

**Kolloquium „Kompetenzorientiert Studieren,
Lehren und Prüfen“
TU Darmstadt, 25.1.2010**

**Projektarbeit im Studium –
Förderung der Problemlösungskompetenz?**

Günter Heitmann, Technische Universität Berlin

- 1. Vorbemerkungen**
- 2. Qualifikationsziele und anzustrebende Lernergebnisse**
- 3. Kompetenzorientierung : Herausforderungen und Rolle von Problemlösungsfähigkeit**
- 4. Kompetenzorientierte Gestaltung von Studiengängen**
- 5. Projektarbeit und problem-basiertes Lernen**
- 6. Schlussfolgerungen**

1. Vorbemerkungen:

Worcester Polytechnic Institute (WPI), Selbstdarstellung:

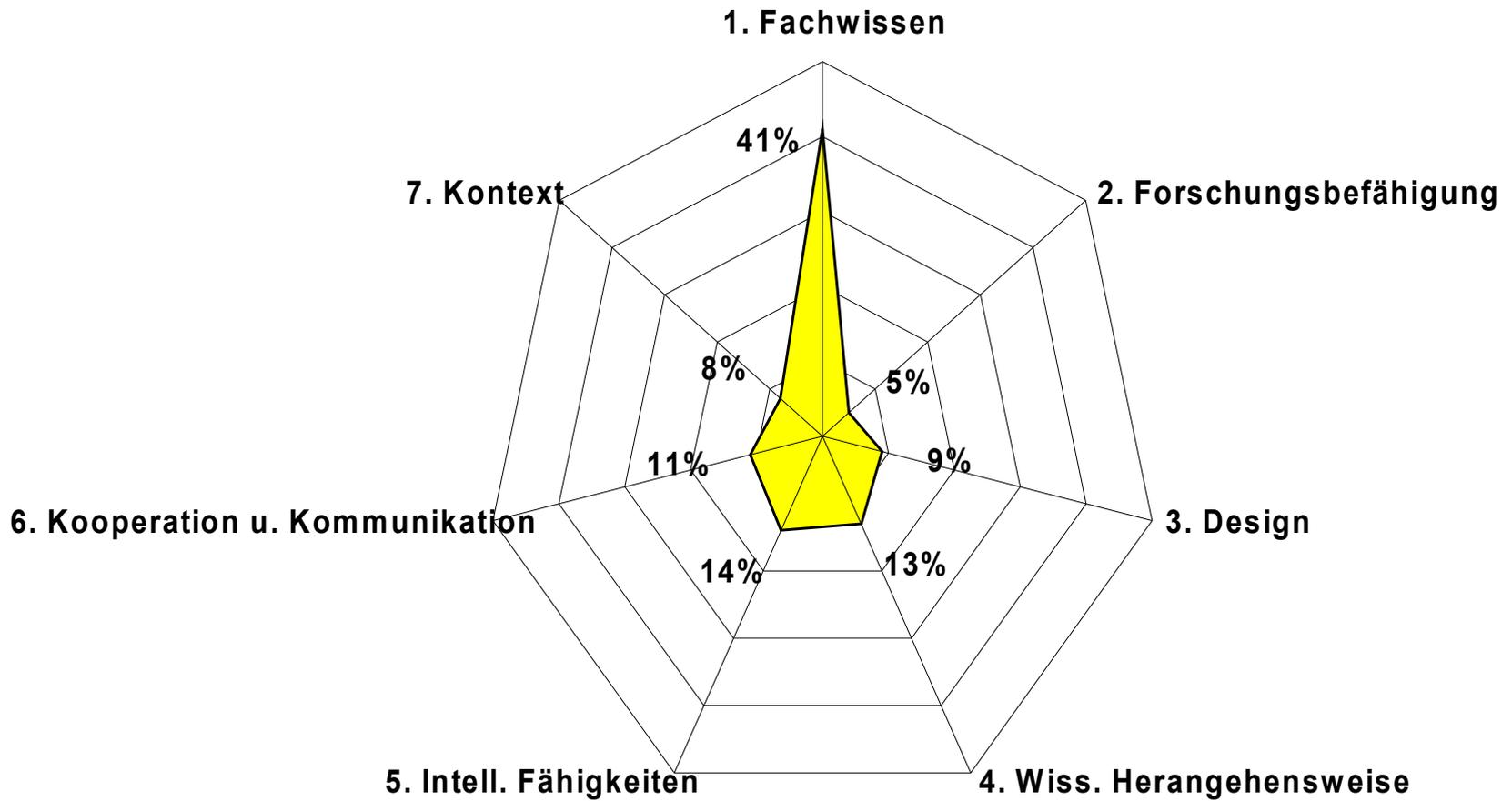
„A WPI education has never become more relevant than it is today, because the demand for innovative thinkers who can solve problems on a global scale is increasing....“

TU Berlin/ Präsidentenrede zum Neujahrsempfang 2010:

