

Umfrage der Fakultätentage der Ingenieurwissenschaften und der Informatik (4ING) zu den Mathematik- und Physik-Kenntnissen von Studienanfängern

*durchgeführt von 4ING¹
veröffentlicht am 14.3.2007*

1. Allgemeines

Der 2006 gegründete Verein 4ING e.V., die Dachorganisation der Fakultätentage für Bauingenieurwesen und Geodäsie (FTBG), Elektrotechnik und Informationstechnik (FTEI), Informatik (FTI) sowie Maschinenbau und Verfahrenstechnik (FTMV), vertritt insgesamt 125 Fakultäten des Ingenieurwesens und der Informatik an Universitäten im deutschen Sprachraum (s. <http://www.4ing.net>).

Angesichts der unbestrittenen Wichtigkeit tragfähiger Vorkenntnisse für ein erfolgreiches Studium führte 4ING im vierten Quartal 2006 eine Befragung unter den Mitgliedsfakultäten durch, mit dem Ziel, zum Einen die Wissensgebiete in Mathematik und Physik zu ermitteln, die für den Studienerfolg in den einzelnen Studienrichtungen besonders wichtig sind (Nachfrageseite), und zum Anderen diejenigen Gebiete, in denen besonders häufig Wissenslücken festgestellt werden (Angebotsseite) auszumachen.

Die Umfrageergebnisse, die in diesem Aufsatz vorgestellt werden, sind als Hinweise und Hilfestellung für eine zielgerichtete Verbesserung der Lehre in der Sekundarstufe II gedacht, um u.a. der hohen Abbrecherquote besonders in den ersten Studiensemestern entgegenzuwirken.

2. Vorgehensweise

Für die Fächer Mathematik und Physik wurden Fragebögen entworfen, in denen das Spektrum des von Studienanfängerinnen und Studienanfängern erwarteten Vorwissens in Mathematik in 13 und in Physik in 10 Wissensgebiete gegliedert wurde. Die Wissensgebiete konnten von den Fakultäten durch Ankreuzen als „unverzichtbar“, „wichtig“, „nützlich“ oder „entbehrlich“ für das jeweilige Studium gekennzeichnet werden, wobei nur eine Kategorie angekreuzt werden durfte.

Auf der Angebotsseite waren die nach Meinung der Fakultäten üblicherweise vorhandenen Kenntnisse als „sehr gut/gut“, „befriedigend“, „ausreichend“ oder „mangelhaft“ zu charakterisieren, wobei auch hier der Einfachheit halber nur eine Nennung möglich war.

Darüber hinaus wurden die Fakultäten dahingehend befragt, ob und wie die Vorkenntnisse der Studienanfängerinnen und Studienanfänger überprüft würden, welche gezielte Maßnahmen (Vorkurse, Tutorien) zur Behebung von Defiziten existierten und sie wurden auch um die Übersendung von Datenmaterial eigener verwandter Untersuchungen gebeten. Dieser Teil der Umfrage ist allerdings nicht Gegenstand des vorliegenden Aufsatzes.

¹Autoren: Prof. Dr.-Ing. K. Meskouris, RWTH Aachen, stv. Vorsitzender des FTBG e.V. und Prof. Dr.-Ing. S. Scholl, TU Braunschweig, Vorsitzender des FTMV e.V.

3. Mathematik

Die Resonanz auf die Umfrage (Anzahl der Rückläufe) geht aus folgender Übersicht hervor:

FTBG:	17 von 21 Fakultäten	81 %
FTEI:	16 von 32 Fakultäten	50 %
FTI:	16 von 45 Fakultäten	36 %
FTMV:	18 von 27 Fakultäten	67 %
Gesamt:	67 von 125 Fakultäten	54 %

Auf die vollständige Wiedergabe der Ergebnisse wird aus Platzgründen verzichtet und stattdessen nur auf die wichtigsten Punkte eingegangen. Es wurde zuerst die Nachfrageseite, also die von den Fakultäten gewünschten Vorkenntnisse in folgenden 13 Gebieten untersucht.

