



Laboratorium für  
Nano- und Quantenengineering



Leibniz  
Universität  
Hannover

# Nanotechnologie studieren an der Leibniz Universität Hannover

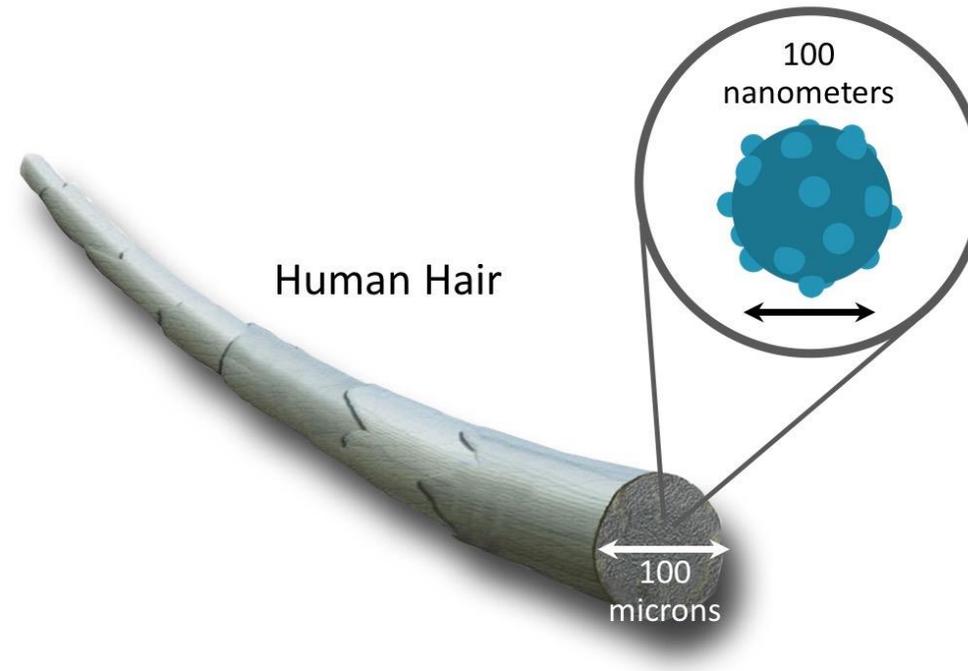
Fritz Schulze-Wischeler  
Laboratorium für Nano- und Quantenengineering  
Leibniz Universität Hannover

HIT 2023, Mi 13.09.2023, 10:30 – 11:15 Uhr



# Nanotechnologie

- „nano“: griechisch, „Zwerg“ oder „zwerghaft“
- Kleiner 100 Nanometer (in 1, 2 oder 3 Raumdimensionen)
- Neue Funktionalitäten



Quelle: Massachusetts Institute of Technology, USA

# The Scale of Things – Nanometers and More

## Things Natural



Dust mite  
200  $\mu\text{m}$

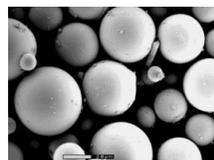


Human hair  
~60-120  $\mu\text{m}$  wide

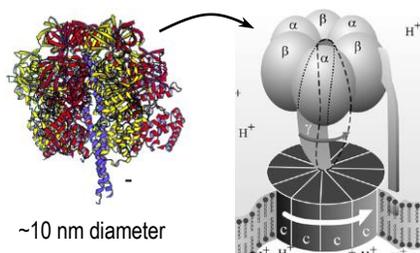
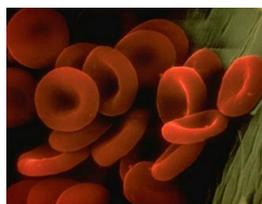
Red blood cells  
(~7-8  $\mu\text{m}$ )