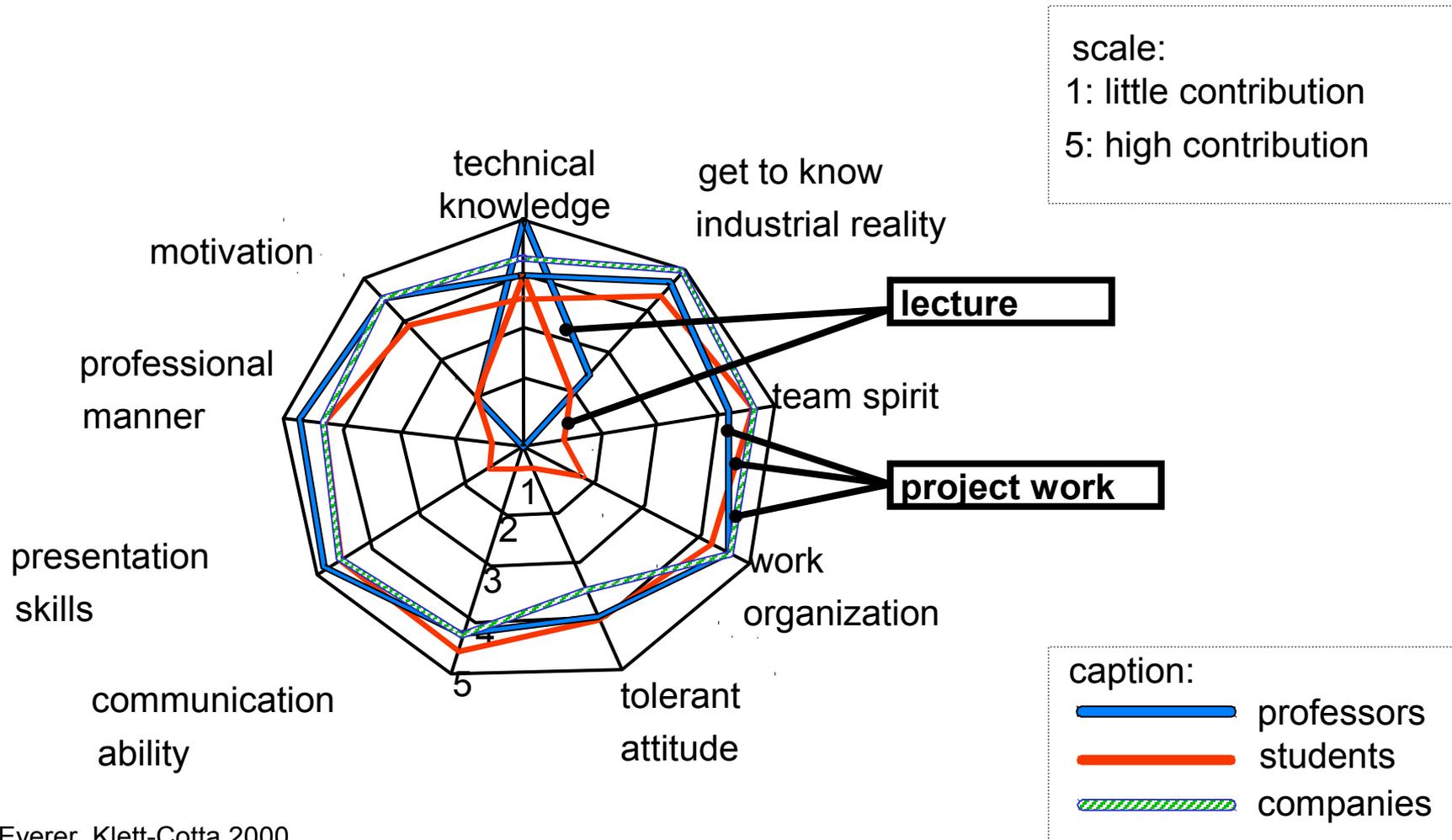
„Längst sind wir davon abgekommen, unseren Studierenden Wissen in enzyklopädischer Form zu vermitteln. Studienreformen haben sich an problemorientiertem Lehren und Lernen auszurichten, das die Kreativität unserer künftigen Absolventen fordert und fördert.“

Kompetenzprofil eines Bachelorstudiengangs an der TU Berlin

prozentuale Verteilung des Arbeitsaufwandes (I)



Effects of Working on Projects



Source: Eyerer, Klett-Cotta 2000

Vorbemerkungen: Probleme der Studienreform

- Umstellung auf Bachelor-/Masterstudiengänge weitgehend erfolgt, doch häufig nach dem Prinzip „alter Wein in neue Schläuche“
- Orientierung an Kompetenzen und Lernergebnissen mit dem Ziel Berufsqualifizierung oft nicht konsequent verfolgt;
- Modularisierung häufig sehr kleinteilig, dadurch erhöhter Prüfungsdruck und kaum neue Lehr-/Lernarrangements;
- Bei 6sem. Bachelor-Studiengängen Tendenz zur Reduzierung von Anwendungsbezug und Praxisanteilen, sowie Verringerung fachübergreifender Anteile und Wahlmöglichkeiten;
- Erwerb von sozialer und personaler Kompetenz wird oft auf extracurriculare Aktivitäten verschoben;