1. Rechnen mit reellen Zahlen

Bruchrechnung, Potenzen, auch mit gebrochenen Exponenten, Logarithmen

2. Prozentrechnung und Proportionen

Direkte und indirekte Proportionalität, einfache Zinsrechnung

3. Gleichungen und Ungleichungen

Lineare Gleichungen und Ungleichungen, Gleichungssysteme mit zwei Unbekannten, Umformen und Einsetzen, quadratische Gleichungen, Exponential- und Logarithmengleichungen

4. Geometrie und Trigonometrie

Ebene Figuren (Dreieck, Viereck, Kreis), Grundlagen der ebenen Trigonometrie, Oberflächen- und Rauminhalte einfacher Körper

5. Vektorrechnung I

Rechnen mit Vektoren in der Ebene und im Raum, Skalarprodukt, Abstände und Winkel, Lineare Unabhängigkeit, Geraden- und Ebenengleichungen in Parameterform und Normalform

6. Vektorrechnung II

Lineare Abbildungen der Ebene (Drehung, Spiegelung, Streckung, Projektion), Eigenwerte und Eigenvektoren für 2×2 -Matrizen, Kegelschnitte, Kreuzprodukt, Matrizenrechnung (3×3 -Matrizen)

7. Elementare reelle Funktionen

Polynome, Potenzfunktionen, Exponential- und Logarithmusfunktionen, trigonometrische Funktionen: Definitions- und Wertebereiche, graphische Darstellungen, Umkehrfunktionen

8. Folgen und Reihen

Konvergenz von Folgen, Limitenregeln, Reihen

9. Differentialrechnung

Ableitungsregeln für elementare Funktionen, Extremwertaufgaben, Kurvendiskussion

10. Integralrechnung I

Allgemeine Integrationsregeln, bestimmte Integrale, Flächenberechnungen, Integration ganzzahliger Funktionen, Stammfunktionen für die Exponentialfunktion, trigonometrische Funktionen und einfach zusammengesetzte Funktionen

11. Integralrechnung II

Substitution, partielle Integration, einfache Differentialgleichungen, Rotationsvolumen

12. Stochastik I

Definition von Wahrscheinlichkeiten, verknüpfte Ereignisse und ihre Wahrscheinlichkeit, Bernoulli-Experiment, Binomialkoeffizient und Binomialverteilung

13. Stochastik II

Kontingenztafeln, Kenngrößen von Verteilungen (Erwartungswert, Standardabweichung, Varianz), Übergangswahrscheinlichkeiten, stochastische Matrizen, Hypothesentests

Die folgende Tabelle 1 gibt an, wie viel Prozent der Antworten den jeweiligen Gegenstand als „unverzichtbar“, bzw. als „wichtig“ ansahen.

Tabelle 1: Nachfrageseite Mathematik in %: Wichtigkeit von Teilgebieten für das Studium

Gebiet	FTBG		FTEI		FTI		FTMV	
	unverz.	wichtig	unverz..	wichtig	unverz.	wichtig	unverz.	wichtig
1. Rechnen mit reellen Zahlen	88	12	94	6	75	19	94	6
2. Prozentrechnung und Proportionen	71	12	63	19	63	25	50	44
3. Gleichungen und Ungleichungen	88	12	63	38	81	19	67	33
4. Geometrie und Trigonometrie	94	0	63	25	25	50	78	17
5. Vektorrechnung I	53	35	38	50	38	50	72	28
6. Vektorrechnung II	18	47	6	44	13	38	28	28
7. Elementare reelle Funktionen	82	18	50	44	56	44	83	11
8. Folgen und Reihen	0	47	13	25	13	44	6	56
9. Differentialrechnung	77	24	69	25	25	56	78	22
10. Integralrechnung I	71	24	56	25	19	63	72	17
11. Integralrechnung II	24	29	19	44	0	31	28	39
12. Stochastik I	6	35	6	31	25	56	11	39
13 Stochastik II	0	12	6	19	6	38	11	28

Bezüglich der vorhandenen Kenntnisse („Angebotsseite“) ist eine detaillierte Auswertung der erhobenen Daten wenig ergiebig, da diese in der Regel nicht auf entsprechend normierten „Eingangsprüfungen“ basieren.

Wären stattdessen die Prüfungsergebnisse nach den ersten Semestern herangezogen worden, würde sich auch die Qualität der universitären Lehre darin niederschlagen, die nicht Gegenstand der Umfrage war.

