Micromirror Device
- 1,6 cm x 1,6 cm
- 508,800 Spiegel mit je 17 μm x 24 μm
- ~ 2,2 Millionen Teile
- Kosten: ~ € 2.000
- Kosten / Teil: < 0,1 Cent
- Massenfertigung

Mikrosysteme

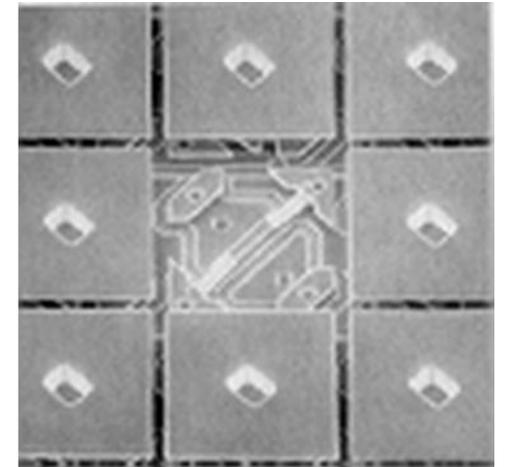
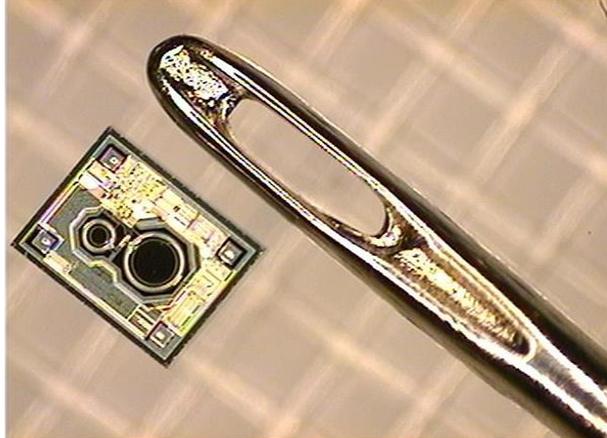
- Viele Funktionen
- Wenig Platz



Mikrosysteme sind klein



Small



Tiny

Smaller

Mikrosysteme sind überall

Medizin

- Minimalinvasive Chirurgie
- Diagnostik

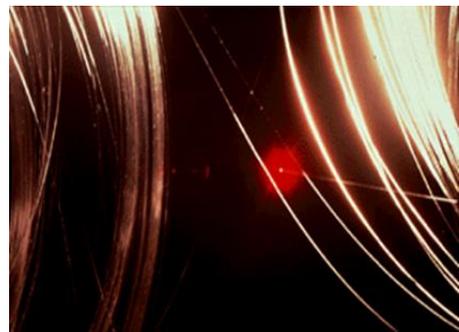


Kommunikation

- Faseroptik
- Mobiltelefone

Konsumgüter

- Autonome Netzwerke
- Sensorik



Industrie

- Prozesskontrolle
- Messtechnik

Automobile

- Gyroskop
- Airbags



Der Beruf

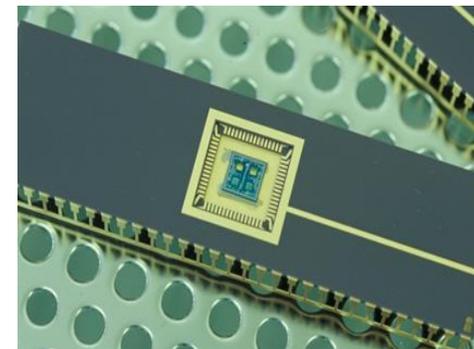


MSTlerinnen und MSTler: Technisch

Was müssen Sie als MSTlerin und MSTler können?

Ihre Fähigkeiten:

- Problemdefinition
- Lösungen & Evaluation
- Design & Entwicklung
- Fabrikation
- Charakterisierung & Optimierung
- Aufbautechnik
- Systemtest & Qualifikation
- Transfer zur Produktion
- Marketing



MSTlerinnen und MSTler: Nicht-technisch

Nicht nur technische Exzellenz...