2. Qualifikationsziele und anzustrebende Lernergebnisse

Der 2005 entstandene und von der KMK beschlossene **„Qualifikationsrahmen für Deutsche Hochschulabschlüsse“**, aktuell gültig als Referenzrahmen für die Akkreditierung von Studiengängen, bezieht sich auf die Dimensionen

„Wissen und Verstehen“ und
„Können“

und unterscheidet beim **Können**:

„Instrumentale Kompetenzen“,
„Systemische Kompetenzen“,
„Kommunikative Kompetenzen“

2. Qualifikationsziele und anzustrebende Lernergebnisse

- Der 2007 von der EU verabschiedete

Europäische Qualifikationsrahmen (EQR) für Lebenslanges Lernen

bezieht sich auf 8, auch die berufliche Bildung einschließende Niveaustufen und differenziert für jede Stufe nach :

Wissen, Fertigkeiten und Kompetenzen,

letztere aber nur auf spezifische Arbeitsanforderungen und Verantwortlichkeiten bezogen.

Er soll als Referenz für jetzt zu erstellende nationale Qualifikationsrahmen dienen. Der Entwurf des deutschen Qualifikationsrahmens liegt seit Februar 2009 vor.

2. Qualifikationsziele und anzustrebende Lernergebnisse

Definition von Kompetenz:

„ Kompetenz bezeichnet die Fähigkeit und Bereitschaft, Kenntnisse, Fertigkeiten sowie persönliche, soziale und methodische Fähigkeiten in Arbeits- oder Lernsituationen und für die berufliche und persönliche Entwicklung zu nutzen. Kompetenz wird in diesem Sinne als **Handlungskompetenz** verstanden.“

(Quelle: Entwurf Deutscher Qualifikationsrahmen von 2009)

3. Kompetenzorientierung: Herausforderungen

Probleme der Kompetenzorientierung als Ausgangspunkt für
Studien- und Studiengangsgestaltung:

Vielzahl unterschiedlicher Kompetenzkategorien und -begriffe,

Kompetenzbegriffe zu allgemein und vage,

können nur als grobe Orientierung für anzustrebende und nachzuweisende Lernergebnisse dienen,

sie müssen sektor- bzw. fachspezifisch und bezogen auf das Hochschulprofil differenziert und operationalisiert werden,

auch nach unterschiedlichen Anspruchsniveaus.

Sektor- und fachbezogene Spezifikationen

- Liegen für Ingenieurwissenschaften, Informatik, Chemie derzeit auf verschiedenen Ebenen vor:
- **Hochschulebene:** z.B. Fakultätentage in 4Ing,
- **Nationale Ebene:** z.B. ASIIN Akkreditierungsrahmen
- **Internationale Ebene:** z.B. EUR-ACE Standards für Studiengangskkreditierung, OECD-AHELO-Projekt

Taxonomie für den kognitiven Bereich nach Anderson/Krathwohl

Dimensionen des Wissens	Dimensionen des kognitiven Prozesses					
	Erinnern	Verstehen	Anwenden	Analysieren	Bewerten	(Er)schaffen
Faktenwissen						
Konzeptwissen						
Prozesswissen						
Metakognitives Wissen						

