

1. Motivation zur Untersuchung des Themas

Die Einführung neuer Bachelor- und Masterstudiengänge sowie die ständig steigende Komplexität der in der Praxis eingesetzten Werkstoffe und Konstruktionen führen zu einer sich stetig verändernden Hochschullandschaft. Die klassische universitäre Ausbildung, gegliedert in Präsenzvorlesungen, Übungen und Praktika, stößt an ihre Grenzen. Sie kann unter den gegebenen Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel den im Bologna-Protokoll politisch geforderten kürzeren Studienzeiten, die Qualität der Ausbildung nicht oder nur mehr eingeschränkt sicherstellen. Aufgrund dieser Entwicklung muss nach neuen Wegen und Methoden zur zielgerichteten Vermittlung von Lerninhalten gesucht werden. Als ein Weg hat sich die Verwendung neuer Medien in der Bildung etabliert. Beschränkte sich dies in den Anfangsjahren unter anderem auf den Einsatz von Overheadfolien und Videofilmen, so erweiterte sich dieses Feld im Zuge gewachsener technischer Möglichkeiten auf den Einsatz von Computern und damit verbundenen Programmen. War dieses Feld in den Anfängen häufig auf unterschiedliche Bereiche der Informatik, als ein Gebiet mit großer Affinität zu derartigen technischen Ansätzen, beschränkt, so haben die neuen Medien in den letzten Jahren Einzug in fast alle Bereiche der Bildungslandschaft gefunden. Die Vielfalt an unterschiedlichen Ansätzen und Lösungen ist dabei mittlerweile nur schwer zu überschauen und wird in der Fachwelt und Literatur in ihrer Wirkungsweise durchaus sehr kontrovers diskutiert. Die sich überaus schnell entwickelnden technischen Lösungen haben dazu geführt, dass häufig die Technik die bestimmende Rolle vor der Didaktik übernommen hat. Dies führte zwar oft zu technisch sehr ausgefeilten Lösungen, die aber im Sinne der angesprochenen zielgerichteten Lehrvermittlung wenig Qualität aufwiesen. So wurden gerade in den Anfängen häufig Animationen um der Animation willen erstellt, ohne zu hinterfragen, ob dies wirklich die didaktisch sinnvollste Herangehensweise an das spezifische Problem darstellte. Hier wurden große finanzielle Mittel eingesetzt, die bewirkten, dass in der Folge teilweise nur verhältnismäßig geringe Personalmittel zur Verfügung standen. So konnte nur eine rudimentäre Unterstützung der Nutzer beim Umgang mit den neuen Möglichkeiten realisiert werden. Dies hatte zur Folge, dass bereits in der Startphase eine große Anzahl an potentiellen Nutzern verloren ging.

Zu Beginn der Überlegungen und Anstrengungen stand der Gedanke einer vollständigen Ablösung der Präsenzlehre durch ein virtuelles, netzgestütztes Lernen. Systeme, die diesen Ansatz verfolgten, stellten sich sehr schnell als ungeeignet für eine Verbesserung der Lehre und der erzielbaren Ergebnisse heraus. Als ein noch junger Lösungsansatz für diese fehlgeleitete Entwicklung hat sich die Kombination aus gewachsenen Präsenzlehrangeboten und der Unterstützung des Lernens durch netzbasierte Angebote etabliert. Man spricht hier häufig von „*Blended Learning*“. Nicht der vollständige Ersatz der Präsenzlehre steht im Vordergrund, sondern die sinnvolle Ergänzung bestehender Präsenzangebote. Dieses beinhaltet eine große Vielfalt an Komponenten sowohl zur gezielten Vor- und Nachbereitung für die Studierenden als auch zur Unterstützung der Lehrenden in der Vorbereitung ihrer Veranstaltungen. Hier sind unter anderem Lernmanagement-Systeme mit ihren ergänzenden Komponenten wie zum Beispiel Foren, Whiteboards oder Nutzertracking zu nennen. Letzteres bietet die Möglichkeit sehr genau zu verfolgen, wie einzelne Nutzer in der Netzumgebung agieren und zum Beispiel

bei Tests abschneiden. Hieraus können Rückschlüsse auf die Vermittlung einzelner Themengebiete oder die Optimierung von Prüfungssituationen gezogen werden. Man kann von einer Harmonisierung verschiedener Angebote und Vermittlungswege sprechen und den Begriff des „*Blended Learning*“ somit auch als „Harmonisiertes Lernen“ übersetzen.

