



Vorlesung Lernen und Gedächtnis  
WS 2014/15

# Instrumentelles Konditionieren I

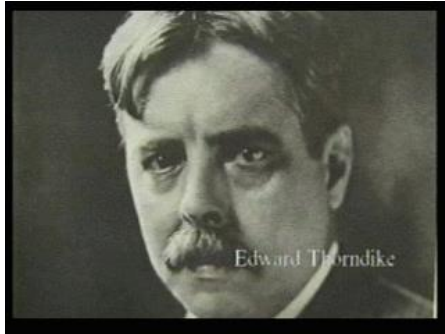
Thomas Goschke

# Literatur

---

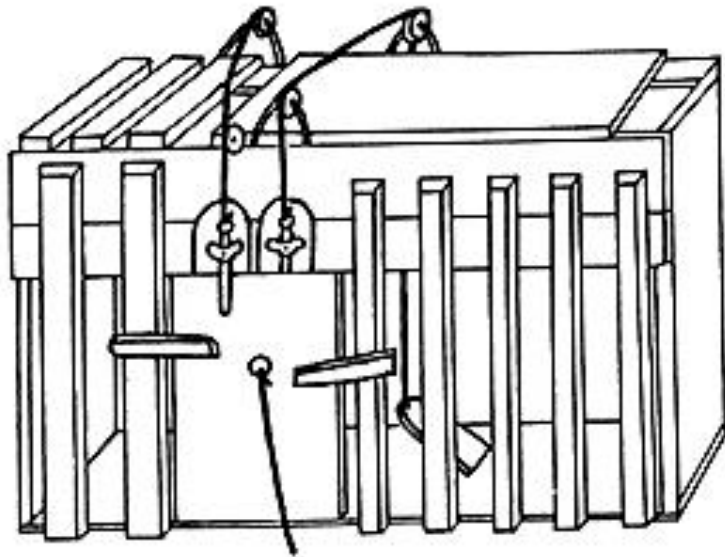
- Gluck, M.A., Mercado, E. & Myers, C.E. (2010). Lernen und Gedächtnis. Vom Gehirn zum Verhalten. Heidelberg: Spektrum Verlag. Kapitel 8+9.
- Mazur, J.E. (2006). Lernen und Verhalten (6. Auflage). München: Pearson Studium. Kapitel 6-9.

# Edward Lee Thorndike (1874-1949)

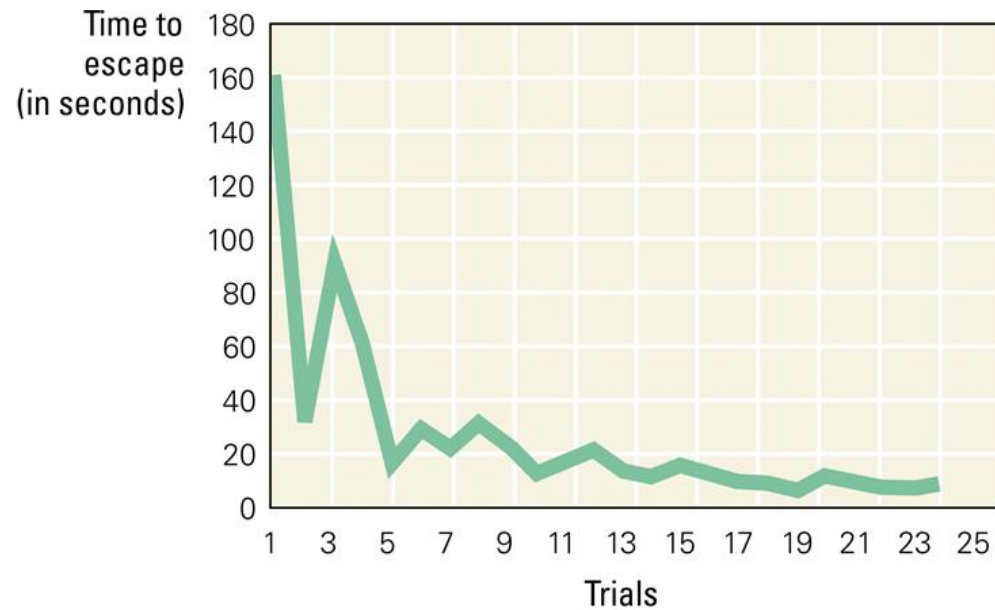


Katzen lernten durch Versuch und Irrtum,  
durch welches Verhalten sie dem Käfig entkommen  
konnten