3. Kompetenzorientierung: Rolle von Problemlösungsfähigkeit

- **allgemeine, fach- und berufsübergreifende Schlüsselqualifikation:**

Beispiele: OECD – TIMMS und PISA Studien, TUNING Projekt

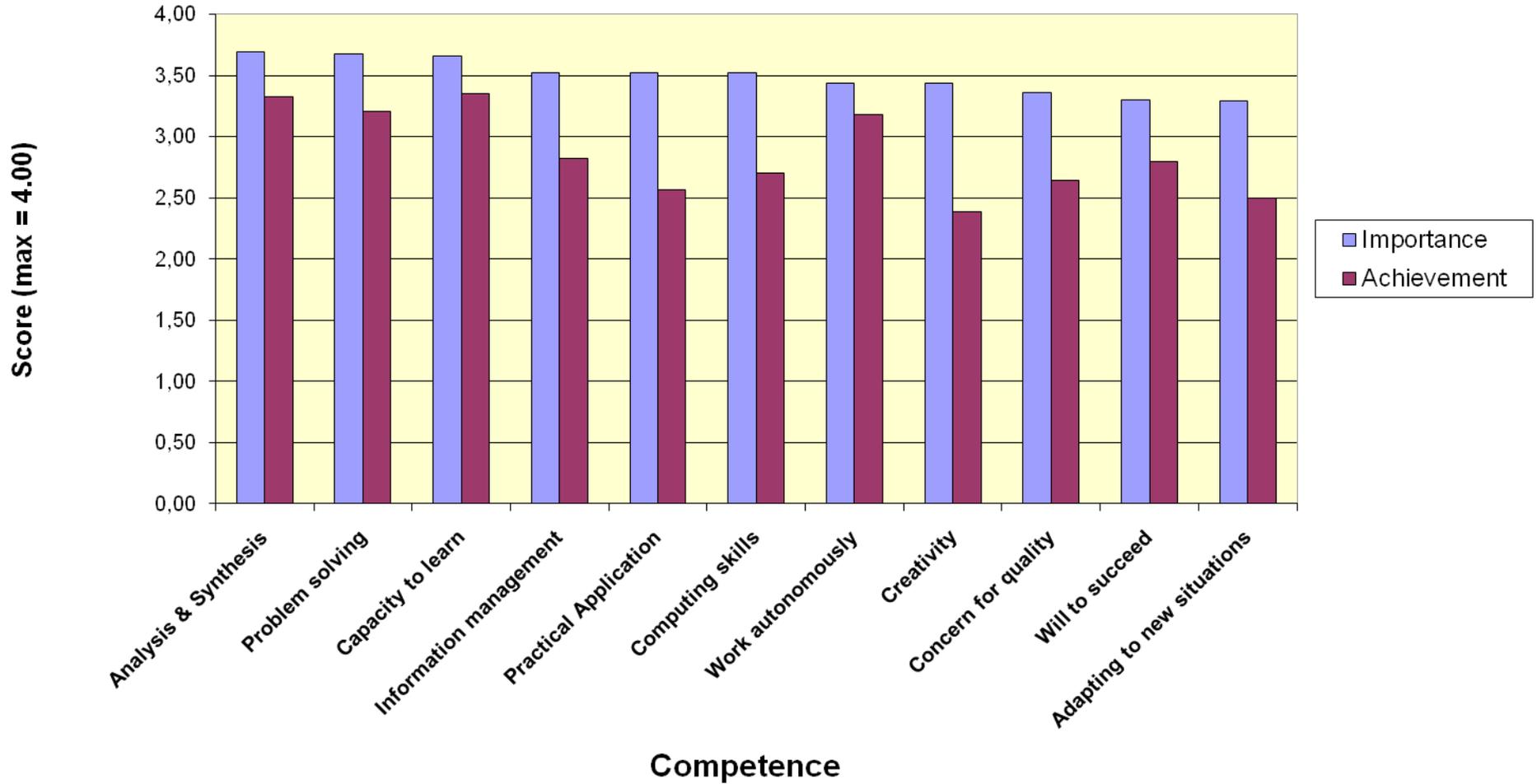
- **niveaubestimmende Dimension von Qualifikationen:**

Beispiele: Europäischer Qualifikationsrahmen, Washington Accord

- **berufscharakteristische Dimension der Handlungskompetenz:**

zum Beispiel bei Juristen, Ärzten, Ingenieuren:

Tuning Survey of Physics Graduates: Highest Ranked General Competencies



EQR Level 6: Bachelor

Fertigkeiten

- Fortgeschrittene Fertigkeiten, die die Beherrschung des Faches sowie Innovationsfähigkeit erkennen lassen, und zur **Lösung komplexer und nicht vorhersehbarer Probleme** in einem spezialisierten Arbeits- oder Lernbereich nötig sind.

Kompetenzen

- Leitung **komplexer fachlicher oder beruflicher Tätigkeiten oder Projekte** und Übernahme von Entscheidungsverantwortung in nicht vorhersehbaren Arbeits- oder Lernkontexten
- Übernahme der Verantwortung für die berufliche Entwicklung von Einzelpersonen und Gruppen

EQR Level 7: Master

Fertigkeiten

- **Spezialisierte Problemlösungsfertigkeiten im Bereich Forschung und/oder Innovation**, um neue Kenntnisse zu gewinnen und neue Verfahren zu entwickeln sowie um Wissen aus verschiedenen Bereichen zu integrieren.

Kompetenzen

- **Leitung und Gestaltung komplexer, unvorhersehbarer Arbeits- oder Lernkontexte**, die neue strategische Ansätze erfordern
- **Übernahme von Verantwortung für Beiträge zum Fachwissen und zur Berufspraxis und/oder für die Überprüfung der strategischen Leistung von Teams**

4. Kompetenzorientierte Gestaltung von Studiengängen und Lehr-/Lernprozessen

Traditionell wurden Studiengänge der Ingenieurwissenschaften und der Informatik vorwiegend von den für notwendig erachteten und zu lehrenden Fachinhalten und –methoden ausgehend konzipiert. Folgen:

- **Oft noch vorherrschende Struktur: erst Grundlagen, ab 3. Studienjahr Anwendung und ingenieurgemäßes Problemlösen;**
- **Folge: Motivationsverlust, hohe Zahl von Studienabbrechern**
- **Stofffülle und Vielzahl von Fächern, stark prüfungsgeleitetes Lernen,**
- **Vielfach eher Wissenserwerb statt Erwerb von Handlungskompetenz;**
- **Unzureichende Nutzung unterschiedlicher Lernformen;**
- **Zu wenig individuelle Wahlmöglichkeiten;**

