

Wird $a = 1 - a - b$ gesetzt, so ergibt sich aus $T_p = p + a(1 - p) - bp$ die weitere Interpretationsmöglichkeit, daß der Zuwachs der Wahrscheinlichkeit proportional ist dem noch möglichen maximalen Zuwachs und daß die Abnahme dem bereits Gelernten proportional ist.

Mit $a = X(1-a)$ entsteht eine Form des *Lernoperators*, die besonders geeignet ist, die mittlere Lernkurve und das asymptotische Verhalten der Reaktionswahrscheinlichkeit bei unbegrenzt wiederholter Anwendung desselben Lernoperators in aufeinanderfolgenden Lernschritten zu bestimmen. Aus $T_p = ap + (1 - a)X$ ergibt sich durch Induktion über n :

$$T^n p = a^n \cdot p + (1 - a^n) X = X - (X - p)a^n.$$

Empir. Ergebnisse führen meist zu Schätzungen von 0,8 für a . Für $0 < a < 1$ hat $T^n p$ für unbeschränkt wachsendes n den Grenzwert X , den *Fixpunkt des Lernoperators*. Da die transformierten Wahrscheinlichkeiten T_p im Intervall zwischen 0 und 1 liegen müssen, folgt generell $0 < a, X < 1$.

Haben in einem Zeitpunkt t des Lernprozesses die Reaktionen A_1, \dots, A_n die Wahrscheinlichkeiten P_1^t, \dots, P_n^t , und können die Ereignisse E_1, \dots, E_m eintreten, so entspricht jedem Paar $A_j E_i$ eine Matrix T_{ij} , die den Vektor (p_1^t, \dots, p_n^t) in den Vektor $(P_1^{t+1}, \dots, P_n^{t+1})$ überführt. Spezielle Formen l. L. werden durch Annahmen über die Parameter in den Matrizen T_{ij} erhalten. Zur Ableitung der mittleren Lernkurve wird der Fall betrachtet, daß nur zwei Reaktionen A_1, A_2 und zwei Ereignisse E_1, E_2 existieren. Weiter wird angenommen, daß $T_{11} = T_{21} = T_{12} = T_{22} = T_2$ gelten und daß die Ereignisse unabhängig von der Reaktion mit den Wahrscheinlichkeiten m_1 für E_1 und $1 - m_1$ für E_2 eintreten. Ist die Wahrscheinlichkeit für A_1 im ersten Lernschritt p_1 , so ist die Wahrscheinlichkeit für A_2 nach dem ersten Lernschritt im Mittel $\bar{p}_2 = [7\alpha a_1 + (1 - m_1) a_2] p_1 + [7\tau a_1 + (1 - \tau) a_2]$,

wobei $T_{1j} = \alpha p_j + a_1$ und $T_{2j} = \tau p_j + a_2$ gesetzt wurde. Werden für die eckigen Klammern die Bezeichnungen $\bar{\alpha}$ und $\bar{\tau}$ gewählt, so zeigt sich mit $\bar{p}_2 = \bar{\alpha} p_1 + a_2$, daß die mittlere Reaktionswahrscheinlichkeit gleichfalls durch einen linearen Operator transformiert wird. Durch Induktion über n wird erhalten, daß dies für jeden Lernschritt gilt: $P_{n+1} = \bar{\alpha} P_n + a_2$.