... aber auch soziale:

- Teamfähigkeit
- Soziale Kompetenz
- Kreativität
- Offenheit für neue Ideen
- Sicheres Auftreten
- Kommunikationsfreude
- Unternehmungsgeist
- Leistungsfähigkeit & Selbstmotivation
- Führungsstärke



Wohin nach dem Studium?

Der BSc ist gut...

... der MSc ist noch besser!

MSTler & MSTlerinnen werden:

- Unternehmer, technische Mitarbeiter, Projektleiter, Gruppenleiter, Abteilungsleiter, CEO, Astronauten...

Potentielle Arbeitgeber

- Großfirmen, KMUs, Kleinfirmen
- Als selbständige Unternehmer

Gesucht werden:

- Entwicklungsfähigkeiten
- Auslandserfahrung
- Arbeitserfahrung
- Praktika
- Weniger: besondere Kenntnisse



Das Institut



Technische Fakultät im Detail

Jüngste Fakultät der Uni (seit 1995)

- **Institut für Informatik (IIF)**
 - 20 ProfessorInnen
 - ca. 100 WissenschaftlerInnen
 - ca. 950 Studierende
- **Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK)**
 - 22 ProfessorInnen
 - ca. 300 WissenschaftlerInnen
 - ca. 880 Studierende
- **Institut für Nachhaltige Technische Systeme (INATECH)**
 - 11 ProfessorInnen
 - ca. 380 Studierende



IMTEK-Professuren



IMTEK Lehrstühle

Anwendungs- entwicklung R. Zengerle	Bio-und Nanophotonik A. Rohrbach	Biomedizinische Mikrotechnik T. Stieglitz	Biomikrotechnik U. Egert	Chemie und Physik von Grenzflächen J. Rühle	Konstruktion von Mikrosystemen P. Woias	Messtechnik u. Eingebettete Systeme S. Rupitsch
Gas- sensoren (FhG-IPM) J. Wöllenstein	Material- prozess- technik T. Hanemann	Mikro-und Werkstoff- mechanik C. Eberl	Mikroaktoren U. Wallrabe	Mikroelektronik M. Kuhl	Mikrooptik H. Zappe	Materialien der Mikrosystem- technik O. Paul
Optische Systeme (FhG-IPM) K. Buse	Prozess- technologie B. Rapp	Simulation L. Pastewka	Systemtheorie M. Diehl	Smart Systems Integration A. Dehé	Sensoren A. Daus	Soft Machines E. Milana

IMTEK Laboratories

MEMS Applications

Prof. Dr. Roland Zengerle

Bio- and Nano-Photonics

Prof. Dr. Alexander Rohrbach

Biomedical Microtechnology

Prof. Dr. Thomas Stieglitz

Biomicrotechnology

Prof. Dr. Ulrich Egert

Chemistry and Physics of Interfaces

Prof. Dr. Jürgen Rühle

Design of Microsystems

Prof. Dr. Peter Woias

Electr. Instrumentation & Embedded Sys.

Prof. Dr. Stefan Rupitsch

Gas Sensors

Prof. Dr. Juergen Woellenstein

Materials Process Technology

Prof. Dr. Thomas Hanemann

Micro- and Material Mechanics

Prof. Dr. Christoph Eberl

Microactuators

Prof. Dr. Ulrike Wallrabe

Microelectronics

Prof. Dr. Matthias Kuhl

Micro-optics

Prof. Dr. Hans Zappe

Microsystems Materials

Prof. Dr. Oliver Paul

Optical Systems

Prof. Dr. Carsten Buse

Sensors

Jun.Prof. Dr. Alwin Daus

Simulation

Prof. Dr. Lars Pastewka

Smart Systems Integration

Prof. Dr. Alfons Dehé

Systems Theory

Prof. Dr. Moritz Diehl

Process Technology

Prof. Dr. Bastian E. Rapp

Soft Machines

Jun.Prof. Dr. Edoardo Milana

Das Studium – Wo geht's hier lang?