Die genaue Ausformung des „Harmonisierten Lernens“ weist in der Praxis eine große Variationstiefe auf und wird stark vom zugrunde liegenden pädagogischen Grundkonzept, sowie den personellen und technischen Möglichkeiten geprägt. Ein Projekt, das diesem Konzept gefolgt ist, ist das WiBA-Net. WiBA steht dabei für Werkstoffe im Bauwesen und hat das Ziel, das Fachgebiet der Werkstoffe des Bauwesens in einem multimedialen Netz abzubilden. Zu diesem Zweck haben sich sechs Universitäten zusammengeschlossen und ihre jeweiligen Spezialkenntnisse auf den verschiedenen Werkstoffgebieten eingebracht. Im Rahmen dieser Dissertation wurde dabei der Bereich der Grundlagen der Werkstoffe bearbeitet und ausgestaltet. Die hierbei erzielten Ergebnisse und Erkenntnisse werden in den folgenden Kapiteln dargestellt und bewertet. In diesem Zusammenhang werden auch Übertragbarkeit und Weiterentwicklung der erzielten Erkenntnisse auf den Bereich der Bauphysik im Bauingenieurstudium diskutiert. Zu diesem Zweck haben am Institut für Bauphysik und Materialwissenschaft eigene weitergehende Arbeiten mit dem Lernmanagement-System MOODLE und dessen Einbindung in die Präsenzveranstaltungen stattgefunden.

Da es sich hier um einen neuen Weg handelt, liegen zum jetzigen Zeitpunkt nur eingeschränkte Erfahrungen und Ergebnisse vor, die noch keine abschließende allgemeingültige Bewertung zulassen. Dies gilt sowohl für die didaktische Theorie als auch für die praktische Umsetzung und deren Widerspiegelung in den Prüfungsergebnissen.

Im Rahmen des BMBF-Projekts WiBA-Net im Programm „Neue Medien in der Bildung“, hat bereits sehr frühzeitig eine Auseinandersetzung mit dem Begriff des *Blended Learning* und seiner Ausgestaltung stattgefunden. Bei der Beschäftigung mit dem Modell des *Blended Learning* und seiner Umsetzung in der Praxis stehen dabei mehrere zentrale Fragestellungen im Fokus der Betrachtung.

Diese sind:

- Wird eine Flexibilisierung des Lernprozesses erreicht und seitens der Nutzer auch angenommen?
- Kann mehr Wissen in gleicher Zeit vermittelt werden?
- Ist eine bessere Vermittlung des Wissens in gleicher Zeit möglich?
- Wie können neue Medien zu dem Lernerfolg beitragen?
- Lassen sich positive Effekte aus dem Einsatz von E-Learning Lösungen in Prüfungssituationen nachweisen?
- Wo liegt die Balance zwischen technisch Machbarem und didaktisch Sinnvollem?

Diese Fragen werden in der vorgelegten Arbeit am Beispiel des Projekts WiBA-Net und der am Institut für Bauphysik und Materialwissenschaft der Universität Duisburg-Essen erarbeiteten Konzepte für den Bereich der Bauphysik beantwortet.

Die Arbeit gliedert sich in zwei Teilbereiche. Im ersten Teil der Arbeit werden allgemein die technischen und didaktischen Hintergründe von E-Learning Lösungen behandelt. Die aufgezeigten Vor- und Nachteile einzelner E-Learning Elemente verdeutlichen den Nutzen verschiedener Komponenten, um Anwendungen und Szenarien einschätzen zu können. Auch die Erstellung verschiedener Szenarien als Voraussetzung für ein E-Learning Angebot werden hier diskutiert. Darüber hinaus wird eine Bewertung der erforderlichen technischen Infrastruktur und des zeitlichen Aufwandes für die Erstellung eines E-Learning Angebots vorgenommen. Im zweiten Teil der Arbeit werden mit dem WiBA-Net und dem Bauphysik-Interaktiv Angebot zwei konkrete E-Learning Projekte vorgestellt. Die im ersten Teil der Arbeit aufgezeigten Möglichkeiten werden hier praxisnah getestet und ausgewertet. Dabei weisen beide Projekte unterschiedliche Ausprägungen und Zielvorstellungen auf, die sich in der konkreten Umsetzung, den Auswertungen und messbaren Erfolgen widerspiegeln.