Ant  
~5 mm

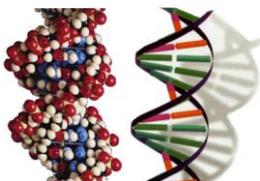


Fly ash  
~10-20  $\mu\text{m}$

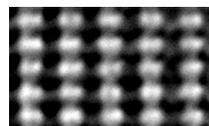


~10 nm diameter

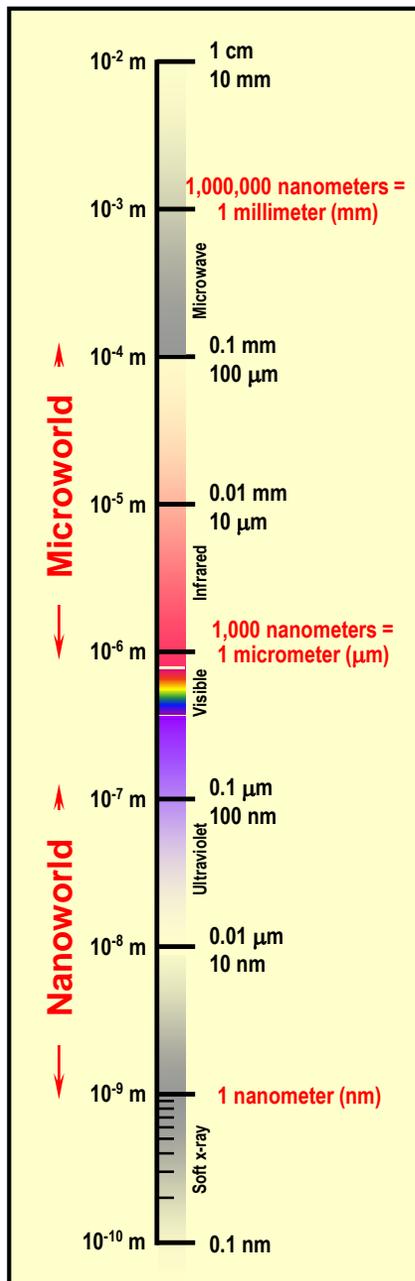
ATP synthase



DNA  
~2-1/2 nm diameter



Atoms of silicon  
spacing 0.078 nm



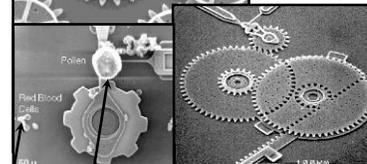
## Things Manmade



Head of a pin  
1-2 mm

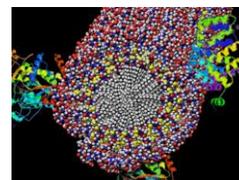


MicroElectroMechanical (MEMS) devices  
10 -100  $\mu\text{m}$  wide

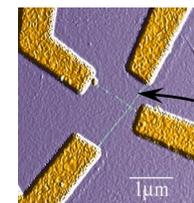


Pollen grain  
Red blood cells

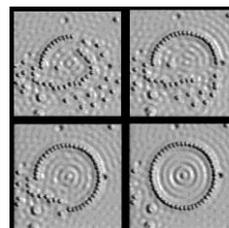
Zone plate x-ray "lens"  
Outer ring spacing ~35 nm



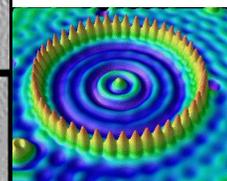
Self-assembled,  
Nature-inspired structure  
Many 10s of nm



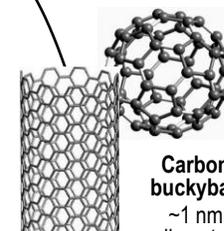
Nanotube electrode



Quantum corral of 48 iron atoms on copper surface  
positioned one at a time with an STM tip  
Corral diameter 14 nm

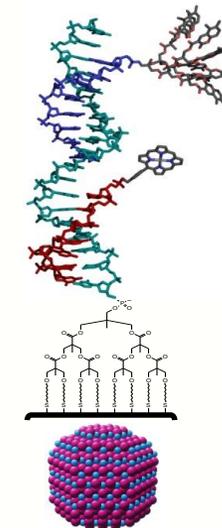


Carbon nanotube  
~1.3 nm diameter



Carbon buckyball  
~1 nm diameter

### The Challenge



*Fabricate and combine nanoscale building blocks to make useful devices, e.g., a photosynthetic reaction center with integral semiconductor storage.*