Verfahren der Studiengangsgestaltung: Ganzheitliche Curriculumentwicklung

- **Studiengänge sollten nicht vorrangig durch Fächer, Lehrinhalte und lehrebezogene Semesterwochenstunden, sondern durch angestrebte Lernergebnisse, darauf bezogene Module und den dafür notwendig erachteten Lernaufwand determiniert sein!**
- Ganzheitliche Curriculumkonzepte integrieren:
 - (kompetenzorientierte) Qualifikationsziele,
 - Definition dementsprechend angestrebter Lernergebnisse,
 - adäquate Lehr-/Lernformen, Inhalte und Herausforderungen,
 - zielbezogene Ermittlung und Bewertung der Lernergebnisse (outcomes assessment),
 - Feedback und Qualitätsmanagement.

5. Erwerb von Problemlösungskompetenz durch Projektarbeit und problem-basiertes Lernen (PBL)

Projekte im Studium :

- haben sich als besonders geeignete Lernformen für den Erwerb von Problemlösungs- und gleichzeitig anderen Kompetenzen erwiesen;
- sie sind möglich als Individualprojekte (Studien- oder Abschlussarbeit, Forschungsprojekte), aber vorteilhafter und üblicher als Gruppenprojekte;
- ermöglichen aktives, kooperatives und studierendengesteuertes Lernen und fördern Sozial- und Selbstkompetenz;

5. Erwerb von Problemlösungskompetenz durch Projektarbeit und problem-basiertes Lernen (PBL)

- Die Suche nach Problemlösungen begünstigt bzw. erfordert interdisziplinäres und reflexives Lernen, synthetisierendes und kreatives Denken und methodisches Vorgehen;
- Projekte lassen kontinuierliche Steigerungen der Anforderungen zu, etwa bezüglich Komplexität und Schwierigkeitsgrad, Forschungs- oder Praxisbezug und gesellschaftlichen Kontext;
- sie bieten vielfältige Anknüpfungspunkte für den Nachweis der Zielerreichung (Lernergebnisfeststellung und -bewertung).

Unterschiede Projektarbeit und PBL

Projekte

- Komplexes Problem
- Partiiell studierendenbestimmt
- Lösungs-, produktorientiert
- Interdisziplinär, ergebnisoffen
- Semester oder Term- Dauer
- Gruppengröße 4 – 8
- Lehrende als Fach-Experten
- Bewertung produkt- und prozessbezogen

PBL

- Phänomen oder Fall
- Vom Lehrenden vorgegeben
- Lernergebnisorientiert
- Fach- oder themenbezogen
- kurze Dauer: 1-3 Wochen
- Gruppengröße 6 – 12
- Lehrende als Prozess-Berater
- Bewertung von Lernergebnissen

Problem-Based Learning (PBL)

- Neben (realitätsnahem) problemgesteuertem Wissenserwerb sollen selbstorganisiertes Lernen, Teamarbeit und Problemlösungsfähigkeit entwickelt werden.
- **Systematisches Vorgehen (7 Schritt Methode):**
 1. Aufgabe / Begriffe klären
 2. Problem definieren
 3. Problem analysieren
 4. Hypothesen, Lösungsansätze entwickeln
 5. Lernziele, Arbeitsaufgaben formulieren
 6. (arbeitsteilig) Informationen
 7. Informationen austauschen, Problemlösung / Lernergebnis erörtern

Curriculare Verankerung von Projekten und PBL

- Projekte nur in einzelnen Semestern, z.B. am Studienbeginn und als Abschlussprojekt,
- PBL und/oder Projekte modulintegriert (3 bis 6 LP), mit unterschiedlichem Fokus,
- Abfolge modulintegrierter Projekte und großer Projektmodule (10 bis 15 LP),
- Projektstudium: Projekte als dominierende Studien- und Arbeitsform durch alle Semester

Curriculare Verankerung von Projekten und PBL

- **Projekte nur in einzelnen Semestern, z.B. am Studienbeginn und als Abschlussprojekt, Beispiele:**
- **Verschiedene Hochschulen:**
 - Erstsemesterprojekt zur Einführung in den Studiengang bzw. zur Einübung in Gruppen- und Projektarbeit und in Präsentationstechniken,
 - Abschlussprojekt, oft in Verbindung mit Praxis
- **Worcester Polytechnic(WPI): drei Projekte:**
 - am Studienbeginn ein Humanities Project,
 - im 3. Jahr das Interactive Qualifying Project,
 - im 4. Jahr das Major Qualifying Project

CDIO – Netzwerk: MIT, KTH, Chalmers, DTU u.a.

Vision:

An engineering education that stresses the fundamentals, set in the context of

Conceiving - Designing - Implementing – Operating (CDIO)

systems and products

CDIO – Netzwerk: MIT, KTH, Chalmers, DTU u.a.