Trotzdem ist unserer Meinung nach die subjektive Einschätzung der Lehrenden hinsichtlich vorhandener Lücken aufschlussreich. Tabelle 2 gibt die Ergebnisse in der Kategorie „Mangelhaft“ wieder, ausgedrückt in Prozent der maximal möglichen Anzahl von Nennungen. In den Feldern, wo das Angebot besonders stark hinter der Nachfrage zurückbleibt, werden in Klammern auch die charakteristischen Werte letzterer angegeben, als Prozentzahlen der Kategorien „Unverzichtbar“ und „Wichtig“. So bedeutet z.B. (18/47) bei der Aussage zu Vektorrechnung II des FTBG, dass das Vorwissen auf dem entsprechenden Gebiet von 18% der Fakultäten als „unverzichtbar“ und von 47% als „wichtig“ eingestuft wurde. Dort wurden bei 41% der Antworten mangelhafte Kenntnisse festgestellt.

Tabelle 2: Angebotsseite Mathematik in %: Mangelhafte Kenntnisse vor dem Studium

	FTBG	FTEI	FTI	FTMV
1. Rechnen mit reellen Zahlen	12	6	19	17
2. Prozentrechnung und Proportionen	0	0	6	17
3. Gleichungen und Ungleichungen	6	0	0	28
4. Geometrie und Trigonometrie	12	6	6	28
5. Vektorrechnung I	12	19	31	22
6. Vektorrechnung II	41 (18/47)	44 (6/44)	63 (13/38)	33 (28/28)
7. Elementare reelle Funktionen	12	0	13	39 (83/11)
8. Folgen und Reihen	24	44 (13/25)	25	39 (6/28)
9. Differentialrechnung	12	6	13	22
10. Integralrechnung I	12	13	6	28
11. Integralrechnung II	59 (24/29)	50 (19/44)	38 (0/31)	44 (28/39)
12. Stochastik I	18	25	38 (25/57)	28
13. Stochastik II	35 (0/12)	44 (6/19)	63 (6/38)	44 (11/28)

Insgesamt liefert die Auswertung ein stimmiges Bild, da bei allen vier Fakultätentagen im Großen und Ganzen Defizite auf denselben Gebieten festgestellt wurden, auch wenn die Wichtigkeit der einzelnen Wissensgebiete für das jeweilige Studium differenziert gesehen wird.

„Vektorrechnung II“ und „Integralrechnung II“ sind durchwegs eindeutige „Sorgenkinder“, da hier ein hohes Maß an Nichtwissen mit hohen Nachfragewerten in den Kategorien „unverzichtbar“ und „wichtig“ einhergeht.

Die vorhandenen Kenntnisse in den Grundlagen der Stochastik („Stochastik I“) werden vom FTBG, FTEI und FTMV als ausreichend angesehen, während die Informatik bei starker Nachfrage bereits hier und erst recht bei „Stochastik II“ Defizite beklagt. Kenntnislücken bei „Stochastik II“ werden zwar von allen Fakultätentagen festgestellt, FTBG und FTEI sehen das aber gelassener als FTI und FTMV.

Beim Gebiet „Folgen und Reihen“ stellen FTEI und FTMV Defizite fest, während FTBG und FTI mit den vorhandenen Kenntnissen leidlich zufrieden sind. Bei „Elementaren reellen Funktionen“ (Gebiet 7) stellt nur der FTMV starke Defizite fest.

Als Kernaussage ist insgesamt festzuhalten, dass die stärksten (und für das Studium in allen betrachteten Fächern bedeutsamsten) Defizite in „Vektorrechnung II“ und „Integralrechnung II“ zu finden sind.

4. Physik

Die Rückläufe des Fragebogens zur Physik waren wie folgt:

FTBG:	19 von 21 Fakultäten	90 %
FTEI:	14 von 32 Fakultäten	44 %
FTI:	12 von 45 Fakultäten	27 %
FTMV:	14 von 27 Fakultäten	52 %
Gesamt:	59 von 125 Fakultäten	47 %

Die von den Fakultäten gewünschten Kenntnisse wurden entsprechend einer Nachfrageanalyse in den nachstehenden zehn Gebieten der Physik abgefragt:

1. Mechanik

Newtonsche Gesetze, Kraft, Energiesatz, Impulssatz, Gravitation, Keplersche Gesetze
Strömungslehre, Druck, Hydrostatik, Auftrieb, Kompressibilität, Bernoulli-Gleichung
Statik: Kraftvektoren, Gleichgewichtsbedingungen, Hebelgesetz
Drehbewegungen, Drehimpuls, Trägheitsmoment, Corioliskraft
Kinematik: Bewegungsgesetze