# Nanomaterialien



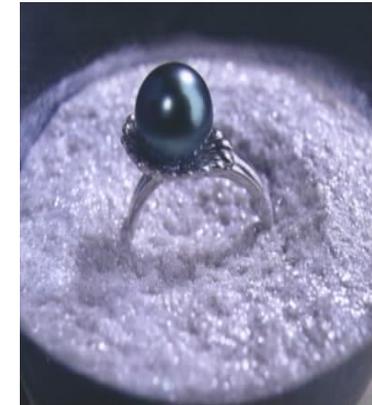
# Anwendungen von Nanoeffekten



**Effektlack**



**Lebensmittel**



**Schmuck**



**Polymere**



**Kosmetika**



**Papier und Drucke**

# Nanoelektronik

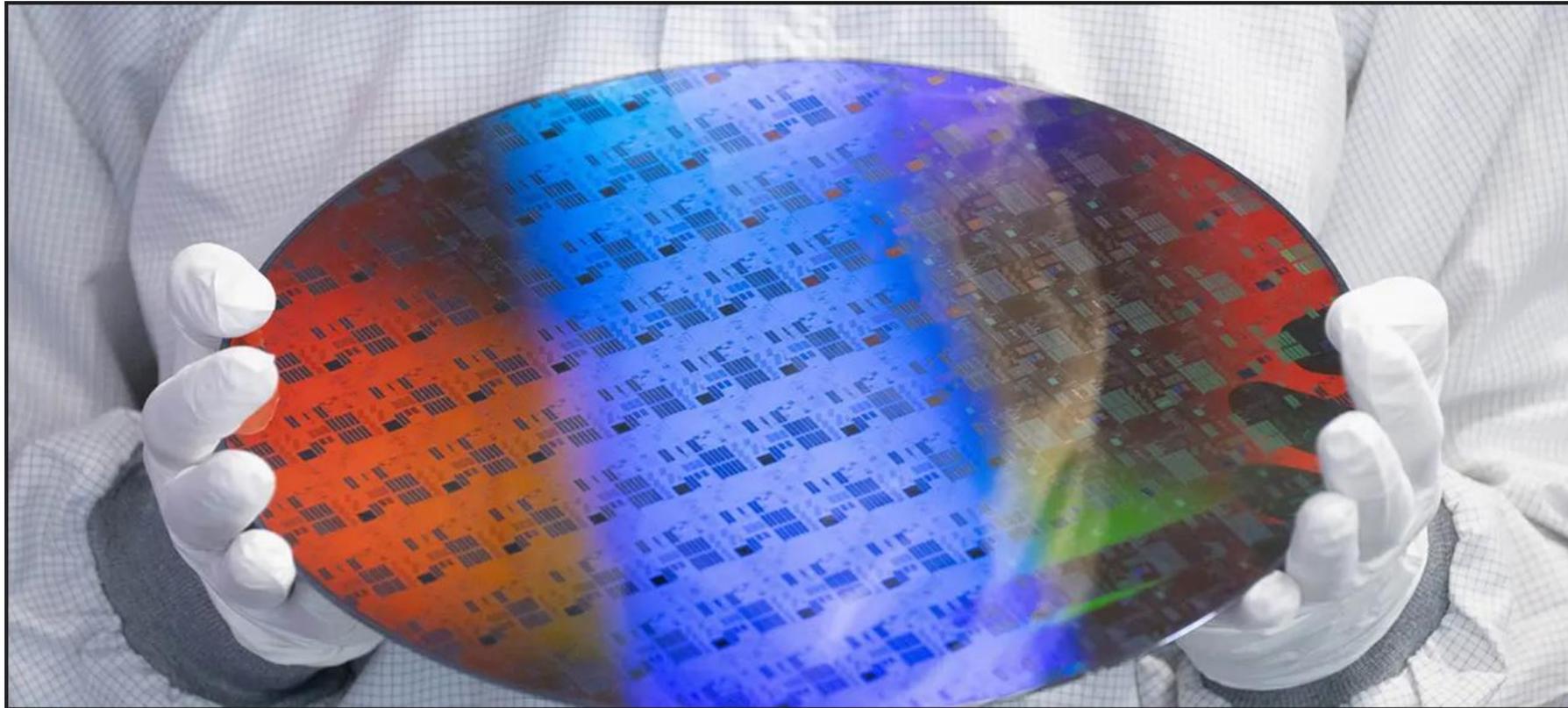


Entwicklung von Materialien und Technologien für die elektronischen Lösungen der Zukunft



