

Konstruktionsausbildung – Fallstudien mit Augenbewegungsanalysen

Prof. Dr.-Ing. Ali Daryusi, Prof. Dr.-Ing. Grit Köhler

In den hier vorliegenden Fallstudien wurden mehrere Studierende des Studiengangs Maschinenbau an der Hochschule Offenburg im Alter von 18 bis 28 Jahren bei der Lösungsfindung für Konstruktionsaufgaben mit der Eye-Tracking-Technologie und einer Videokamera beobachtet. Ziel der empirischen Untersuchung war es, die praktische Fähigkeit von Studierenden beim Lesen, Verstehen und Analysieren von technischen Darstellungen zu fördern. Die Auswertung der Augenbewegungen zeigt, dass die zunehmende Digitalisierung der Gesellschaft und der Umgang mit elektronischen Kleinstgeräten im Alltag zu einem punktuellen und flüchtigen Wahrnehmungsverhalten führen und dass sich die Studierenden im Umgang mit technischen Zeichnungen unsicher fühlen. Die Analyse der Videos zeigt eine meist nicht-technische und ungenaue Ausdrucksweise und eine schlechte Verwendung von Fachbegriffen.

In these case studies, numerous students of mechanical engineering at the University of Applied Sciences Offenburg, aged 18 to 28, with different educational backgrounds and attending different semesters, were observed finding solutions for technical tasks in the field of construction using the eye-tracking technology and a video camera. The aim of this work is to enhance the practical ability of students to read, understand and analyse complex engineering drawings. The evaluation of the eye movements shows that the increasing digitalisation of society and the use of electronic devices in everyday life lead to fast and only selective perceptual behavior. Students feel increasingly insecure when dealing with technical drawings. The analysis of the videos shows a mostly non-technical and inaccurate manner of expression and a poor use of technical terms.

Motivation und Zielsetzung

Die Ergebnisse der Studierenden des Studiengangs Maschinenbau an der Hochschule Offenburg beim Präsentieren, Lesen und Verstehen von technischen Darstellungen lassen immer weiter nach. Heutige Produkte werden zunehmend vielschichtiger. Gleichzeitig nehmen infolge der Globalisierung die Schnittstellen innerhalb des Gesamtentwicklungsprozesses immer mehr zu. Dabei werden komplexe Darstellungen zur Repräsentation der Produktdaten in Form von Freihandskizzen, technischen Zeichnungen, CAD- und FEM-Modellen angefertigt. Außerdem gehört das Halten von Präsentationen, in denen komplizierte Sachverhalte in kurzer Zeit zusammengefasst werden müssen, heutzutage zum Berufsalltag von IngenieurInnen. Im Rahmen der Konstruktionsausbildung wird die Lehre in den Fächern Technische Dokumentation und CAx-Techniken fortlaufend optimiert. Um diesen Prozess effizient und zielgerichtet zu gestalten, werden empirische Laboruntersuchungen zu den Schlüsselkompetenzen Präsentieren, Raumvorstellungskraft, Lese- und

Verstehfähigkeit von technischen Zeichnungen durchgeführt. Da diese grundlegenden Qualifikationen sowohl für das Studium als auch das spätere Berufsleben elementar sind, müssen sie im Studium intensiv eingeübt werden [1].

Ziel dieser Arbeit ist es, mit verschiedenen empirischen Methoden herauszufinden, warum die Studierenden in technischen Studiengängen zunehmend Schwächen in den oben genannten praktischen Schlüsselkompetenzen aufweisen und daraus abzuleiten, wie diese Mängel gemindert bzw. vorhandene Fähigkeiten und Fertigkeiten in der Lehre gefördert werden können.