2. Stand der Entwicklung

2.1. Einleitung

Die Beantwortung der zuvor gestellten Fragen bedarf zunächst eines genauen Blicks auf den Stand der Entwicklung zu Beginn der Projekte WiBA-Net und Bauphysik-Interaktiv an der Universität Duisburg-Essen. Der Stand der Entwicklung im Jahr 2000, als die Arbeiten am Projekt WiBA-Net begannen, muss vor dem Hintergrund der Entwicklung des E-Learning allgemein und im speziellen für den Bereich der Ingenieure im Bauwesen betrachtet werden. Ernsthaftige Ansätze für ein E-Learning im Bauwesen finden sich auf breiter Basis erst ab Ende der 90er Jahre. Bis zu diesem Zeitpunkt fand E-Learning, mit Ausnahme einiger kommerzieller Angebote in Form von CD-ROM basierten Lernprogrammen, im Bauwesen faktisch nicht statt. Kostenfreie Programme und Anwendungen für Studenten kamen nur vereinzelt an Lehrstühlen einiger Universitäten zum Einsatz, ohne dass aber eine Kooperation der Lehrstühle untereinander stattgefunden hätte. Als ein Beispiel für diese Entwicklung an einzelnen Universitäten kann das Programm 100-Online der Universität Stuttgart genannt werden [124]. Jedes der 100 Projekte wurde dabei mit 5000 Euro gefördert. Für das Bauwesen entstanden aus diesem Projekt heraus 31 Unterprojekte; unter anderem das Modul WERKSTOFFE IM BAUWESEN II [124], [125]. Der Fokus des Moduls WERKSTOFFE IM BAUWESEN II lag dabei eindeutig auf der digitalen Bereitstellung von Inhalten in Form von optimierten POWERPOINT-Dateien und der Möglichkeit einer direkten Kommunikation mit den Studierenden. Das mit dieser Summe lediglich Anreize gesetzt, jedoch keine wirklichen Innovationen erreicht werden konnten, wird auch bei oberflächlicher Betrachtung sehr schnell deutlich. Im Jahr 2000 legte die Bundesregierung aus den Versteigerungserlösen von UMTS-Lizenzen das Förderprogramm NEUE MEDIEN IN DER BILDUNG auf (s. Abbildung 2.1) [59], [64].

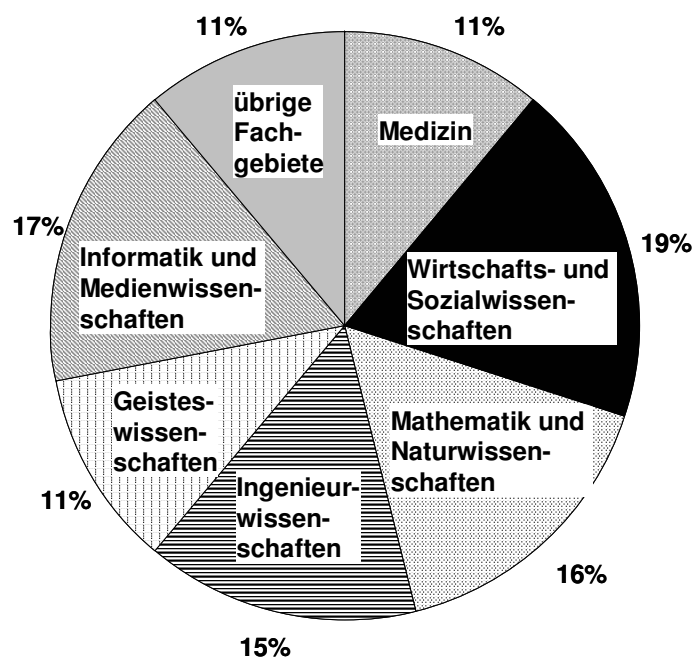


Abbildung 2.1: Aufteilung der Fördermittel auf unterschiedliche Fachrichtungen [59]

Auf den Bereich der Hochschulen entfielen dabei rund 284 Mio Euro, die sich in vier verschiedene Segmente aufteilen. Ziel dieses Programms war die Einführung und Förderung neuer Medien in der Bildung auf einer möglichst breiten Basis. Die Förderphase der Projekte begann 2001 und endete 2004. Im Rahmen dieses Förderprogramms entstand eine Vielzahl von unterschiedlichen Projekten in verschiedenen Fachrichtungen.

