

Mathematics Unites



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

A Lecture Course on „Mathematics as the Common Language of Natural Sciences“

Burkhard Kümmerer

7 September 2021



MINT
PLUS



GEFÖRDEBT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Contents

- ▶ Background:
Interlinking area at TU Darmstadt
- ▶ Mathematics Unites:
A Lecture Course

Starting Point

- ▶ July 2014: BMBF „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“
- ▶ Under the leadership of Regina Bruder:
Application MINT^{plus}:
„Systematischer und vernetzter Kompetenzaufbau in der
Lehrerbildung“, Start: June 2015.
- ▶ One objective: STEM orientation in teacher training at
the TU Darmstadt.
- ▶ In particular: „Vernetzungsbereich“: Interlinking Area.
Start Winter term 2017/18.



Three Pillars of Teacher Training

Subject 1

+

Didactics

90 CP

Subject 2

+

Didactics

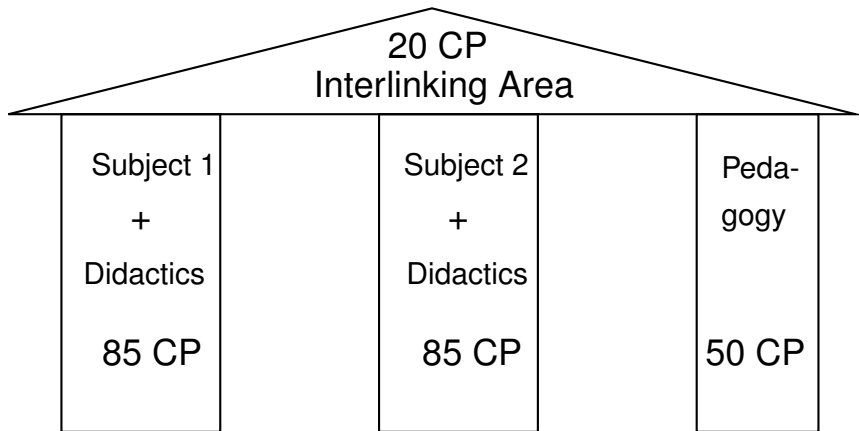
90 CP

Peda-

gogy

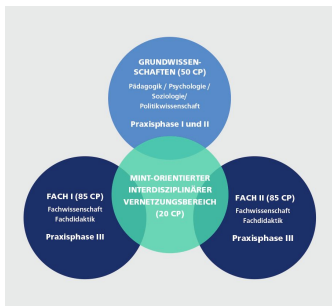
60 CP

Three Pillars with Roof



Our answer: [The interdisciplinary STEM-orientated interlinking area](#)

Key Objectives of the Interlinking Area



STEM-orientated interlinking area
for teacher students: Each module
has

STEM-orientated
interdisciplinary components.

Graphics from
Zentrum für Lehrerbildung (ZfL),
TU Darmstadt

Modules of the Interlinking Area

The interlinking area contains 12 modules from



- ▶ mathematics
- ▶ computer science
- ▶ physics
- ▶ pedagogy
- ▶ philosophy
- ▶ languages
- ▶ sports

The conceptual development of seven modules was part of the project MINTplus and financially supported by the “Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ of the German ministry of education and research.

Joining the interlinking area

Picture from a Workshop

Teachers of the interlinking area **interlink each other**: They

- ▶ exchange information about the contents of their modules
- ▶ refer to each other in their courses
- ▶ collaborate,

so that the subjects **grow together**.

Matrix with more than 150 cross cutting issues!!



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

	ZI	VN	MP	MS	
ZI	<ul style="list-style-type: none"> Was ist die Zielsetzung? Wichtigste Lebensziele für Individuen (persönlich, Konsumtion) Was ist die Zielsetzung? Wichtigste Ziele für den Staat Wichtigste Ziele für die Wirtschaft Wichtigste Ziele für die Umwelt 	<ul style="list-style-type: none"> Erarbeiten von Vorwissen entdecken Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Medien & Umweltbildung 	<ul style="list-style-type: none"> Futurpacha Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung
VN	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung
MP	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung
MS	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung
FS	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung
GV	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung
TP	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung
EM	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung
KB	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung

	FS	GV	TP	EM	KB
ZI	<ul style="list-style-type: none"> Sprache als zentrale Verbindung 	<ul style="list-style-type: none"> Beziehungsnetze Methodik Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung
VN	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung
MP	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung
MS	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung
FS	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung
GV	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung
TP	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung
EM	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung
KB	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisgewinnung

Recent Success

Screen shot from a Zoom meeting

July 2021 Success:
Funding competition
MINTplus – plusMINT
by Stifterverband:

Idea

- ▶ STEM → STEAM
- ▶ Build Bridges

Plan:

- ▶ Schools
- ▶ Public Lecture Series

Contents

- ▶ Background:
Interlinking area at TU Darmstadt
- ▶ Mathematics Unites:
A Lecture Course

Idea: Mathematics is the common language of all natural sciences



- ▶ Use the common mathematical language to reveal relationships between and give insights into different subjects.
- ▶ Address teacher training STEM students, in particular.
- ▶ Take into account the fact that there are students studying
 - ▶ mathematics
 - ▶ e.g., biology and philosophy, who receive no mathematical education at all at the university.