Untersuchung der Raumvorstellungsfähigkeit

Getestet wurden 148 Maschinenbaustudierende aus dem ersten, zweiten und sechsten Semester. Ihr Durchschnittsalter betrug 21,4 Jahre. Mit den Studierenden wurden Schlauchfigurentests nach Stumpf und Fay [2] zur Erfas-

sung ihrer Kompetenz der mentalen Rotation durchgeführt. Dieser Test besteht aus zwei Teilen: A und B, wobei der Schwierigkeitsgrad des Teils B deutlich höher ist. Fast die Hälfte aller ProbandInnen wurde bezüglich ihres Raumvorstellungsvermögens als durchschnittlich im Teil A und als weit unterdurchschnittlich im Teil B eingestuft [3]. Die Testpersonen zeigten bei der Lösungsfindung der deutlich schwereren Figuren im Teil B Ungeduld und Konzentrationsschwächen. Folgerichtig wurden nur etwa zwei Drittel aller Aufgaben überhaupt bearbeitet und davon ca. 50 % fehlerhaft [3].

Konzept der Mikropräsentationen

Bei einer Mikropräsentation handelt es sich um einen Vortrag mit einer Dauer von maximal 100 s, in dem die erarbeiteten Untersuchungsergebnisse einer technisch orientierten Aufgabe präsentiert und in einer klaren Ausdrucksweise vor Publikum gehalten werden [4]. Vortragende und Publikum sind auf demselben Wissensstand. Die Studierenden bewerten sich gegenseitig. Die Studierenden sollen die Vortragsituation als notwendige Kommunikationssituation begreifen lernen. Sie sollen einerseits in den Vorträgen ihre rhetorischen Kompetenzen vorzeigen und andererseits die Aneignung von Grundwissen nachweisen.

Eye-Tracking bei der Mikropräsentation

Die Studierenden aus dem Hauptstudium sollen ihre aus einer einzigen Folie bestehenden Mikropräsentationen in vier Quadranten Q1 (Bereich der Aufgabenstellung), Q2 (FEM-Ergebnis), Q3 (technisches Diagramm) und Q4 (textliche Zusammenfassung) aufteilen. Zur detaillierten Erfassung der Ergebnisse werden diese Quadranten mit sogenannten Areas of Interest (AOIs) versehen. Q1 zeigt die Aufgabenstellung in bildlicher Form. Daher sollte die Verweildauer hier ein Drittel oder mehr der Ge-

samtzeit betragen. Ohne eine Identifizierung der Aufgabenstellung kann die Aufgabe nicht erfolgreich gelöst werden. Um den Zusammenhang zwischen Aufgabenstellung und FEM-Ergebnis zu erkennen, müssten bei der Erläuterung der Darstellung der Spannungsverteilung in Q2 Sakkaden zwischen Q1 und Q2 vorhanden sein. Aus den vorhandenen Sakkaden zwischen Q1 und Q2 kann auf ein Grundverständnis geschlossen werden. Die Blickpfade zwischen Q1 und Q3, dem technischen Diagramm, sollten ausgeprägt sein. Die Betrachtung von Q3 als Zusammenfassung des Ergebnisses in verdichteter grafischer Form sollte ein weiteres Drittel der Gesamtzeit in Anspruch nehmen. Für die Betrachtung von Q4, der verbalen Zusammenfassung, sollte nicht viel mehr als 10 % der Gesamtzeit verwendet werden.

Die durchschnittliche Verweildauer in Q1 ist mit 24 % deutlich kürzer als für die vollumfängliche Interpretation der Aufgabenstellung erforderlich gewesen wäre. Dafür ist die Verweildauer in Q4 mit 27 % der Gesamtzeit deutlich größer als gewünscht. Das ist ein Anzeichen dafür, dass die Fähigkeit, die wesentlichen Ergebnisse einer Untersuchung zu erkennen, noch nicht ausgeprägt ist. Für die Auseinandersetzung mit dem eigentlichen Ergebnis verwenden die Studierenden weniger als die Hälfte der zur Verfügung stehenden Zeit (Q2 = 21 %, Q3 = 28 %, Q2+Q3 = 49 %). Diese Tendenz zum „Schnell, schnell“, die eine sorgfältige und gewissenhafte Auseinandersetzung mit einer Aufgabe verhindert, ist heutzutage nicht nur bei Studierenden zu beobachten.

Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Heatmaps eines Experten (links) und eines überdurchschnittlich guten Probanden (rechts). Das Bild zeigt, dass sich der Proband mit allen vier Quadranten befasst hat und die Zeiteinteilung dabei vorbildlich war. Damit kam er der Vorgabe des Experten sehr nahe.

