

(1950), BUSH und MOSTELLER (1951) formulierten erste *stochastische L.e.* In den folgenden Jahren wurden die linearen L.e. intensiv von BUSH und MOSTELLER entwickelt und experimentell überprüft. ESTES, BURKE und SUPPES entwickelten die *Reiz-Auswahl-Modelle* (\hat{I} Zustandsmodelle) und LUCE (1959) untersuchte das *Beta-Modell* (\hat{I} nichtlineare Lernmodelle). Besonders im Rahmen der Reiz-Auswahl-Modelle und im Anschluß an sie wurden Modelle für einfache kognitive Lernprozesse unter Berücksichtigung von Eigenschaften des *Kurz- und Langzeitgedächtnisses* ausgearbeitet (BOWER, RESTLE). Besondere Bedeutung für die weitere theoretische und experimentelle Forschung mit L.en haben Versuche, die Verbindung zwischen Markow-L.en und Modellen der Informationsverarbeitung in kognitiven Prozessen unter Einfluß von Gedächtnisstrukturen herzustellen (GAGNÉ, HINTZMAN, KINTSCH, KLIX und GOEDE, RESTLE, SCANDURA, SHIFFRIN) (t Strukturlernen). Die vorrangig im Rahmen der Stimulus-Response-Theorien entwickelten L.e. fanden experimentelle Anwendung auf folgende Arten von Lernprozessen: \hat{I} Paar-Assoziationslernen, seriales Lernen, f Wahrscheinlichkeitslernen, t Vermeidungslernen, f Prädiktionslernen. Ihr theoretischer Wert beschränkt sich mit wenigen Ausnahmen auf diesen Gegenstandsbereich. Die aus L.en ableitbaren Voraussagen experimenteller Lernverläufe können quasi-quantitativ oder im eigentlichen Sinne quantitativ sein. Die *quasi-quantitativen Voraussagen* beschreiben den generellen Verlauf empirischer Funktionen und vernachlässigen die quantitative Validierung. Das betrifft den größten Teil der theoretischen Arbeit von HULL und z. B. die Aussagen von ESTES über Vergessen und spontanes Wiederauftreten (recovery) der Lernleistung, die aus der Reizfluktuationstheorie abgeleitet wurden. Echte *quantitative Voraussagen* werden hinsichtlich verschiedenartiger quantitativer experimenteller Ergebnisse geprüft, schließen die Schätzung von Parametern im Modell und die Prüfung der Invarianz von Modellparametern bei Variation solcher experimenteller Bedingungen ein, die sich theoretisch nicht auf die Parameter auswirken dürfen. Nur wenige Modelle erfüllen derart präzise Prüfungen befriedigend für eine größere Klasse von Lernprozessen. Im Zentrum quantitativer Voraussagen für Lernverläufe steht die *Wahrscheinlichkeit richtiger bzw. falscher Antworten oder Reaktionen*. Viele andere abhängige Variablen wie Fehleranzahl, Anzahl der Lernschritte bis zum letzten Fehler bzw. bis zur ersten richtigen Antwort, sequentielle Statistiken wie die Anzahl unmittelbar aufeinanderfolgender Fehler oder richtiger Antworten lassen sich mathematisch auf die Wahrscheinlichkeit der Antworten in Abhängigkeit von der Anzahl der Lernschritte zurückführen. *Mathematische L.e.* werden unter der Zielstellung entwickelt, aus einer relativ geringen An-

zahl von Grundannahmen über den Lernprozeß Voraussagen über alle diese quantitativen Variablen abzuleiten und damit ihren Verlauf in einem Lernprozeß zu erklären. Andere abhängige Variablen wie *Latenzzeit, Antwortamplitude, Antworthäufigkeit* je Zeiteinheit lassen sich nur durch zusätzliche Modellannahmen in funktionalen Abhängigkeiten von den Antwortwahrscheinlichkeiten darstellen. Die Voraussagen, die auf diesem Wege für diese Variablen abgeleitet wurden, tragen vorwiegend quasi-quantitativen Charakter.

Mathematische L.e. gehen von der Annahme aus, daß der Lernprozeß in identische Lernschritte bzw. Einzelversuche zerlegbar ist. Jeder Einzelversuch besteht aus der Darbietung einer Reizsituation, der Antwort des lernenden Organismus, dem Eintreten eines Ereignisses und der Veränderung des Lernzustandes bzw. der Antwortwahrscheinlichkeiten; als Ereignisse kommen dabei in Betracht eine Rückmeldung, eine positive oder negative Einwirkung in Abhängigkeit von der dargebotenen Reizsituation und der Antwort entsprechend einer experimentellen Vorschrift. Fast alle L.e. setzen die Gültigkeit der sog. *Wegunabhängigkeit* voraus, nach der die in früheren Lernschritten eingetretenen Antworten, Ereignisse oder Reizsituationen die Antwort im n -ten Lernschritt nur insoweit bestimmen, als sie den Lernzustand beeinflußt haben. Daraus folgt, daß die Modellierung mit Markow-Prozessen durchgeführt wird. Das Ereignis, d. h. die Bekräftigung, kann allein von der Antwort abhängen oder von ihr unabhängig sein. Je nachdem spricht man von *kontingenter Bekräftigung* oder von *nicht-kontingenter Bekräftigung*. Das entspricht der Einteilung in subjektkontrollierte bzw. experimentator-kontrollierte Bekräftigung. Die Bekräftigung kann deterministisch oder stochastisch erfolgen. *Kommutative Ereignisse* wirken dabei auf den Lernzustand unabhängig von der Reihenfolge ihres Eintretens ein, z. B. im nichtlinearen L. von LUCE. Sie werden als *neutrale Ereignisse* bezeichnet, wenn sie den Lernzustand nicht verändern. *Komplementäre Ereignisse* wirken sich quantitativ gleich stark auf die ihnen entsprechenden Antwortwahrscheinlichkeiten aus.

Eine geschlossene *mathematische Lerntheorie* existiert nicht. Die bestehenden Grundrichtungen bei der mathematischen Modellierung von Lernprozessen unterscheiden sich durch ihre Grundannahmen über den Lernprozeß und die verwendeten mathematischen Beschreibungsmittel und bestimmen die Konstruktion von \hat{I} *Operatormodellen* oder \hat{I} *Zustandsmodellen* für spezielle Arten von Lernprozessen. Vereinzelt Versuche zur Modellierung von komplexeren Lernprozessen (\hat{I} Strukturlernen) führten bisher noch nicht zu einer einheitlichen Grundrichtung.

Lernmotivation: ein Gefüge von Beweggründen vielfältiger Art, das in einem Extériorisations- und Interiorisationsprozeß entsteht und das Lernen des