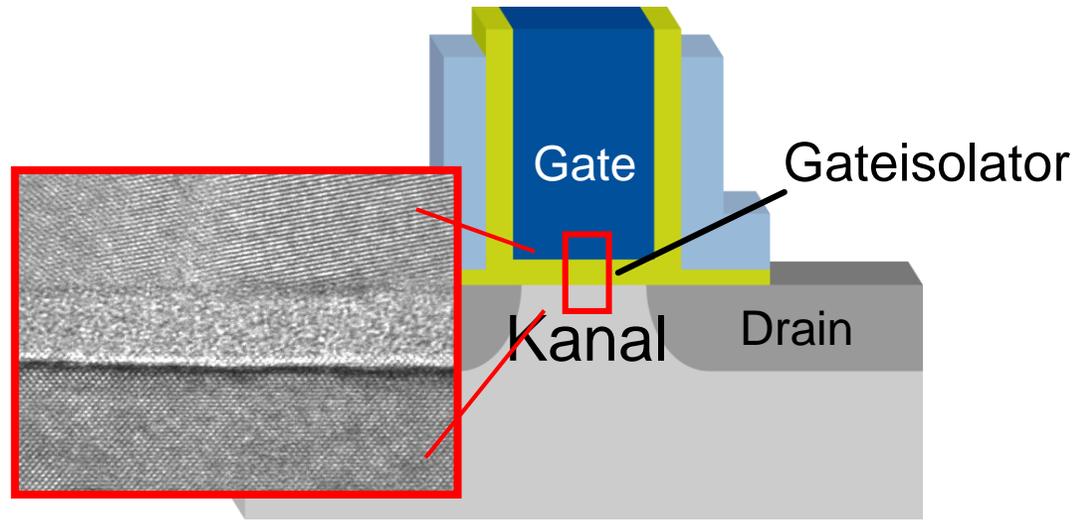


# Mehr Chips "made in Europe"

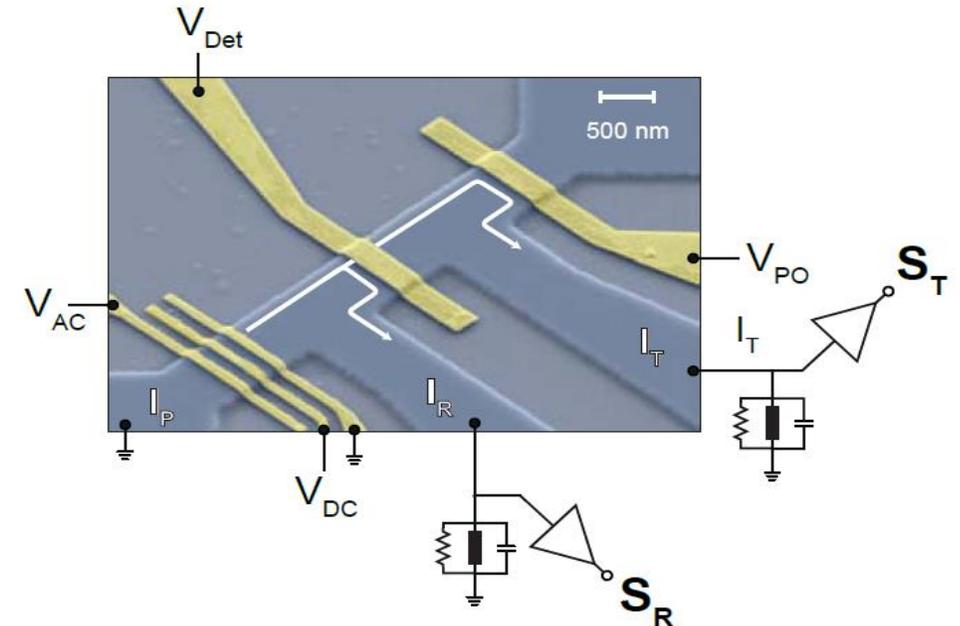


Quelle: tagesschau.de 19.04.2023

# Wir skalieren Transistoren....



- ➔ heute: Länge < 22 nm (wenige hundert Atome)  
Schichten mit wenigen nm
- ➔ Elektronik ist Nanotechnologie