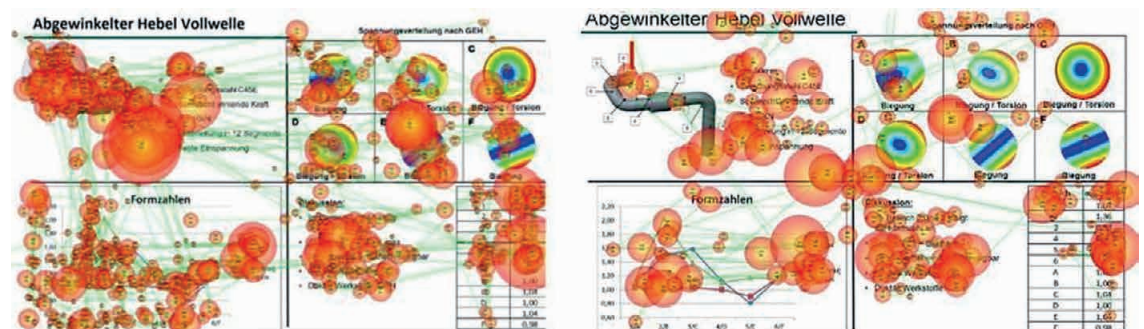


Abb. 1: Heatmaps Q1-Q4 des Experten (li) und eines überdurchschnittlich guten Probanden (re)

Eye-Tracking beim Betrachten technischer Diagramme

Technische Diagramme sind eine Repräsentationsform, die in wissenschaftlichen Untersuchungen ungenügend gewürdigt wird. Die Auswertung der Eye-Tracking-Analyse für das Ansehen des technischen Diagramms (Q3) ergab folgende durchschnittliche Zeitanteile der Testpersonen: 48 % für die Kurvenverläufe, 31 % für die Legende, 11 % für den Titel, 6 % für die x-Achse und 4 % für die y-Achse. Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt aus Abbildung 1, in dem Q3 vergrößert dargestellt wird. Hier wird die höhere Wertschätzung des Diagramms seitens des Experten eindeutig sichtbar.

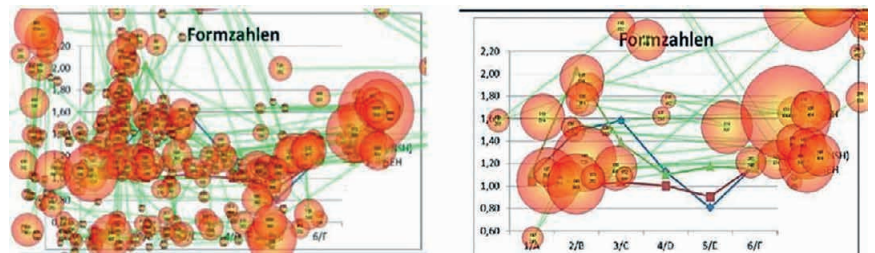


Abb. 2: Heatmaps Q3 des Experten (li) und eines überdurchschnittlich guten Probanden (re)

Eye-Tracking beim Lesen und Verstehen technischer Zeichnungen

Für diesen Versuch wurden die Studierenden bei der Lösungsfindung für eine typische Aufgabenstellung aus dem Bereich „Technisches Zeichnen“ beobachtet. Die Aufgabe, wie in Abbildung 3 ersichtlich, beinhaltet ein winkelförmiges Bauteil mit zwei Fasen und zwei Absätzen. Auf jedem Absatz ist auf entgegengesetzter Seite jeweils ein Zylinder angebracht. In der Mitte des Winkels auf der Außenseite befindet sich ein weiterer Absatz mit einer durchgehenden Bohrung. Die Testpersonen erhalten die Vorderansicht und Draufsicht des Werkstücks. Sie müssen entscheiden, welche der vier vorgelegten Seitensichten die richtige ist.