Wie dem Kursbuch des Förderprogramms entnommen werden kann, entstanden allein auf dem Gebiet der Ingenieurwissenschaften mehr als 20 verschiedene Projekte [64]. Die entstandenen Projekte beschäftigen sich dabei unter anderem mit bauphysikalischen, werkstofflichen und mechanischen Fragestellungen, um nur den Bereich der Bauingenieurausbildung zu nennen. Die Herangehensweise der einzelnen Projekte war dabei so verschieden wie die Fragestellungen in den unterschiedlichen Disziplinen. Während einige Projekte lediglich die Online-Bereitstellung von Skripten auf hohem Niveau als Ziel hatten, waren andere Projekte an einer umfassenderen Unterstützung der Präsenzlehre interessiert [64], [107], [109]. Die Umsetzung dieser umfassenderen Unterstützung wurde dabei von verschiedenen Richtungen angegangen. Während zum Beispiel das Projekt WiBA-Net auf die Gestaltung von Lehrpfaden zur interaktiven Darstellung des Gebiets der Werkstoff im Bauwesen setzte, konzentrierte sich das Projekt LERNNETZ BAUPHYSIK auf die Generierung eines virtuellen Gebäudes. An diesem Gebäude sollten dann die einzelnen Gebiete der Bauphysik in Gruppenarbeiten dargestellt werden [21].

Aufgrund der zu vermittelnden ingenieurspezifischen Inhalte und der dafür zwingend erforderlichen Diagramme, Formeln etc. unterscheidet sich die Herangehensweise deutlich von anderen Lösungen abweichender Fachgebiete. Im Folgenden soll ein Rückblick auf den Stand der Entwicklung, zu Beginn der Arbeiten gegeben werden. Dieser Rückblick gliedert sich in zwei Teilbereiche auf. Es handelt sich hierbei zum einen um den Bereich der didaktischen Hintergründe und zum anderen um den Stand der technischen Möglichkeiten und deren Auswirkungen auf die Entwicklung.

2.2. Lerntheorien

Für den Einsatz von E-Learning Angeboten und die Entwicklung von korrespondierenden Lernszenarien ist bis jetzt keine allgemeingültige Hochschuldidaktik des E-Learning verfasst worden [3]. Ausgehend von verschiedenen Denkansätzen haben sich aber drei konkurrierende Lerntheorien herausgebildet. Diese Lerntheorien basieren auf grundlegend unterschiedlichen Annahmen bezüglich der beim Lernenden ablaufenden Lernprozesse. Dies sind der Behaviorismus, der kognitivistische und der konstruktivistische Ansatz [3], [128].

- **Behaviorismus**

Der Behaviorismus verzichtet ganz auf die Beschreibung interner mentaler Vorgänge, er fasst den Adressaten praktisch als Black-Box auf [10]. Er konzentriert sich auf die Erfassung und Beschreibung der von außen vorgegebenen Reize und der daraus resultierenden Reaktionen [3], [116], [128], [130]. Als Vorreiter der Entwicklung des Behaviorismus kann IWAN P. PAWLOW betrachtet werden, der bei seinen Arbeiten zu

Verdauungsdrüsen das Prinzip der klassischen Konditionierung entdeckte [91]. Das Experiment ist unter dem Begriff pawlowscher Hund bekannt und beschreibt die Verstärkung eines gewünschten Verhaltens durch positive Rückmeldung. Ausgehend von diesen Erkenntnissen entwickelten WATSON und später SKINNER den Begriff des Behaviorismus [116], [128]. Zentraler Gesichtspunkt des Behaviorismus ist die Annahme, dass jegliches Verhalten kausal bedingt ist. Der Behaviorismus konzentriert sich dabei auf beobachtbares Verhalten und geht davon aus, dass dieses Verhalten nicht durch innere Prozesse und Entscheidungen, sondern vielmehr durch das Feedback der Umwelt auf dieses Verhalten gesteuert wird [58]. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass durch eine gezielte Steuerung des Feedbacks eine direkte Beeinflussung sprich Konditionierung des Verhaltens möglich ist (Abbildung 2.2).