B.Sc. in Mikrosystemtechnik

Ihr Abschluss

- Bachelor of Science

Umfang

- 3 Jahre (mind.)
- 180 ECTS

Vorteile

- Europakompatibel
- Verbesserte Mobilität
- Erhöhte Flexibilität

Anschließend

- Master of Science
 - 2 Jahre
- Berufseinstieg



Der B.Sc. Studienplan

Grundlagen

- Mathematik, Physik, Chemie

Ingenieurwissenschaften

- Elektrotechnik, Elektronik, Messtechnik, Mechanik, ...

Technologie

- MST Prozesse + Bauelemente, Konstruktion, Simulation, Halbleiter, Werkstoffe,...

7 Praktika

- System Design Projekt
- Elektronik, Messtechnik, Reinraum,...

BOK: die “Soft skills”

- Präsentationstechniken, Sprachen, Management,...

Bachelorarbeit

Gliederung Ihrer Ausbildung

Grundlegende Regelungen für alle Studiengänge der Fakultät

- Insgesamt 180 ECTS, ca. 30 pro Semester
- 1 ECTS = 30 Stunden Arbeitsaufwand pro Semester (inkl. Bearbeitung der Übungszettel, Vor- und Nachbereitung der Vorlesung, Prüfungsvorbereitung)
 - 900 Arbeitsstunden pro Semester \approx ca. 38 Stunden pro Woche)
- Pflichtveranstaltungen werden jedes 2. Semester angeboten
- Prüfungen werden jedes Semester angeboten
- Das Studium ist in Modulen organisiert
- Ein Modul besteht aus einer/mehreren Lehrveranstaltungen sowie Studien- und/oder Prüfungsleistungen

Die Module

Modulbestandteile

- Vorlesung (V)
- Übung (Ü)
- Praktische Übung (PrÜ)
- Praktikum (Pr)
- Seminar (S)

Studienleistungen (SL)

- Berichte, Übungen, Protokolle, ...
- Müssen nicht benotet werden

Prüfungsleistungen (PL)

- Klausuren, Übungen, Protokolle, ...
- Benotet
- Gehen in die Endnote ein

B.Sc. MST: 1. Jahr

Semester	Modul	Typ	ECTS
1	Mathematik I für Studierende der Informatik und der Ingenieurwissenschaften	VÜ	9
1	Einführung in die Programmierung	VÜ	6
1	Mechanik (Physik)	VÜ	6
1	MST Prozesse u. Bauelemente	V	6
1	System Design Projekt	Pr	3
2	Reinraumlaborkurs	PrÜ	3
2	Einführung in die Elektrotechnik	VÜPrÜ	12
2	Elektrodynamik und Optik (Physik)	VÜ	6
2	Mathematik II für Studierende der Informatik und der Ingenieurwissenschaften	VÜ	9

B.Sc. MST: 2. Jahr

Semester	Modul	Typ	ECTS
3	Differentialgleichungen	VÜ	6
3	Elektronik – Bauelemente u. analoge Schaltungen	VPr	6
3	Elektronik – Digitale Schaltungen	VPr	3
3	Festkörperphysik	VÜ	6
3	Allgemeine und anorganische Chemie	VÜ	6
3	Physikalische Chemie	VÜ	6
4	Systemtheorie und Regelungstechnik	VÜ	6
4	Messtechnik	VPr	6
4	Halbleiterphysik	VÜ	6
4	Technische Mechanik – Statik	VÜ	6
4	Werkstoffwissenschaft	VÜ	6

B.Sc. MST: 3. Jahr

Semester	Modul	Typ	ECTS
5	Simulationstechniken	VÜ	6
5	Sensoren und Aktoren	V	3
5	Konstruktionsmethodik	VPr	6
5	Wahlpflicht MST 1	VÜ	6
5	Wahlpflicht MST 2	VÜ	3
5	ZfS-Kurs		4
6	Wahlpflicht MST 3	VÜ	3
6	Wahlpflicht MST 4 oder fachfremdes Wahlmodul		6
6	Seminar Mikrosystemtechnik	S	3
6	ZfS-Kurs		4
6	Bachelormodul		13