Elektron-Pumpe als Stromwaage  
(Haug/Festkörperphysik)

# Laboratorium für Nano- und Quantenengineering

Interdisziplinäres Forschungszentrum der Leibniz Universität Hannover auf dem Gebiet  
Nanotechnologie

- Gemeinsame Forschung von über 30 Arbeitsgruppen:  
**Chemie, Physik und Ingenieurwesen**
- Studiengang **B. Sc. + M. Sc. Nanotechnologie** mit 250 Studierenden
- Promotionsprogramm *Hannover School for Nanotechnology*
- Forschungsbau mit Laboren, Büros und 409 m<sup>2</sup> Reinraum



# Forschungsbau





# Studiengang Nanotechnologie

## Bachelor of Science



- Vom LNQE initiiertes interdisziplinäres Studiengang
- Kernfächer Chemie, Elektrotechnik, Maschinenbau und Physik

# Bachelor

- Kombination von Grundlagenfächern aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften ergänzt durch spezifische Veranstaltungen zur Nanotechnologie
- Kompetenzfelder im Bachelorstudium
  - ✓ Allgemein: Einführung in die Nanotechnologie
  - ✓ Chemie
  - ✓ Elektrotechnik
  - ✓ Maschinenbau
  - ✓ Physik
  - ✓ (+ Mathematik)

# Bachelor

- Fachlich „breites“ Studium: Ausbildung zum Generalisten statt zum Spezialisten
  - ✓ 6 Semester
  - ✓ Feste Struktur des Studiums
  - ✓ 12 Wochen Fachpraktikum
  - ✓ Jeweils ein Ingenieur- und ein naturwissenschaftliches Kompetenzfeld min. 40 LP
  - ✓ Schlüsselkompetenzen: Seminar Nanotechnologie + Wahlkurse
  - ✓ 360 h Bachelorarbeit mit abschließender Präsentation

# Zugangsvoraussetzungen & Tipps

- Zulassungsfrei
- Was man braucht:
  - Naturwissenschaftliches Grundverständnis
  - Mathematik
  - Durchhaltevermögen
- Tipps:
  - Vorkurs Mathematik für Ingenieure
  - Orientierungswoche durch Fachrat
  - Externe: Vorher Zimmer organisieren
  - Hinweis: „Pendeln“ aus dem Umland geht mit dem Semesterticket sehr gut
  - Nicht alleine Studieren, sondern zusammen mit Kommilitonen

Semester		1.	2.	3.	4.	5.	6.	LP
Grundlagenbereich	Elektrotechnik und Informatik	Grundlagen der Elektrotechnik I „Netzwerke“ 6 LP	Grundlagen der Elektrotechnik II „Felder“ 8 LP	Grundlagenlabor ET 2 LP				18
			Grundlagenlabor ET 2 LP					
	Maschinenbau	Technische Mechanik I 5 LP	Technische Mechanik II 5 LP	Mikro- und Nanotechnologie 5 LP				15
	Mathematik	Mathematik für Ingenieurwissenschaften I 8 LP	Mathematik für Ingenieurwissenschaften II 8 LP	Mathematik für Ingenieurwissenschaften 6 LP				22
	Physik	Physik I - Mechanik und Wärme 6 LP	Physik II – Elektrizität und Relativität 8 LP	Physik III - Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene 8 LP	Grundpraktikum Physik 4 LP			26
	Chemie			Allgemeine Chemie für Nanotechnologie und Physik 5 LP	Thermodynamik für Nanotechnologie 6 LP			16
					Praktikum und Seminar Allgemeine Chemie für Nanotechnologie 5 LP			
Einf. Nano	Einführung in die Nanotechnologie 5 LP					Seminar Nanotechnologie 3 LP	8	
LP		29	31	Ca. 30	Ca. 30	Ca. 30	Ca. 30	180