Concept:

- A curriculum organised around mutually supporting disciplines, but with CDIO activities highly interwoven
- **Rich with student design-build projects**
- **Featuring active and experiential learning**
- Set in both classrooms and modern learning laboratories and workspaces
- Constantly improved through robust assessment and evaluation processes

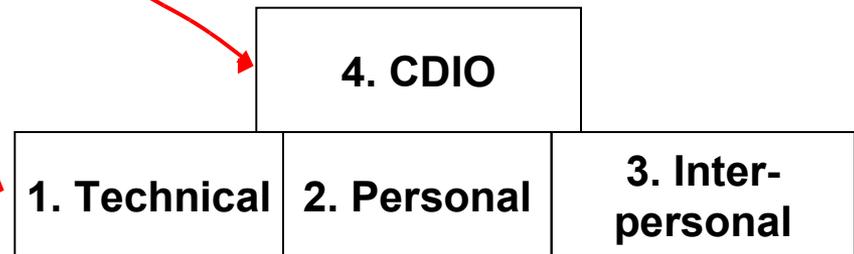
Educational goal statement – CDIO syllabus

Educate students who:

- understand how to conceive-
design-implement-operate
- complex value-added
engineering systems
- in a modern team-based
engineering environment
- and are mature and thoughtful
individuals

Process

Product



Team

Self

**The CDIO Syllabus - a comprehensive statement of detailed
Goals for an Engineering Education**

CDIO syllabus topics

1. Technical Knowledge & Reasoning:

- Knowledge of underlying sciences
- Core engineering fundamental knowledge
- Advanced engineering fundamental knowledge

2. Personal and Professional Skills & Attributes

- Engineering reasoning and problem solving
- Experimentation and knowledge discovery
- System thinking
- Personal skills and attributes
- Professional skills and attributes

3. Interpersonal Skills: Teamwork & Communication

- Multi-disciplinary teamwork
- Communications
- Communication in a foreign language

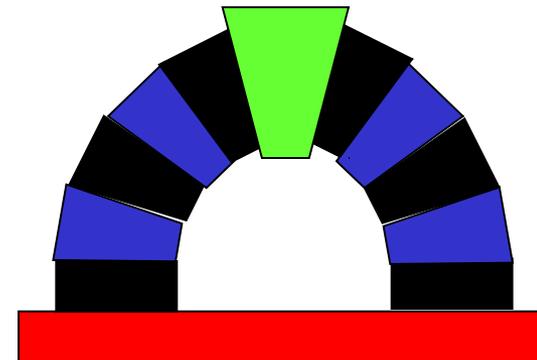
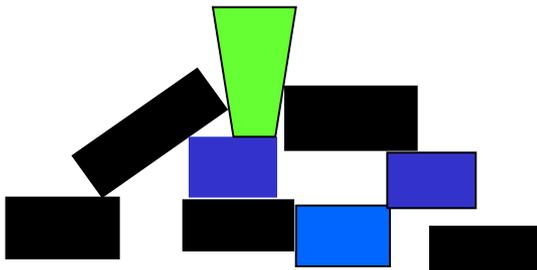
4. Conceiving, Designing, Implementing & Operating Systems in the Enterprise & Societal Context

- External and societal context
- Enterprise and business context
- Conceiving and engineering systems
- Designing
- Implementing
- Operating