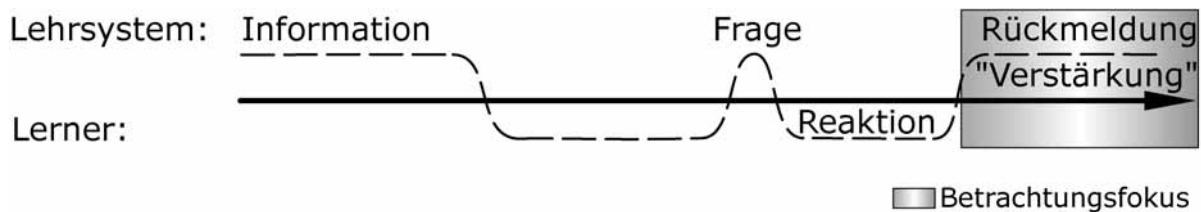


Abbildung 2.2: Fokus behavioristischer Ansätze [58]

Es werden zwei Formen der Konditionierung unterschieden, die klassische und die operante Konditionierung [116]. Die klassische Konditionierung betrachtet lediglich bereits vorhandene Verhaltensmuster und deren Kopplung an neue Reizmuster [91]. Die operante Konditionierung hingegen erweitert diese Betrachtung um den Gesichtspunkt der Konsequenz auf das gezeigte Verhalten. Infolge positiver oder negativer Konsequenzen können neue Verhaltensmuster aufgeprägt werden. Man spricht in diesem Zusammenhang von den Begriffen Verstärkung beziehungsweise Löschung. Verstärkung beschreibt dabei den Effekt, dass infolge einer positiven Antwort auf ein gezeigtes Verhalten die Wahrscheinlichkeit der Wiederholung dieses Verhaltens steigt [3]. Löschung hingegen stellt das gezielte Ignorieren von Verhaltensmustern dar, um diese in der Folge zu unterdrücken. Als Zwischenschritt existiert noch das Mittel der negativen Antwort mit dem Ziel, das Auftreten des gezeigten Verhaltens zu minimieren. Wie PAWLOW bereits zeigen konnte, greifen diese Mechanismen allerdings nur, wenn Verhalten und Feedback in möglichst kurzer zeitlicher Abfolge auftreten [91]. Ist die Zeitspanne zwischen Verhalten und darauf folgender Konsequenz zu groß, tritt keine Konditionierung ein.

Die Anwendung des Behaviorismus auf ein didaktisches Modell zur Wissensvermittlung wird als programmierte Instruktion bezeichnet [3]. Dabei wird der zu vermittelnde Inhalt in aufeinander aufbauende Wissenseinheiten unterteilt. Zu jeder Wissenseinheit werden Fragestellungen formuliert. Da nach jeder korrekten Antwort oder Reaktion ein positives Feedback an den Lernenden gegeben wird, kommt es zu einer positiven Verstärkung und infolgedessen zu einer Stabilisierung der Lernbereitschaft. Die Verstärkung wird darin gesehen, dass der Lernende eine sachgerechte Antwort als Bestätigung seines Verhaltens erhält. Bei falschen Antworten wird die Lerneinheit erneut durchlaufen und das Wissen über identische oder verwandte Fragen abermals getestet. Dies führt zu der Forderung nach einem hohen Prozentsatz richtiger Antworten, was wiederum zu relativ leichten Programmen dieser Schule führt [128]. Lernsysteme, die nach diesem Modell

aufgebaut sind, werden als *Drill-and-Practice* Programme bezeichnet. Sie sind in den USA weit verbreitet und sind für die Vermittlung von reinem Faktenwissen, wie zum Beispiel dem Fremdsprachentraining, akzeptiert [10], [97]. Die Vermittlung von Wissenszusammenhängen und die Verknüpfung von reinem Faktenwissen zu Handlungsoptionen lassen sich mit diesem Ansatz jedoch nicht hinreichend beschreiben.