Die mittlere Lernkurve ist daher gegeben durch:

$$P_{n+1} = \bar{\alpha} \cdot (P_1 - a_2) \bar{\alpha}^{n-1} + a_2,$$

dabei gilt

$$\bar{\alpha} = \tau a_1 L(1 - 7\tau) a_2, \quad \bar{\tau} = \tau a_1 X + (1 - \tau) a_2 \quad \text{und} \quad X = \bar{\alpha} / (1 - \bar{\alpha})$$

$$= [7\tau a_1 - (1 - \tau) a_2] / [1 - m_1 a_1 - (1 - m_1) a_2].$$

Das lineare Modell wurde in dieser Form vor allem auf Paar-Assoziations-Lernen, Wahrscheinlichkeitslernen und Vermeidungslernen angewendet. Die *Schätzung der Modellparameter* u_i, o_i erfolgt auf der Grundlage von Statistiken experimenteller Lernverläufe, z. B. aus der Fehlerzahl, aus Momenten der Fehlerverteilung oder aus sequen-

tiellen Statistiken wie der Verteilung von Fehlersequenzen, und erfordert mitunter den Einsatz von Monte-Carlo-Techniken. Vereinfachende Annahmen wie $a_1 = 1 - a_2$ und $a_2 = 1 - a_1$ beim Vermeidungslernen und zusätzliche wie $o_1 = a_2$ im Ein-Operator-Modell für Paar-Assoziations-Lernen sowie $a_1 = 1 - a_2, a_2 = 0$ und $a_1 = a_2$ für Wahrscheinlichkeitslernen erlauben die Parameterschätzung unmittelbar aus einfachen statistischen Auswertungen der Lernverläufe, **lineares Programm** f Lehrprogramme.

Linkanalyse: Bezeichnung für eine ingenieurpsychologische Methode zur *Optimierung der Anordnung* von Informationsausgabe- bzw. -eingabelementen (link, engl. Verbindung). Als Gütekriterien werden zumeist die *minimale Anzahl* von Kreuzungsstellen zwischen gedachten Trajektorien menschlicher Arbeitsbewegungen und der Bedeutsamkeit der Elemente zugrunde gelegt; bewährt haben sich außerdem die Kriterien *Bedienungshäufigkeit* und *Abstand der Elemente*. Neben diesem praktisch ausgezeichneten Fall werden bei der L. auch optische oder akustische Bedingungen zugrunde gelegt.

Nachdem die bei verschiedenen Tätigkeiten möglichen Verbindungen zwischen den Elementen festgelegt sind, wird — unter Beachtung der praktischen Möglichkeiten — mittels graphischer Verfahren eine Anordnung entwickelt, die die genannten Optimalkriterien erfüllt. Für präzisere Aussagen müssen die Anordnungsprobleme mit Hilfe der mathematischen Optimierung gelöst werden.

Linkshänder f Seitigkeit.

Lithiumtherapie: Verwendung von Lithiumsalzen (seit 1949) in der Psychiatrie. Sie sind indiziert zur prophylaktischen *Dauertherapie der manisch-depressiven Erkrankung*. Der Behandlungserfolg liegt zwischen 70 und 80%. Erfolgreicher ist die Langzeitbehandlung chronischer Manien und hypomanischer Zustände. Bei schwersten akuten Manien ist kein ausreichender therapeutischer Effekt erkennbar. Der Wirkungseintritt ist nach Tagen zu beobachten. Sehr wirksam ist die Kombination mit *neuroleptischer Therapie*. Der Einfluß auf die endogene Depression erscheint relativ gering. Die Lithiumprophylaxe ermöglicht grundsätzlich eine Phasenfrequenzverminderung. Bei niedrigen Dosen können Magen-Darm-Störungen mit Völlegefühl, Übelkeit, Neigung zum Erbrechen oder zu Durchfällen auftreten, die nach Wochen zurückgehen. Häufig werden ein feinschlägiger Tremor, Mundtrockenheit und Durstgefühl beobachtet. Schilddrüsenvergrößerungen sind in Einzelfällen bekannt. Als *Therapieempfehlung* ergeben sich die typische Zykllothymie bzw. rezidivierende endogene Depressionen sowie manische Zustände. Nierenleiden, Herz-Kreislauf-Krankheiten, Erkrankungen, die eine salzlose Diät erfordern, sind eine absolute *Kontraindikation*. Relative Kontraindikationen sind ein bestimmtes Alter der Patienten,