B.Sc. MST: Wahlpflichtmodule

Semester 4-6

- Insgesamt 18 ECTS
- Ein fachfremdes Modul möglich (Studienleistung; es müssen aber alle zur Veranstaltung gehörenden Leistungen - auch Prüfungen- absolviert werden; ggf. vergebene Noten tauchen im Transcript of Records auf, gehen aber nicht in die Endnote ein
- Alternativ zur Absolvierung des fachfremden Wahlpflichtmoduls: Studienprojekt mit 6 ECTS

B.Sc. MST: BOK

Berufsfeld orientierte Kompetenzen (BOK)

Kurse in fächerübergreifenden Soft Skills am Zentrum für Schlüsselqualifikationen der Universität Freiburg

- Mehr Infos zu den Angeboten finden Sie unter:

<https://uni-freiburg.de/lehre/zentrum-fuer-schluesselqualifikationen-zfs/>

und in HISinOne.

Die Orientierungsprüfung

Orientierungsprüfung

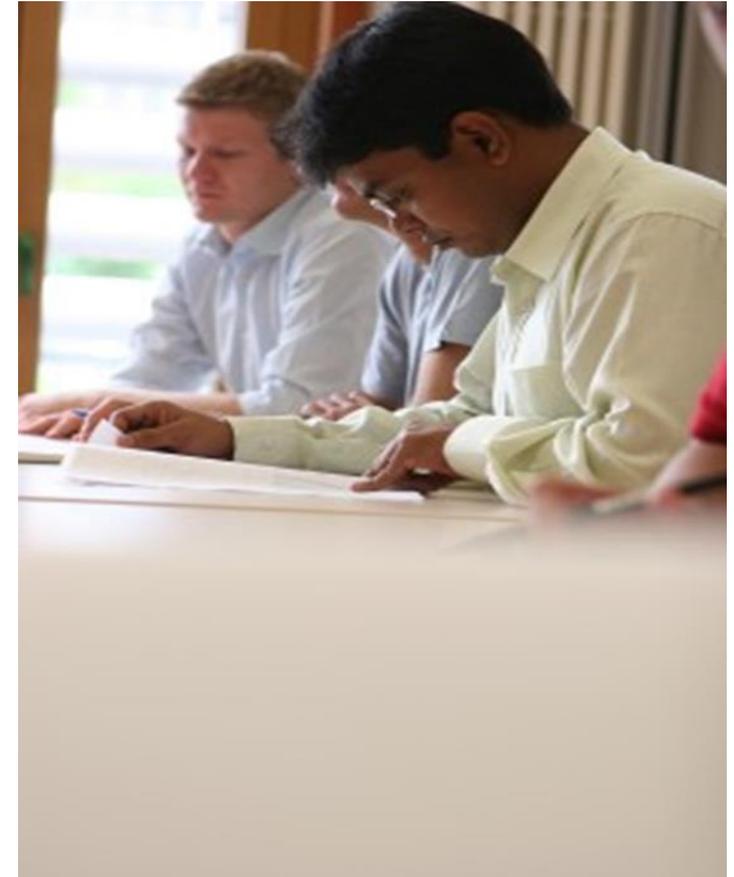
- „Zulassung“ zum Weiterstudieren

Ein Modul

- MST – Prozesse und Bauelemente

Rahmenbedingungen

- Muss bestanden werden
- Spätestens bis zum Ende des
3. Semesters
- Bitte nehmen Sie diese ernst!



Auslandssemester

Wozu?

- Horizont erweitern
- Sprachen und Kulturen
- Arbeitgeber legen Wert darauf

Wann?

- 3. Jahr Bachelor
- Im Master
- Dazwischen

Wie?

- ERASMUS
- Früh planen
- <https://www.tf.uni-freiburg.de/de/studium-lehre/a-bis-z-studium/auslandsstudium>