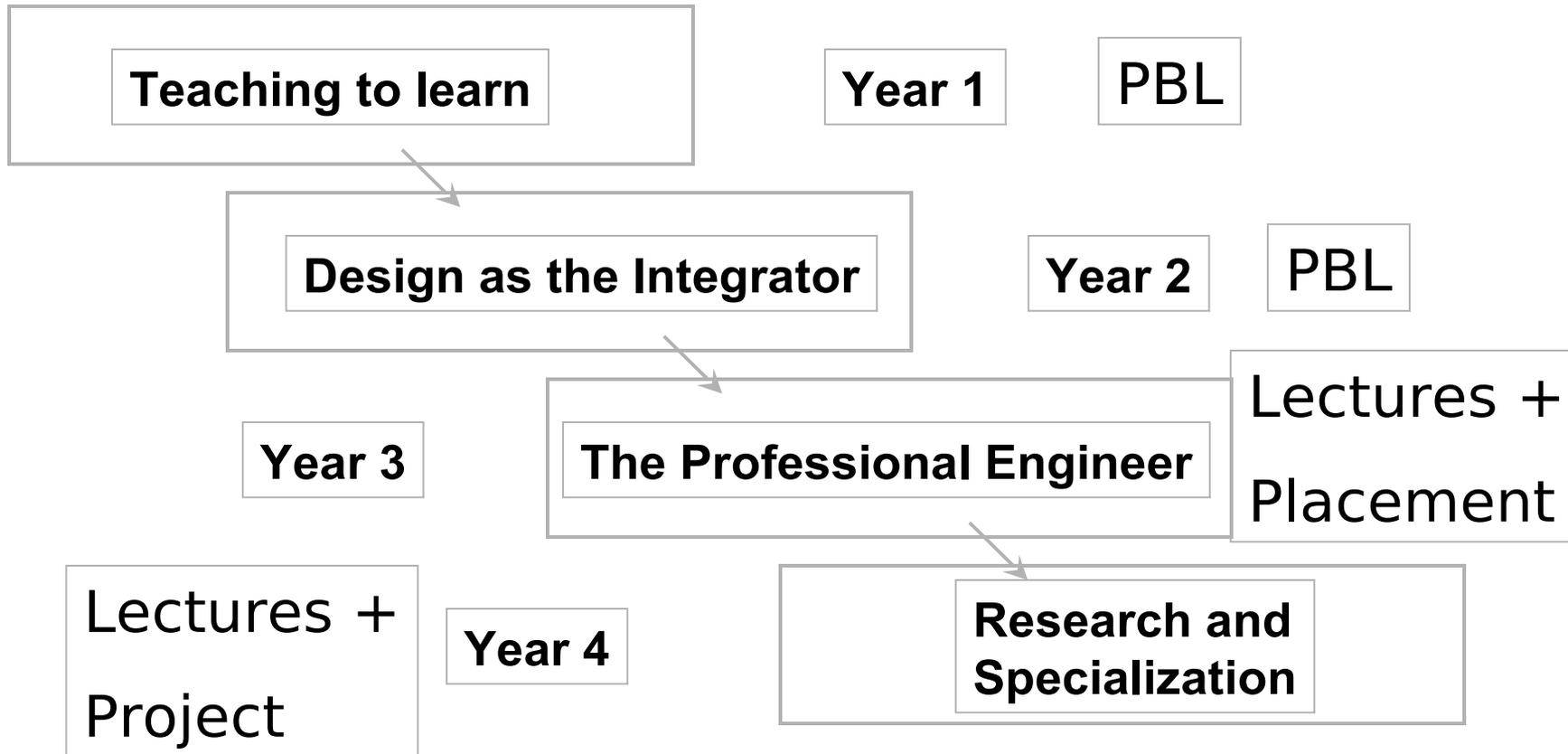
**Syllabus contains 2-3
more layers of detail**

Curricular reform components

- **Early Engineering Experiences** – provides a framework
 - First year course which introduces experimentation, teamwork, communications, CDIO process
- **Disciplinary Linkages**
 - Disciplinary design in a complex environment, engineering reasoning and problem solving
 - Demonstrating how interdisciplinary efforts occur
- **Summative Engineering Experience** - the CDIO Capstone
 - Integrated design-build experience within an enterprise and societal context, system thinking



Manchester School of Engineering (MSE) model



Twente University – Project Led Education (PLE)

Mechanical Engineering: Structure of the curriculum

(1)

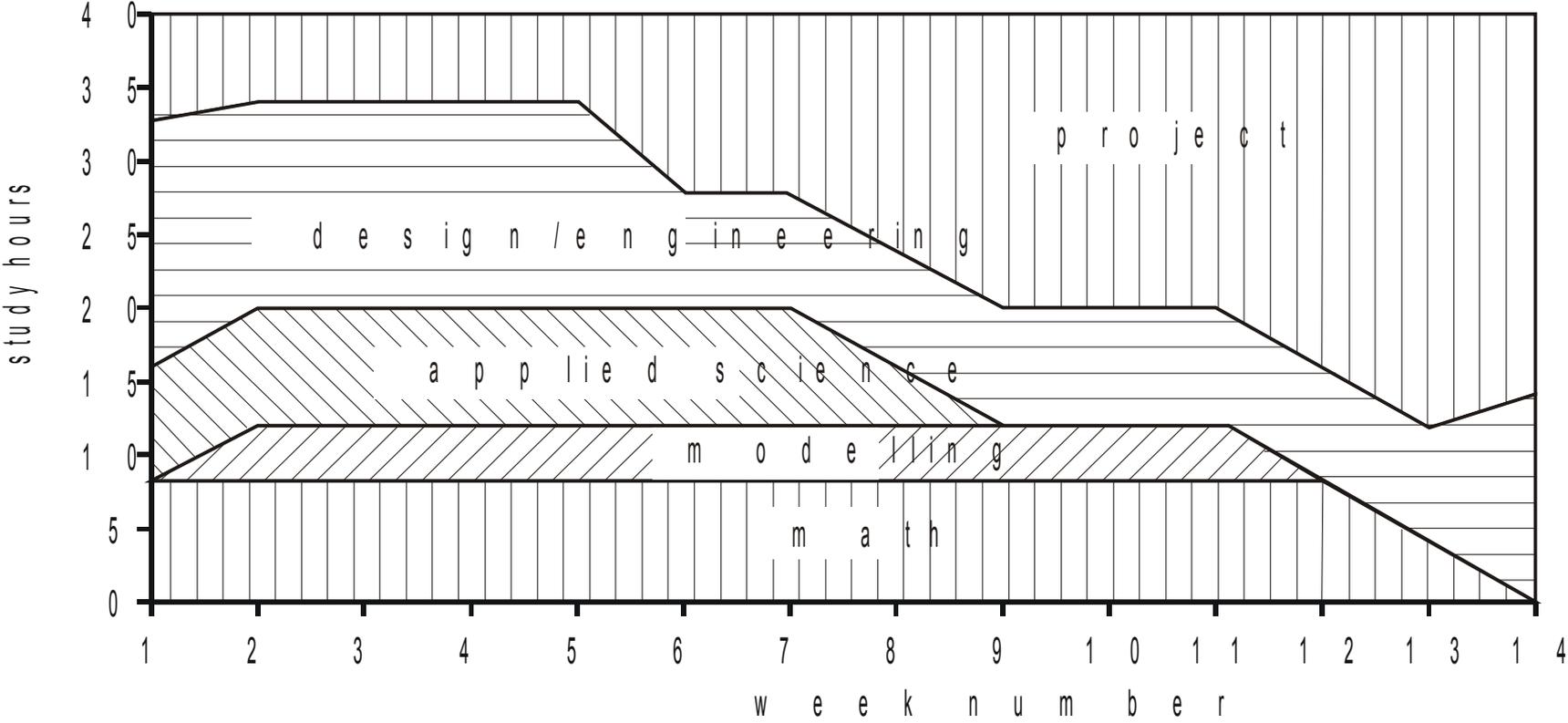
- **Undergraduate Programme (Bachelor)**
 - 3 years project-oriented curriculum
 - 40 % theory courses
 - 20 % project supporting courses
 - 40 % project work
- **Graduate programme (Master)**
 - Specialization in Mechanical Engineering
 - 1 year courses
 - 1 year project work in industry & master thesis project