2. Wärmelehre

Zustandsgrößen, ideales Gas
Phasengleichgewichte (einkomponentig), Phasenumwandlung, Wärmeeffekte
Wärmeübertragung: Konvektion, Leitung, Strahlung, Wärmedurchgang

3. Elektrizität und Magnetismus

Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand, Ohmsches Gesetz, Kondensator, Kapazität
Reihenschaltung, Parallelschaltung, Ersatzwiderstand
Elektrisches Feld, magnetisches Feld, Coulombsches Gesetz, Induktion, Lorentzkraft
Wechselstromkreise, Transformator, Zeigerdiagramm, Wechselstromwiderstand
Elektronik: Transistor, Diode, elektronische Schaltungen

4. Schwingungen und Wellen

Frequenz, Amplitude, Phase
Harmonische Schwingungen, Wellen
Interferenz, Beugung, Doppler-Effekt, stehende Wellen
Gedämpfte Schwingungen, erzwungene Schwingungen

5. Optik

Geometrische Optik: Reflexion, Brechung, Linsen
Optische Instrumente: Lupe, Mikroskop, Fernrohr, Photo
Interferenz an Spalt und Gitter
Strahlungsarten: Röntgen, UV, Mikrowellen, Infrarot
Grundprinzip und Eigenschaften von Lasern

6. Akustik

Schall, Erzeugung und Ausbreitung, Geschwindigkeit
Technische Akustik: Dämpfung, Ultraschall

7. Atom- und Kernphysik

Aufbau der Atome (Interpretation Photoelektrischer Effekt, Franck-Hertz-Versuch)
Quantentheorie: Unschärferelation, Schrödinger-Gleichung
Doppelspaltexperimente und Interpretation, Welle-Teilchen-Dualismus
Elektronen im Festkörper, p-n-Übergang, Bänder-Modell
Strahlungsarten, radioaktiver Zerfall, Kernspaltung und Kernreaktoren
Kernmodelle

8. Materialwissenschaften

Werkstoffe
Elastische und plastische Verformung, Hookesches Gesetz, E-Modul

9. Messen und Experimentieren

selbstständige Erfahrung im Experimentieren
Fehlerbetrachtung, Fehlerfortpflanzung

10. Modellbildung und Theorie, Prozessverständnis

Umgang mit theoretischen Modellen
Unterscheidung: Statisch, stationär, instationär, transient
Numerik

Die folgende Tabelle 3 gibt wieder den Prozentanteil derjenigen Rückmeldungen an, die das Themengebiet als „unverzichtbar“ oder „wichtig“ einstufen.

Tabelle 3: Nachfrageseite Physik in %: Wichtigkeit der Teilgebiete für das Studium

Gebiet	FTBG		FTEI		FTI		FTMV	
	unverz.	wichtig	unverz.	wichtig	unverz.	wichtig	unverz.	wichtig
1 Mechanik	37	42	57	21	33	8	43	50
2 Wärmelehre	16	37	14	21	17	17	36	29
3 Elektrizität und Magnetismus	11	16	36	21	33	25	29	50
4 Schwingungen und Wellen	32	32	36	21	42	0	29	36
5 Optik	5	21	7	29	25	8	14	36
6 Akustik	16	32	7	50	17	17	7	29
7 Atom- und Kernphysik	0	0	7	7	17	17	14	0
8 Materialwissenschaften	37	37	14	21	8	17	21	14
9 Messen und Experimentieren	11	37	21	50	25	33	43	21
10 Modellbildung und Theorie, Prozessverständnis	5	47	0	36	25	17	29	14

Bezüglich der bei den Studienanfängern vorhandenen Kenntnisse („Angebotsseite“) ist eine detaillierte Auswertung der erhobenen Daten mit Vorsicht vorzunehmen. Die Rückmeldungen stellen in der Regel subjektive Einschätzungen der Lehrenden dar und basieren nicht auf standardisierten, systematischen Eingangsprüfungen oder Tests. Gleichwohl können sie nach unserer Einschätzung als Indikator für eine plausible Stichprobe gewertet werden.