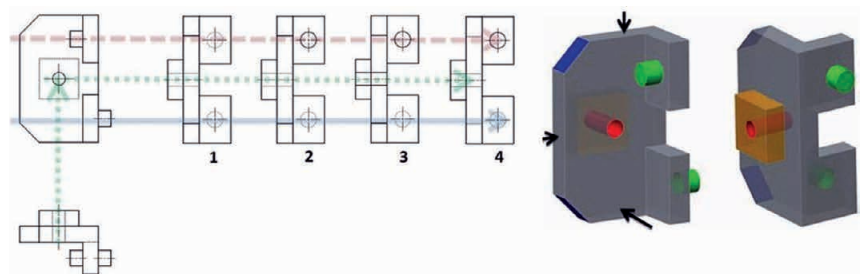


Abb. 3: Mögliche Vorgehensweise und Darstellung von Vorderansicht und Draufsicht des Bauteils sowie der vier Seitenansichten von links zur Auswahl

Eine mögliche Vorgehensweise ist: Auf dem rot gestrichelten ersten Blickpfad kann die Versuchsperson die Fase und den zylindrischen Absatz, in den vier Seitenansichten auf eine durchgezogene Linie kontrollieren. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass Ansicht 1 und 4 fehlerhafte Darstellungen sind. Auf dem grün gepunkteten zweiten Blickpfad ist unter Berücksichtigung der Draufsicht zu erkennen, dass die Bohrung durchgehend ist. Daher muss sie gestrichelt dargestellt werden. Deshalb kann Ansicht 3 als fehlerhaft ausgeschlossen werden. Daraus folgt, dass Ansicht 2 korrekt ist.

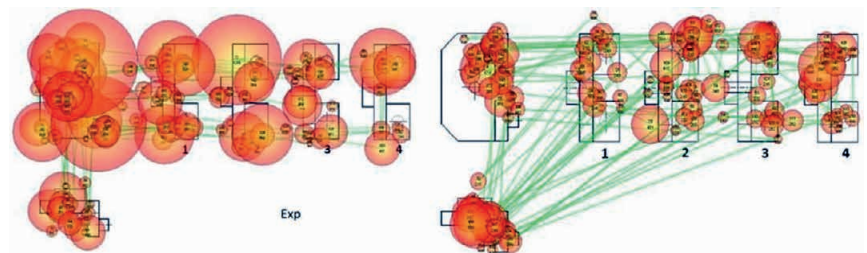


Abb. 4: Heatmaps des Experten (li) und einer Probandin (re) beim Betrachten einer technischen Zeichnung

Die Trefferquote bei allen Studierenden lag bei durchschnittlich 47 %. Da alle Studierenden die Regeln zur Lösungsfindung kennen müssten, müssen andere fehlende Kompetenzen (z. B. Raumvorstellungsvermögen, heuristische Kompetenz) die Ursachen für das schlechte Abschneiden sein. Die Auswertung der Eye-Tracking-Daten zeigt, dass ein Drittel der Probanden sich Zeit für eine ausführliche Betrachtung von Vorderansicht und Draufsicht nimmt. Ein weiteres

Drittel beginnt zu schnell mit der Lösungsfindung. Das letzte Drittel hat die Entscheidungskriterien für die Lösungsfindung nicht erkannt. Ein Indiz hierfür ist die hohe Zahl an Fixationen und/oder viele Sakkaden. Abbildung 4 zeigt beispielhaft die Heatmaps des Experten (links) und einer Probandin (rechts). Die Sakkaden der Probandin wirken wirr und unüberlegt. Die große Zahl der Sakkaden lässt auf eine vorhandene Unsicherheit schließen. Die Person nahm sich nicht ausreichend Zeit, um die zylindrischen Absätze in der Seitenansicht zu untersuchen. Die Draufsicht wurde ausführlich betrachtet, was nicht erwünscht war.

Eye-Tracking bei der Analyse einer Baugruppenzeichnung

In einer weiteren Untersuchung wurden die Studierenden mit der Eye-Tracking-Technologie und einer Videokamera bei der Analyse einer Baugruppenzeichnung beobachtet. Die vorliegende Zeichnung besteht aus verschiedenen Ansichten und Schnitten. Anhand dieser sollten sie im ersten Aufgabenteil die Funktion eines Parallelgreifers (Abbildung 5) beschreiben. Im zweiten Aufgabenteil sollten sie die Schritte der Demontage benennen. Dabei war anzunehmen, dass ein bestimmtes verschlissenes Bauteil (Zylinderstift) ausgewechselt werden muss. Die Ergebnisse der Videoaufzeichnung sollten mit den Heatmaps in Bezug gesetzt werden, um mögliche Zusammenhänge zwischen Gesehenem und Gesprochenem zu erkennen. Außerdem sollte untersucht werden, wie viele technische Substantive und Verben die ProbandInnen verwenden.