Ausgehend von diesem Defiziten kam es in den 70er Jahren zu einer Weiterentwicklung des behavioristischen Ansatzes zur kybernetischen Pädagogik [3], [128]. Der kybernetische Ansatz legt, im Gegensatz zum Behaviorismus, den Fokus seiner Betrachtung auf die informationsbezogene Interaktion zwischen Lehrsystem und Lernendem (Abbildung 2.3) [58]. Der Aspekt der Verstärkung eines Verhaltens durch die Rückmeldung des Lehrsystems rückt in den Hintergrund, während der Optimierung des Informationsaustausches zwischen Lehrsystem und Lerner eine höhere Priorität zugewiesen wird.

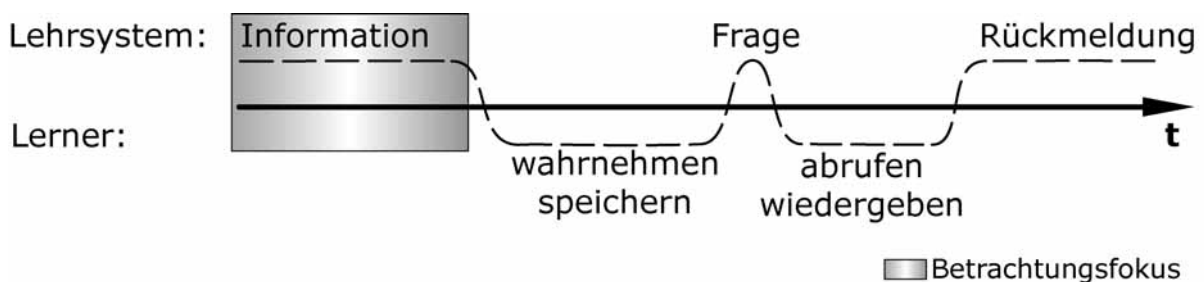


Abbildung 2.3: Fokus kybernetischer Ansätze [58]

Um den Prozess der Informationsaufnahme und Verarbeitung durch den Menschen mit berechenbaren Modellen darzustellen, wird der Prozess in Teilgebiete unterteilt. Die Apperzeptionsgeschwindigkeit des Menschen und die vom Menschen aufnehmbare Datenmenge liegen dabei deutlich unter der Datenmenge, der der Mensch ausgesetzt ist [50]. Die auftretenden Reize oder Informationen werden in mehreren Stufen reduziert, so dass schließlich eine verarbeitbare Menge zurückbleibt. Als Konsequenz aus dem kybernetischen Ansatz müssen die Informationseinheiten so gestaltet und dargebracht werden, dass sie sich an der Apperzeptionsgeschwindigkeit der Adressaten orientieren. Wichtig ist dabei, dass die zu vermittelnde Information subjektiv bewertet werden muss. Der Informationsgehalt muss sich am Wissensstand der Adressaten orientieren, damit nicht ungewollt eine zu große Datenmenge angeboten wird. Außerdem ist es wegen der deutlich niedrigeren Geschwindigkeit der Information beim Übergang in das Langzeitgedächtnis erforderlich, die didaktische Information über einen wesentlich längeren Zeitraum im Bewusstsein des Adressaten zu halten. Hierzu bieten sich die Mittel der Wiederholung, der Abfrage oder die Darstellung gleicher Sachverhalte mit anderen Medien an.

Entsprechende Lehrsysteme sollten in den 70er Jahren apersonalen Unterricht an Schulen einführen beziehungsweise ermöglichen. In der Nachbetrachtung kann festgestellt werden, dass weder die Befürchtungen noch Hoffnungen, die mit diesen Systemen verknüpft waren, eingetreten sind. Die damals verfügbaren Lehrsysteme waren zum einen weit weniger effektiv als erwartet und zum anderen nahm die Bereitschaft der Lernenden zur Nutzung dieser Systeme sehr schnell ab [3]. Das

Problem der Langzeitmotivation bei Lehrsystemen, die dem behavioristischen oder kybernetischen Ansatz folgen, besteht auch heute noch. Die relativ gleichförmige Vermittlung von Inhalten führt schnell zu einer Abnahme der Aufmerksamkeit und in der weiteren Folge zu einer stetig abnehmenden Nutzung der Lehrsysteme.