Twente University – Project Led Education (PLE)

Mechanical Engineering: Structure of the curriculum

- Project Led Education is an education structured by themes, organized in projects, starting from the first semester
- The themes together cover the whole subject matter (bachelor programme)
- One project per theme
- Design and production, design and construction, heat and flow, automation

Structure of the curriculum (2)



Typical trimester contents

First year Projects

- **Project 1.1: Design & Manufacturing**

Examples: *Bending device for strip material*
Device for positioning of stickers

- **Project 1.2: Design & Strength of Materials**

Examples: *Ski for a handicapped person*
Monorail carriage

- **Project 1.3: Chain Management**

Examples: *Design of a waste incinerator*
*Design of a electricity plant with a
combined gas turbine and steam cycle*

Second and third year projects

- **Project 2.1: Design of consumer products**

Examples: Autonomous vacuum cleaner

Drying machine for persons

- **Project 2.2: ‘Heat and flow’ project**

Example: Windmill for electricity generation

- **Project 3.1: Mechatronic design**

Example: Design and realization of a mirror device for

rapid precision displacement of a laser beam

(spot welding, hardening. etc.)

Twente Univ. PLE: current developments

- Traditional mathematics combined with training in mathematical modeling of physical and technical problems (engineering approach)
- More emphasis on one's role in a group and identify (and improve) one's weaknesses

Projektarbeit und problembasiertes Lernen als extracurriculare Aktivitäten

Extracurriculare Projektarbeit:

- u.a. internationale Summer-Schools oder Projektsemester (Copenhagen College of Engineering),
- **web- basierte internationale Projektarbeit (TU-Berlin)**
Global Product Design
- studentische Innovationsprojekte (TU Berlin),
- internationale Wettbewerbe (Roboter, Solarauto),
- undergraduate research (USA)
- Work-based learning, Praxisprojekte
- Web-based virtual Projects

Projektarbeit und problembasiertes Lernen als extracurriculare Aktivitäten

Extracurriculare Projektarbeit:

- u.a. internationale Summer-Schools oder Projektsemester (Copenhagen College of Engineering),
- **web- basierte internationale Projektarbeit (TU-Berlin)**
Global Product Design
- studentische Innovationsprojekte (TU Berlin),
- internationale Wettbewerbe (Roboter, Solarauto),
- undergraduate research (USA)
- Work-based learning, Praxisprojekte
- Web-based virtual Projects

6. Schlussfolgerungen

- **Problemlösungsfähigkeit stellt eine zentrale Dimension der beruflichen Handlungskompetenz von Ingenieuren dar;**
- Sie sollte schon für den Bachelor-Abschluss auf das Ziel, komplexe Probleme in teambasierten Arbeits- und Lernprozessen zu bearbeiten und lösen, gerichtet sein;
- **Problemlösungskompetenz im Studium zu erwerben, verlangt entsprechend problembezogenes Lernen von Beginn an und während des gesamten Studium;**
- Problem-basiertes Lernen und Projektarbeit , curricular und extra-curricular, stellen dafür die am besten geeigneten Lernformen dar;
- **Um Studierende nicht zu überlasten und angestrebte Lernziele in Arbeitsteilung zu erreichen, bedarf es der sorgfältigen Absprache zwischen den Lehrenden.**

Danke für die Aufmerksamkeit

- Fragen willkommen, jetzt und über

guenter.heitmann@alumni.tu-berlin.de