Nach Ansicht der Autoren kann die Funktion der mechanischen Baugruppe verbal unter der Verwendung von fünfzehn verschiedenen technischen Substantiven und sechs verschiedenen technischen Verben in einer Zeit von 150 s erklärt und die Demontage der Bauteile gedanklich mit neun Fachbegriffen und fünf technischen Verben in einer Zeit von 120 s überprüft werden [5].

Dieses Experiment ist die Fortführung der 100-s-Mikropräsentationen. Die Studierenden waren aufgefordert, ein Verständnis, das sie sich während der Lösung einer vorausgehenden Konstruktionaufgabe erarbeitet hatten, einer anderen Person darzulegen. Dadurch,

dass die Testpersonen dabei nicht nur mithilfe des Eye-Tracking-Verfahrens, sondern zusätzlich mit einer Videokamera aufgezeichnet wurden, war es möglich, die Verknüpfung von Augenbewegung und „lautem Denken“ zu analysieren. Die aufgestellte Arbeitsthese, dass die Augenbewegungen dem Denkprozess folgen, konnte so stark unterstützt werden.

Die Ergebnisse der vorausgegangenen Konstruktionaufgabe hatten gezeigt, dass nahezu alle Testpersonen in der Lage waren, diese zu lösen. Das Defizit lag hier nicht im Verständnis. Dafür zeigte sich bei vielen Probanden eine mangelnde Fähigkeit, ihr eigenes Verständnis einer dritten Person strukturiert und verständlich darzulegen. Ebenso wurden von den meisten Probanden kaum Fachtermini verwendet. Die Videoaufnahmen zeigen eine durchschnittliche Verwendung von fünf technischen Substantiven und drei technischen Verben pro Lösung. Das galt sowohl für die Funktions- als auch für die Demontagebeschreibung. Häufig wurden anstelle eines korrekten Fachbegriffs die Positionsnummern genannt. Anstatt eines zutreffenden technischen Verbs wurde wiederholt ein umgangssprachlicher Begriff benutzt. Weiterhin wurde aus den vorausgehenden Versuchen bestätigt, dass die verfügbare Zeit bei Weitem (Funktionsbeschreibung: ca. 66 s, Demontagebeschreibung: ca. 77 s) nicht ausgeschöpft wurde und dass sich eine fehlende Strukturiertheit in den gesprochenen Sätzen in unruhigen und „wirren“ Blickpfaden widerspiegelte.