This is a challenge!

Formalities

Compulsory for teacher training students in their first semester which study at least one of the subjects

- ▶ mathematics
- ▶ physics
- ▶ chemistry
- ▶ biology
- ▶ computer science

Elective for all others
Started at winter semester 2017/18

- ▶ Lecture Course: 2 hours per week: for all students
- ▶ Exercises (1h/week):
STEM = STE+M: Separately for
 - ▶ students with mathematics (M)
 - ▶ students without mathematics (STE)

Main Objectives



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- ▶ For all:
 - ▶ Insights into and links between different subjects
 - ▶ Reflecting the role of mathematics in natural sciences
 - ▶ Fostering crossover cooperations in school teaching
 - ▶ Possibilities and limitations of mathematical modelling
 - ▶ Strengthening the identity as a student teacher
- ▶ For STE-students:
 - ▶ Building mathematical understanding and intuition
 - ▶ Reducing fear of mathematics
 - ▶ **Not:** Mathematical toolbox or filling all gaps
- ▶ For M-students:
 - ▶ Understanding the role of their subject for natural sciences
 - ▶ Mathematics comes alive through a new perspective
 - ▶ No repetition through new perspectives

Preparations

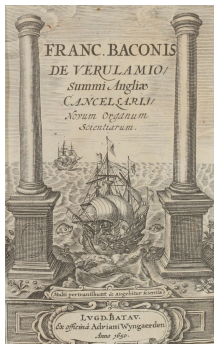
Picture of
Sandra Lang

- ▶ Two years
- ▶ Ask the students and teaching persons in the faculties involved
 - ▶ Which mathematics is needed
 - ▶ Which mathematics is taught
 - ▶ How difficult is for the students
- ▶ Build up a database with appropriate exercises

Mathematik in den Naturwissenschaften – Analysis

	Differentialrechnung	Logarithmus	Integralrechnung
Fach	Biologie	Biologie	Biologie
konkrete Inhalte	Ableitungen nach einer Variablen	Verwenden des Logarithmus in Formeln (auch umstellen) und logarithmisch aufgetragene Daten	Einfache Integrale/Stammfunktionen berechnen, selbst nicht erfahren, aber im Fragebogen: Partielle Integration und Substitution
fachbezogene Anwendung(en)	Bei Differentialgleichungen	<ul style="list-style-type: none"> • Für logarithmische Auftragungen von Daten (auch auf Logarithmuspapier) • für verschiedene Formeln <ul style="list-style-type: none"> - freie Enthalpie - pH-Wert - Henderson-Hasselbalch-Gleichung - Kleyber's Gesetz 	Ablesen der Anzahl der Individuen aus einem Wachstum-pro-Zeit-Diagramm
besondere Schwierigkeit(en)			
Sonstiges/ Anmerkungen	Eher nur in Physik für Biologen, einfaches Schulrechnen.	Kommt häufig vor und fällt den Studierenden besonders beim Umstellen nach einer Variablen sehr schwer, damit umzugehen	Wurde in dieser Form nicht unterrichtet. Eher einfache Anwendungen in Physik für Biologen
Lehrveranstaltung(en)	Physik für Biologen	<ul style="list-style-type: none"> • Zellbiologie (VI Pflicht, Praktikum Wahlpflicht) • Physiologie (VI Pflicht, Praktikum Pflicht) • Genetik (VI Pflicht, Praktikum Wahlpflicht) • Allgemeine Chemie (VI, Üb. Pflicht) • Biochemie (VI, Üb. Pflicht, Praktikum Wahlpflicht) • Physiologie der Mikroorganismen (VI Pflicht, Praktikum Wahlpflicht) • Biologische Schulversuche (Pflicht) • Vortragsseminar zum Experimentalunterricht (Pflicht) • Physik für LAG Biologie (VI, Üb. Pflicht) 	Physik für Biologen
Lehrform(en)	VI + Ü	Vorlesung, Übung, Praktikum, Seminar	VI + Ü
Pflicht/Wahlpflicht	Pflicht	Pflicht	Pflicht
Quellen	PfB_Lsg01 1.2	Kurstag 2-2013 mehrere Folien (7,11,...) Gespräche mit Profs	PfB_Lsg01 1.3
Bewertung (Ampelsystem)			