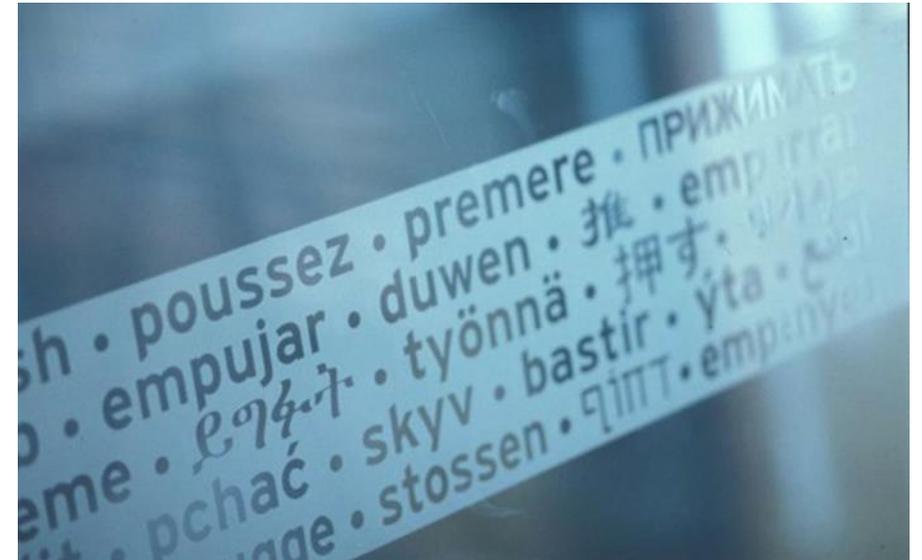
Ansprechpartner IMTEK

Dr. Frank Goldschmidtboing, studienberatung@imtek.de

Ansprechpartner Technische Fakultät

Prof. Dr. Christian Schindelhauer

erasmus@tf.uni-freiburg.de



Plagiate

Plagieren ist:

Die Benutzung von Texten, Bildern, Berichten, Daten, Lösungen usw. anderer....

... ohne die Quelle anzugeben

Quellen sind:

– Bücher, das Internet, KommilitonInnen, ...

Um es klar zu stellen:

– Plagieren ist illegal, d.h. eine Straftat

Einfache „if...then“ Schleifen:

IF: Wenn Sie plagieren...(einmal)

...THEN: Fallen Sie durch die Prüfung

IF: Wenn Sie mehrmals plagieren (≥ 2)

... THEN: Ist Ihre akademische Karriere beendet.



Vorsicht auch bei AI-generierten Texten – das sind nicht Ihre eigenen Gedanken

- Die Dozenten verwenden Tools zum Auffinden von Plagiaten und AI-generierten Texten
- Diese Tools sind sehr gut (> 98 % Trefferrate)

Die Hilfe



Fragen???

Fragen Sie uns bitte...

- Frühzeitig (nicht erst, wenn es zu spät ist)
- Wenn möglich während unserer Büro- oder Sprechstunden
- Bei E-Mails: Geben Sie uns bitte ein paar Tage Zeit zu antworten

Infos im Netz

- Technische Fakultät:
<https://www.tf.uni-freiburg.de/de/studium-lehre>
- Termine und Deadlines:
<https://www.tf.uni-freiburg.de/de/studium-lehre/termine>
- Website des Studiengangs:
<https://www.tf.uni-freiburg.de/de/studienangebot/mikrosystemtechnik/b-sc-mikrosystemtechnik>
- Informationen für Newbies:
<https://www.tf.uni-freiburg.de/de/studium-lehre/a-bis-z-studium/erstsemester-infos-wintersemester>
- A bis Z – Studium
<https://www.tf.uni-freiburg.de/de/studium-lehre/a-bis-z-studium>

Weitere Informations - und Hilfsangebote

- Offizielle Seiten von Uni, Fakultät und Studiengang
- Studienberater*innen/Studiengangkoordination: <https://www.tf.uni-freiburg.de/de/studienangebot/studienberatung>
- Mentor*innen
- Dozent*innen / Assistent*innen
- Fachschaft TF
- Student Service Center, Zentrale Studienberatung, PBS, Nightline
- Studierendenwerk
- Mitstudierende

universität freiburg

Auf geht's!