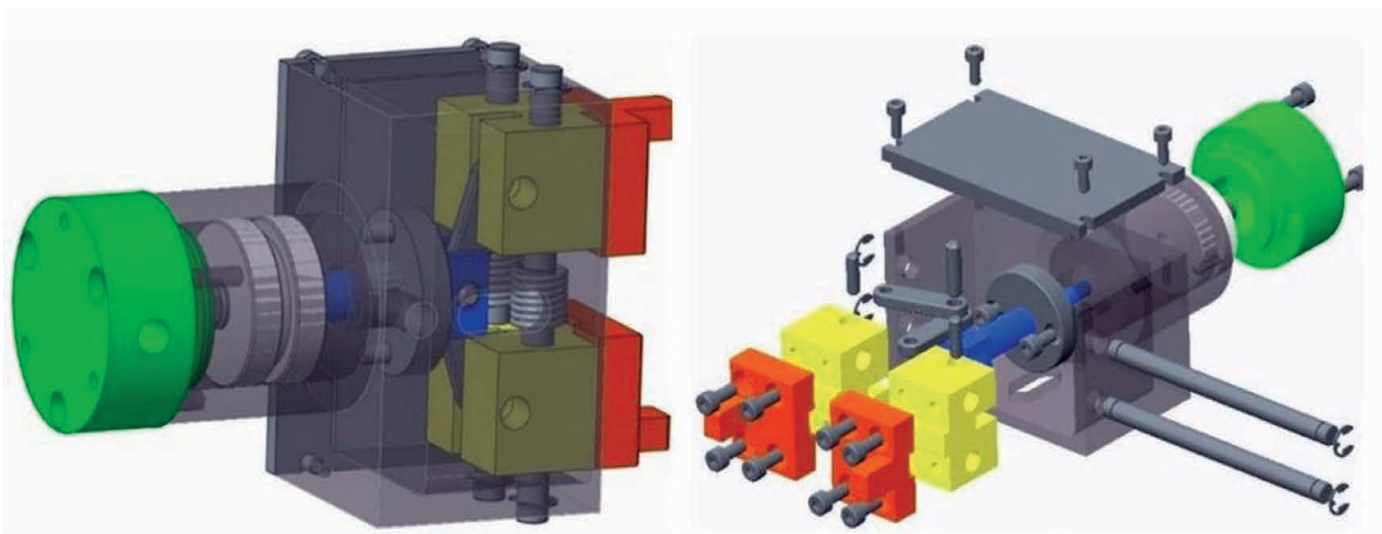


Abb. 5:
CAD-Modell der Baugruppe des Parallelgreifers

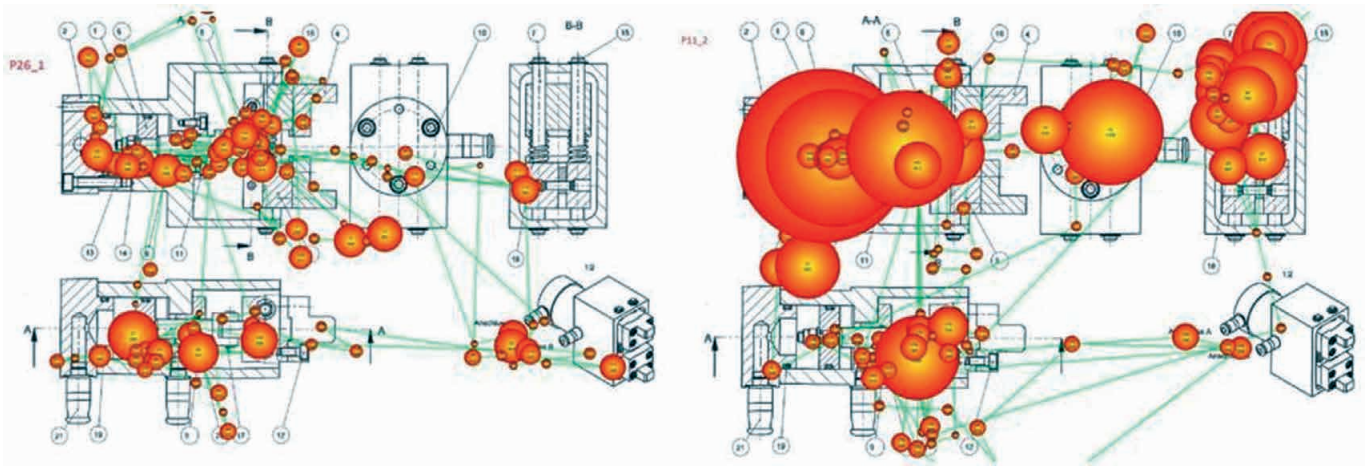


Abb. 6:
Heatmaps der Baugruppenzeichnung von zwei Probanden: Funktionsbeschreibung (li.), Demontagebeschreibung (re.)

Abbildung 6 (li.) zeigt beispielhaft die Heatmap eines Probanden bei der Funktionsbeschreibung. Viele kurze Fixationen und Sakkaden deuten auf ein kaum vorhandenes Fachwissen hin. Dies bestätigt die Videoaufnahme, die die Verwendung nur eines technischen Substantivs und eines technischen Verbs zeigt. Abbildung 6 (re.) zeigt beispielhaft die Heatmap einer anderen Versuchsperson bei der Demontagebeschreibung. Sie zeigt lange Fixationen in den AOlS, vor allem auf der Vorderansicht. Die Person nimmt sich viel Zeit, um die Ansichten ausführlich zu betrachten. Die Videoaufzeichnung zeigt eine strukturierte Vorgehensweise und eine Verwendung vieler technischer Begriffe.