Semester		1.	2.	3.	4.	5.	6.	LP
Vertiefungsbereich	Natur (1 WK)	WK Chemie			Anorganische Chemie I 5 LP	Instrumentelle Methoden I 6 LP	Technische Chemie I 4 LP	20
						Anorganische Chemie II 5 LP		
	WK Physik			Elektronik 6 LP	Praktikum Elektronik 4 LP		20	
				Quantentheorie für Nanotechnologie 6 LP	Einführung in die Festkörperphysik 8 LP			
	Technik (1WK)	WK ET			Halbleiterelektronik 8 LP	Regelungstechnik I 4LP		20
						Sensorik und Nanosensoren 5 LP		
Informationstechnisches Praktikum 3 LP								
WK MB			Mikro und Nanosysteme 5 LP		Regelungs- technik I + Tutorium 5 LP	20		
			Werkstoffkunde I + II + Praktikum 10 LP					
Schlüssel- kompetenzen	Schlüssel- kompetenzen			Auswahl aus Veranstaltungen im Bereich Schlüsselkompetenzen lt. Modulkatalog im Umfang von 5 LP				5
	Fachpraktikum					Fachpraktikum 15 LP		15
Bachelorarbeit							Bachelor- arbeit 15 LP	15
LP		29	31	Ca. 30	Ca. 30	ca. 30	ca. 30	180

# Master

- Masterstudium:
  - ✓ Start im Sommer- und Wintersemester
  - ✓ 4 Semester
  - ✓ Hohes Maß an individueller Gestaltung des Studiums
  - ✓ 3 Labore
  - ✓ 900 h Masterarbeit
  
- Kompetenzfelder im Masterstudium
  - ✓ Pflicht-Kompetenzfeld: Methoden der Nanotechnologie
  - ✓ Physikalische Chemie der Nanomaterialien
  - ✓ Anorganische Chemie der Nanomaterialien
  - ✓ Lasertechnik/Photonik
  - ✓ Materialphysik
  - ✓ Mikro- und Nanoelektronik
  - ✓ Mikroprozessortechnik
  - ✓ Biomedizintechnik
  
- Wahlbereich mit 48 Modulen aus Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften; es werden regelmäßig neue Module aufgenommen

# Halbleiter-Labor im LNQE-Forschungsbau

- Praktikum im Reinraum für Nanotechnologen
- Kleingruppen mit je 3-4 Personen
- Herstellung und Charakterisierung von MOS-Strukturen und pn-Dioden