Infos aus dem Service Center Studium
zum Studienstart

Wintersemester 2023/24
Service Center Studium
www.studium.uni-freiburg.de



Was ist das Service Center Studium? Viele Anliegen, ein Haus

SCS – Sedanstr. 6

Zentrale Studienberatung

Information

Hotline

Beratung

Workshops,
Veranstaltungen

Medienteam (OSA,
myUFR-App)

Projekte

Studierenden- sekretariat

Bewerbungs- und
Zulassungs-
verfahren
(Deutsche u.
Bildungsinländer)

Studierenden-
administration

International Admissions and Services

Bewerbungs- und
Zulassungs-
verfahren Int.
Studierende

Studierenden-
administration

Interkulturelles
Mentoring

APIS Int.
Studierende

UniCard Büro

Deutschlandstipendium

Stipendienberatung

FACE Lehramtsberatung

Wege ins Ausland | Erasmus+

Beauftragte Stud. chronische
Krankheiten o. Behinderung

Hochschulteam Arbeitsagentur

Wann zu wem?

Für alles Fachliche und Fach-nahe:

Für Überfachliches:

Lehrende

z.B. inhaltliche Fragen, Literatur und Lernmaterial etc.

Studienfachberatung

z.B. Studienplanung, Entscheidungen, Schwerpunktsetzung, Prüfungsordnung, Anrechnung etc.

Zentrale Studienberatung im Service Center Studium

z.B. Motivation, Neuorientierung, Entscheidungsfindung, Lernprozess, Studienorganisation, Stress, Krisen etc.

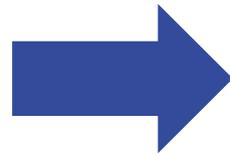
- vertraulich, bei Bedarf anonym, ergebnisoffen
- ggfls. Verweis zu weiteren Ansprechpartnern (FACE, Beauftragte für Studierende mit chronischer Erkrankung/Behinderung, Arbeitsagentur etc.)

→ www.zsb.uni-freiburg.de

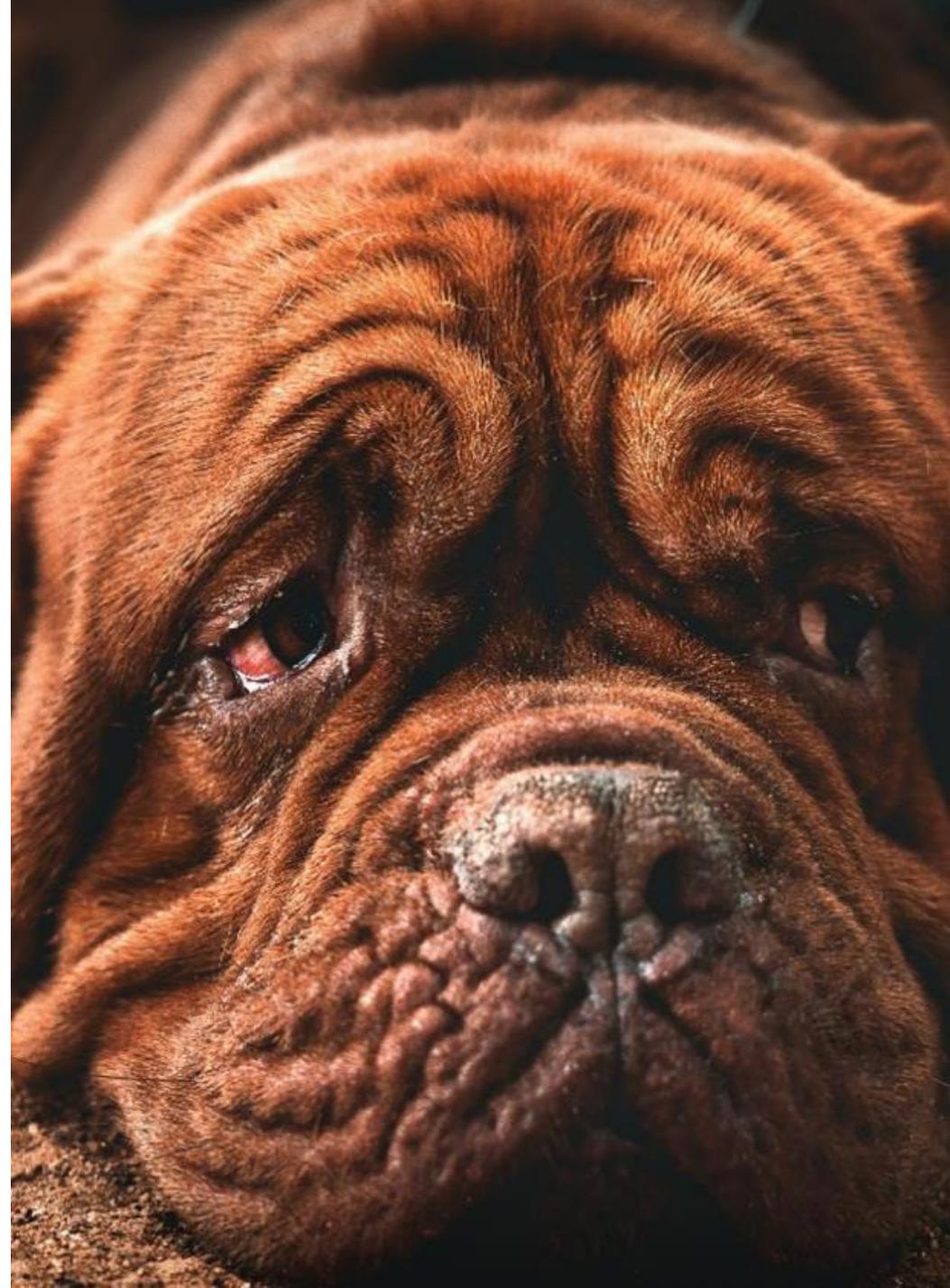
Was tun, wenn's hakt?