Some Propaedeutics



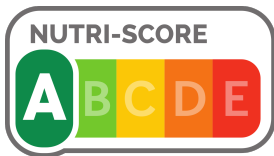
Francis Bacon,
Novum Organum,
ERB Lindau

- ▶ What distinguishes scientific language from everyday language or even poetry
- ▶ Some characteristics of natural sciences
- ▶ Why is scientific vocabulary so precise?
- ▶ Inductive versus deductive reasoning
- ▶ Some historical background

Numbers

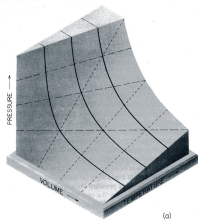
Platz	Land	Gold	Silber	Bronze	Gesamt
1	 Vereinigte Staaten	46	28	29	103
2	 Volksrepublik China	38	27	23	88
3	 Vereinigtes Königreich	29	17	19	65
4	 Russland	24	26	32	82
5	 Südkorea	13	8	7	28
6	 Deutschland	11	19	14	44
7	 Frankreich	11	11	13	35
8	 Italien	8	9	11	28
9	 Ungarn	8	4	6	18
10	 Australien	7	16	12	35
11	 Japan	7	14	17	38

(from Wikipedia)

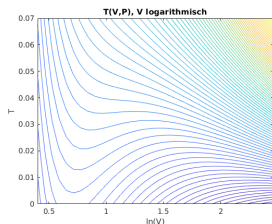


- ▶ Why do we use real numbers?
- ▶ Why is continuity important?
- ▶ Units: SI, $e^{-\frac{E}{kT}}$: Unit of k ?
- ▶ One-dimensional scales for multidimensional situations?
- ▶ Appropriate precision of numbers
- ▶ Who is liable for the use of numbers?

Functions



From W.J. Moore, Physical Chemistry



- ▶ Composition of functions
- ▶ Understand what a function, say $\mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ is doing.
 - ▶ Favorite example: ideal gas: $PV = RT$
 - ▶ Then proceed to van der Waals gas:

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

5. Sportmedizin

5.1 Tauchen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

▪ Archimedes-Prinzip – statischer Auftrieb:

$$F_A = V_M \cdot \rho_M \cdot g$$

V - verdrängtes Volumen; ρ_M – Dichte des Mediums;

g – Erdbeschleunigung

$$\text{Gleichgewicht: } V_{K1} \cdot \rho_{K1} = V_{K2} \cdot \rho_{K2}$$

▪ Boyle-Mariotte:

$$p \cdot V = \text{const}$$

pro 10 m – Druckanstieg um 1 bar

▪ Henry – druckabhängige Lösung von Gasen in Flüssigkeiten:

$$C = \alpha \cdot p$$

C - Gaskonzentration in Flüssigkeit; α - Löslichkeit; p - Partialdruck



Quelle: Wikimedia



Exponential Functions and Logarithms



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- ▶ When can growth be modelled by an exponential function?
- ▶ pH
- ▶ Weber-Fechner law
- ▶ Bit and entropy
- ▶ biodiversity

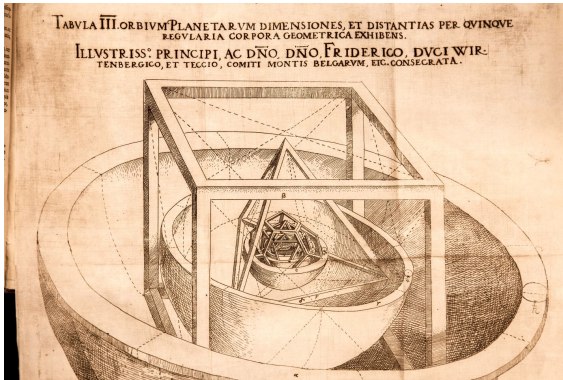


- ▶ Encouraging Evaluations
- ▶ Image video: tinyurl.com/y6qdyudw
- ▶ Regina Bruder, Burkhard Kümmerer: Mathematik verbindet: Ein neuer Vernetzungsbereich für das gymnasiale Lehramt im Darmstädter Projekt MINTplus in der Qualitätsoffensive Lehrerbildung. GDM-Mitteilungen 107 (2019), 27 – 31.

Johannes Kepler, 1596



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



J. Kepler, *Mysterium Cosmographicum*, ERB Lindau

Thank you for your attention!