Schlussfolgerungen

Aus den hier vorliegenden empirischen Untersuchungen ergaben sich Rückschlüsse über das visuelle Vorgehen von Studierenden bei der Analyse, Interpretation und Präsentation technischer Darstellungen in bildlicher und textlicher Form. Folgende grundlegende Aussagen können getroffen werden:

- Die Fähigkeit der Studierenden, sich aus technischen Darstellungen selbstständig Wissen zu erarbeiten, ist unzureichend vorhanden. Es wurden Defizite im Konzentrations- und Abstraktionsvermögen, beim logischen Denken und Schlussfolgern und bei der Fähigkeit zu strukturiertem Vorgehen beobachtet.
- Weiterhin schöpfen die Studierenden die zur Verfügung stehende Zeit bei der Bewältigung theoretischer Aufgabenstellungen selten aus und setzen sich oft unzulänglich mit einer Aufgabenstellung auseinander.

- Die Bedeutung einer korrekten technischen Ausdrucksweise unter Verwendung von Fachbegriffen wird von ihnen deutlich unterschätzt, ebenso die Verwendung von Abbildungen, insbesondere von technischen Diagrammen.
- Demgegenüber wurden gute Fertigkeiten und eine Beharrlichkeit bei der Lösung praktischer Aufgabenstellungen nachgewiesen.

Aus Sicht der Autoren sind deshalb zwei Aufgaben in der Lehre vorrangig zu lösen:

- Durch einen starken Praxisbezug mit interessanten Projekten und durch den Einsatz von IT-Tools, die von den meisten Studierenden intuitiv richtig eingesetzt werden, Motivation und „Erfindergeist“ zu wecken und zu fördern und frühe Erfolgserlebnisse zu schaffen, um so „Durchhaltevermögen“ für das Trainieren der erforderlichen Schlüsselkompetenzen zu bewirken.
- Die Förderung praktischer und personenbezogener Kompetenzen muss stetig vorangetrieben werden, deren Vermittlung parallel zu den Fach- und Methodenkompetenzen in ausgewogener Weise erfolgen muss.

Referenzen/References:
 [1] Daryusi, A.; Köhler, G.: Empirische Untersuchungen zum visuellen Wahrnehmen beim Lesen und Verstehen Rostock, Shaker Verlag Aachen, S. 47-58, ISBN 978-3-8440-4732-5
 [2] Stumpf, H.; Fay, E.: Schlauchfiguren. Ein Test zur Beurteilung des räumlichen Vorstellungsvermögens. Göttingen u. a.; Hogrefe 1983 techn. Zeichnungen. 14. Kolloquium Konstruktionstechnik, KT2016, 06. – 07. Okt., 2016
 [3] Daryusi, A.: Förderung der Raumvorstellung in der Konstruktion. HSO IAF, Forschungsbericht: fif, Ausgabe Nr. 20, S. 18–20, 2017
 [4] Daryusi, A.; Schröder, N.: Neue Wege zur Stärkung der Präsentationskompetenz u. Teamfähigkeit in der Technikausbildung. In: lernen & lehren, 28. Jahrg. (2013), Heft 111 (3/2013), S. 127-132, ISSN 0940-7340
 [5] Daryusi, A.: Blickbasierte Analyse einer Baugruppenzeichnung. Im Tagungsband: Digitalisierung in der Techniklehre. Wege zu techn. Bildg. 12. Ingenieurpädagogischen Regionaltagung 2017, 11.–13. Mai an der 2017 TU Ilmenau, Druck: Uni. Siegen – UniPrint, S. 157–164, ISBN 978-3-9818728-1-1

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Ali Daryusi
 Leiter CAD/CAE-Labor, Fakultät M+V,
 Professur für Maschinenelemente und CAD/CAE
 ali.daryusi@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Grit Köhler
 Prodekanin der Fakultät M+V,
 Professur für elektrische Netze und Anlagen
 grit.koehler@hs-offenburg.de