Turbulenzen im Studium

- Ratlosigkeit, Zweifel und Krisen sind normale Bestandteile des Studiums: manchmal ist es nur eine kurze Irritation, manchmal steckt mehr dahinter
- Es gibt viele hilfreiche Ansprechpersonen an der Universität; das SCS hilft weiter oder findet die richtigen Stellen für Sie
- Von Anfang an auf gute Balance achten (z.B. Studentisches Gesundheitsmanagement, www.sgm.uni-freiburg.de; Workshops vom SCS und vom SWFR)
- Bei Bedarf lieber früher als später:



fragen
Hilfe holen
ausprobieren



Im Notfall

- Notruf 112
- <https://uni-freiburg.de/zuv/service/hilfe-bei-notfaellen/>
- <https://www.diversity.uni-freiburg.de/de/anlaufstellen>

- Psychotherapeutische Beratungsstelle des Studierendenwerks
www.swfr.de, dort unter „Beratung und Soziales“
- Bei akuten Krisen:
 - Ambulanz der Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie, Hauptstraße 5, Freiburg
Telefon: 0761/270-65 500, -65 010, -65 020
 - Notfallpraxis der Kassenärztlichen Vereinigung BW in der Universitätsklinik, Erdgeschoss, Hugstetter Str. 55, Freiburg
Telefon: 116 117 (Mo/Di/Do 20.00-6.00 Uhr; Mi/Fr 16.00-6.00 Uhr; Sa/So/Feiertag 0.00-24.00 Uhr)

Mentoring

Jede Studentin/ jeder Student hat ein/e Mentor/in

- Professor/Professorin als Kontaktperson
- Zuordnung durch die Studiengangkoordinatorin

Kontaktstelle für:

- Probleme, Fragen, Klarstellungen, Berufsberatung, Stellensuche, Gutachten und Empfehlungen oder generelle persönliche Hilfestellung



Kontaktpersonen I

■ Studiendekan

- Prof. Dr.-Ing. habil. Bastian E. Rapp
 - 203 7350
 - bastian.rapp@imtek.uni-freiburg.de



■ Studiengangkoordinatorin

- Svenja Andresen
 - studiengangkoordination.mst@imtek.uni-freiburg.de
 - 203 97940



■ Studienberater

- Dr. Jochen Kieninger
 - 203 7265
- Dr. Oswald Prucker
 - 203 7164
- studienberatung@imtek.de



Kontaktpersonen II

Prüfungsamt

Susanne Stork

pruefungsamt@tf.uni-freiburg.de

203 8087



Anne-Julchen Müller

pruefungsamt@tf.uni-freiburg.de

203 8083



Fachschaft der Technischen Fakultät

<https://fachschaft.tf.uni-freiburg.de/>



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