• **Kognitivistische Ansätze**

Während der Behaviorismus und seine Weiterentwicklungen die interne Weiterverarbeitung von Inhalten und Reizen vollständig ausklammern, setzen die kognitivistischen Ansätze gerade an dieser Stelle an. Grundannahme dieser Ansätze ist, dass neu angebotene Wahrnehmungen stets auf bereits mehr oder weniger entwickelte Strukturen treffen und diese Strukturen die weitere Verarbeitung signifikant beeinflussen [3]. Nach diesem Verständnis handelt es sich beim Lernvorgang um einen Sonderfall der Informationsaufnahme und –verarbeitung. Das Gehirn wird nicht wie im Behaviorismus als *Black Box* aufgefasst, sondern verfügt über eigene Verarbeitungskapazitäten [10]. In Abhängigkeit der bereits vorhandenen Strukturen und Informationen werden neu angebotene Inhalte individuell erfasst und interpretiert. In Abgrenzung zum Behaviorismus wird eine Verhaltensänderung nicht als Folge externer Stimulation sondern interner Verarbeitungsprozesse gedeutet. Während der Behaviorismus unabhängig vom Individuum bei gleichem Reiz und identischer Rückmeldung stets vom gleichen Antwort-Verhalten ausgeht, berücksichtigt der Kognitivismus die individuellen Vorerfahrungen (Abbildung 2.4). Es steht nicht mehr das Finden einer einzigen richtigen Antwort im Mittelpunkt des Lehr- und Lernprozesses, sondern vielmehr das Vermitteln von Methoden und Verfahren zur Problemlösung [10].

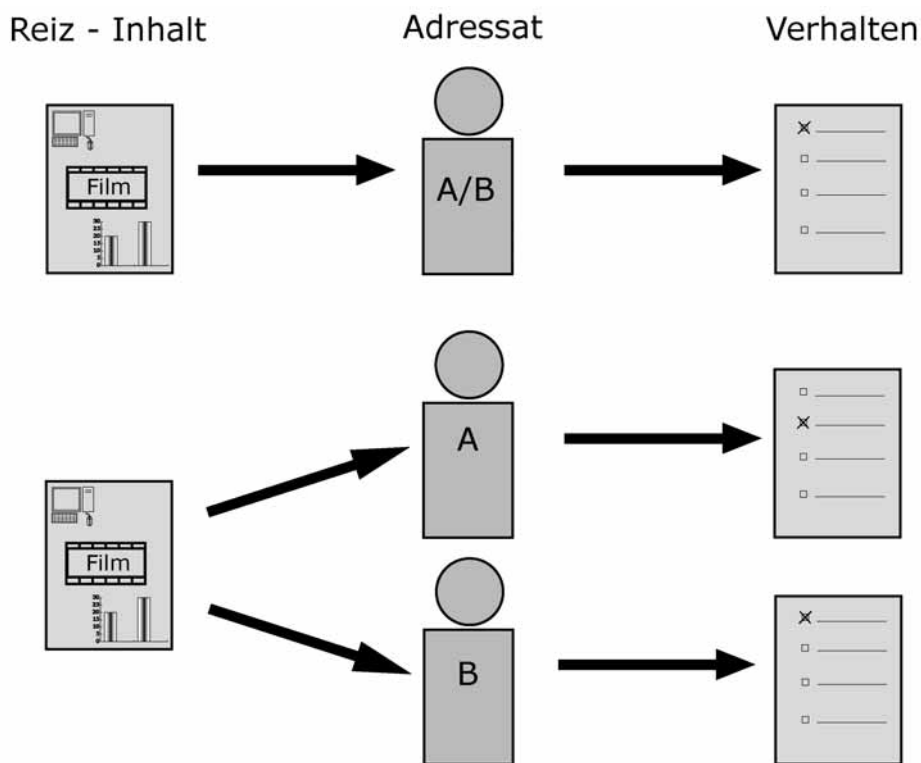


Abbildung 2.4: Verarbeitungsunterschiede zwischen Behaviorismus (oben) und kognitivistischen Ansätzen (unten)