# Berufsmöglichkeiten

*...sind die Märkte*



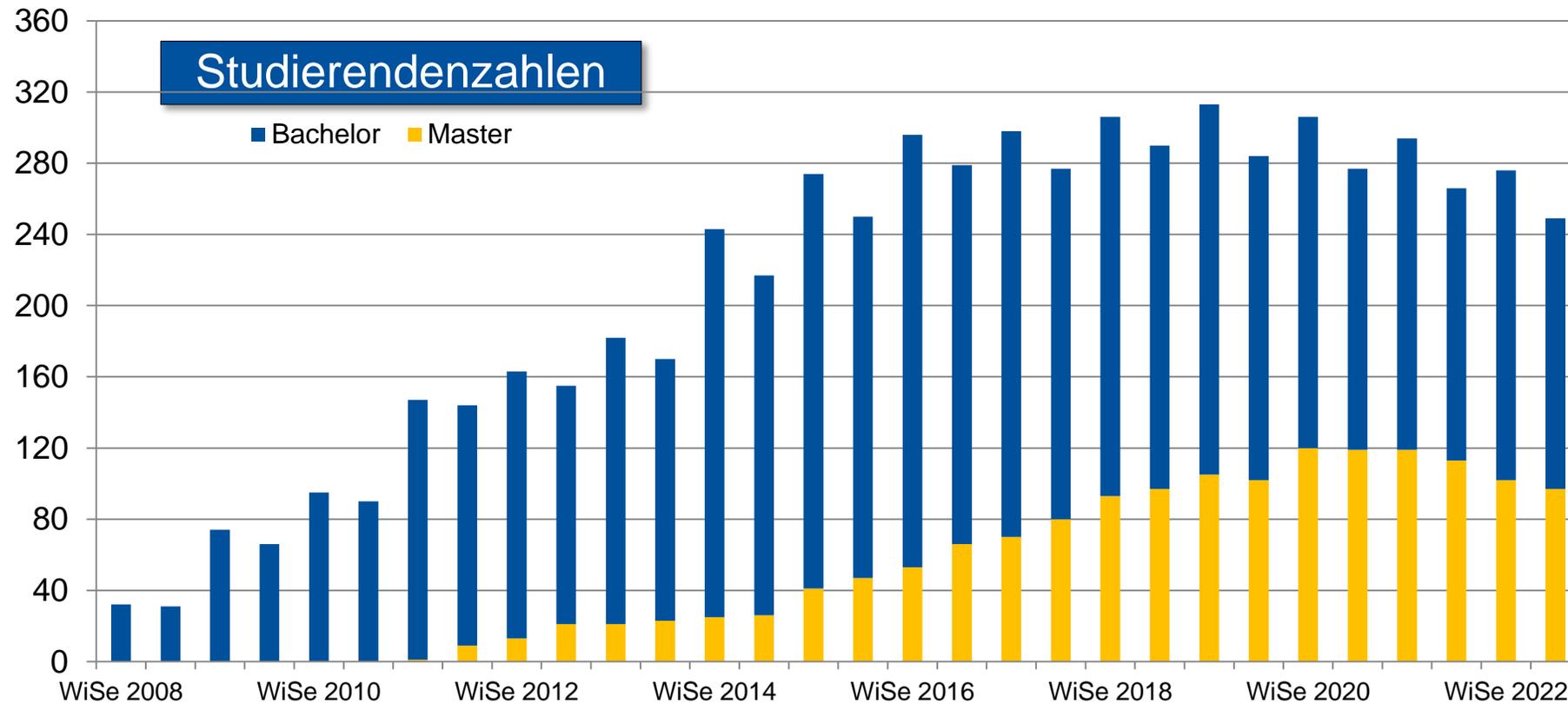
*...Andere Berufe*

*...und akademische  
Karriere*

*...und eigene  
Firma gründen*

Quelle: Hessen Nanotech 2007

# Studiengang Nanotechnologie



**Abschlüsse 2022: B. Sc. : 23 M. Sc. : 37**

**Frauenanteil: 26 %**

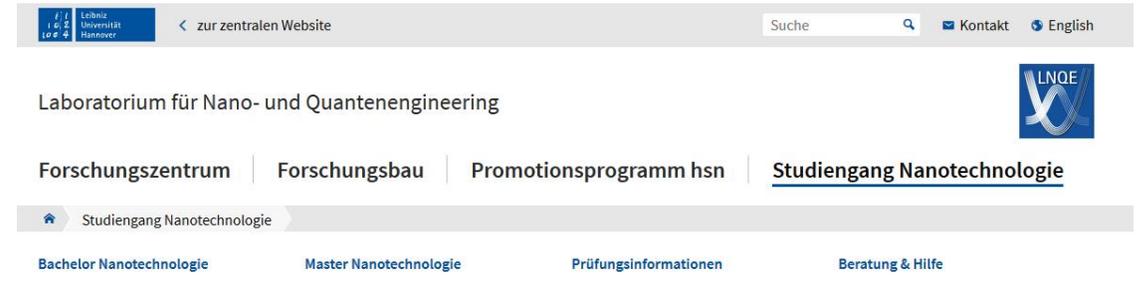
# Fachrat Nanotechnologie



# Mehr Infos zum Studiengang Nanotechnologie



- Website der Leibniz Universität Hannover
- Website des LNQE



## STUDIENGANG NANOTECHNOLOGIE



[www.LNQE.uni-hannover.de](http://www.LNQE.uni-hannover.de)

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**

**!!!! Stellt jetzt gerne Fragen !!!!**