Tabelle 4 gibt die Rückmeldungen in der Kategorie „mangelhaft“ wieder, ausgedrückt als prozentualer Anteil an allen Rückmeldungen zu diesem Gebiet. Wieder sind die Gebiete und Fakultäten hervorgehoben, bei denen die von den Studieneingängern mitgebrachten Kenntnisse besonders drastisch hinter dem von den Fakultäten erwarteten Bedarf zurückbleiben. Als Kriterium wurde verwendet, dass mindestens ein Drittel der Rückmeldungen dieses Thema als „mangelhaft“ präsent einstufen. Analog Tabelle 2 sind in diesen Fällen die prozentualen Meldungen in den Kategorien „unverzichtbar“ und „wichtig“ in Klammern gegeben.

Tabelle 4: Angebotsseite Physik in %: Mangelhafte Vorkenntnisse vor dem Studium

Gebiet	FTBG	FTEI	FTI	FTMV
1 Mechanik	16	0	0	29
2 Wärmelehre	16	14	25	50 (36/29)
3 Elektrizität und Magnetismus	21	7	0	29
4 Schwingungen und Wellen	37 (32/32)	0	0	21
5 Optik	11	14	0	14

6 Akustik	37 (16/32)	21	8	43 (7/29)
7 Atom- und Kernphysik	16	14	25	14
8 Materialwissenschaften	26	21	25	43 (21/14)
9 Messen und Experimentieren	37 (11/37)	29	8	29
10 Modellbildung und Theorie, Prozessverständnis	53 (5/47)	43 (0/36)	33 (25/17)	57 (29/14)

Insgesamt zeigt sich ein deutlich differenzierteres Bild als bei der Mathematik. Lediglich das Querschnittsthema „Modellbildung und Theorie, Prozessverständnis“ wird von allen vier Fakultäten als signifikant defizitär bewertet. Alle anderen Themen werden offensichtlich sehr fakultäts- oder disziplinspezifisch betrachtet. Beispielhaft kann hier die Wärmelehre genannt werden, die insbesondere für die Fächer des „warmen Maschinenbau“, wie Verbrennungstechnologien, Energietechnik oder Verfahrenstechnik, von elementarer Wichtigkeit ist. Dieses sehr differenzierte Bild wird von den Autoren dieser Studie als weiteres Indiz dafür gewertet, dass sich die teilnehmenden Fakultäten sehr seriös um eine zutreffende Einschätzung von erforderlichen und mitgebrachten Kenntnissen auf den abgefragten Gebieten für ihre Disziplin bemüht haben. Pauschalurteile können aus diesen Daten nicht abgelesen werden.

Allerdings fällt auch mit Vergleich der Tabellen 1 für Mathematik und 3 für Physik auf, dass die „absolute Wichtigkeit“ der Themengebiete der Physik weniger stark betont wird als bei der Mathematik. Ein Grund dafür könnte die anerkanntermaßen deutlich heterogene Struktur der Vorkenntnisse im Fach Physik bei den Studienanfängern sein. Weil dort Studierende mit einem Leistungskurs Physik im Abitur zusammentreffen mit Studierenden, die Physik nach der Sekundarstufe I ganz abgewählt haben, sehen sich die Lehrenden der ersten Semester gezwungen, umfangreich Schulstoff nachzuholen. Nur so kann eine für alle Studierenden vergleichbare Basis hergestellt werden. An dieser Stelle sehen die Autoren große Effizienzpotenziale an der Nahtstelle Gymnasium – Universität.

5. Zusammenfassende Bewertung

Auf Basis einer Umfrage zu erforderlichen und von den Studieneingängern mitgebrachten Vorkenntnissen in den Fächern Mathematik und Physik ergibt sich ein (wenn auch nicht streng repräsentatives, so doch konsistentes) Bild von den Verhältnissen an der Nahtstelle von Gymnasium und Universität. Für die Mathematik können Fachthemen identifiziert werden, wie „Integralrechnung II“ oder „Vektorrechnung II“, für die für alle beteiligten Fakultäten signifikante Defizite wahrgenommen werden. Für Physik fällt das Bild deutlich differenzierter aus.

Die Ergebnisse können als Einstiegspunkt für weiterführende Diskussionen der Verantwortungsträger an der Nahtstelle von schulischer und universitärer Ausbildung dienen. Den Autoren der Studie scheinen signifikante Potenziale sowohl in der Steigerung der Qualität wie der Effizienz an dieser Stelle erschließbar.