Erwerb von Assoziationen zwischen Reizen (Situation),  
Reaktionen und Konsequenzen



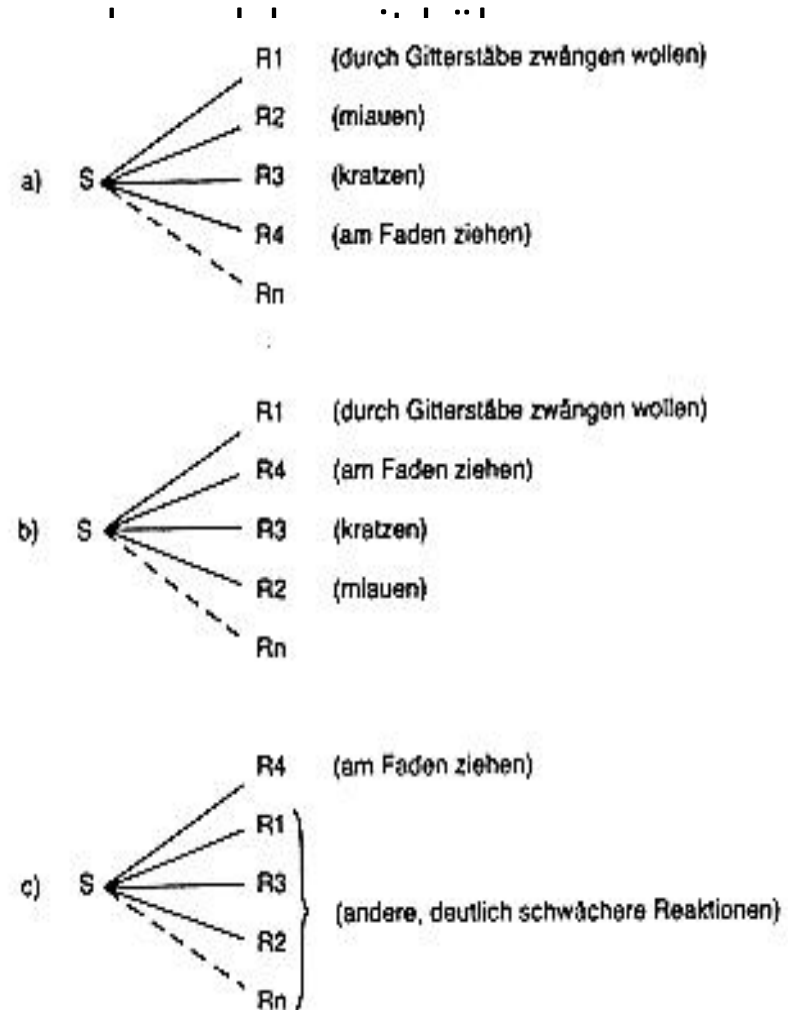
„Puzzlebox“



(b)

# Lernen am Erfolg: Gewohnheitshierarchien und das Gesetz des Effekts

- Aus Menge zunächst zufälliger Reaktionen  
Wahrscheinlichkeit wiederholt, die zu positivem Zustand führt  
  - „Ein befriedigender Zustand bedeutet, dass die Reaktion vermieden, sondern vielmehr versucht, ihn herbeizuführen“
  - „Ein frustrierender oder unangenehmer Zustand wird rasch aufgegeben“
  - (Thorndike, 1898, S. 245).
- Durch Belohnung oder Bestrafung werden Reaktionen selektiv verstärkt oder abgeschwächt



# Analogie zwischen dem Gesetz des Effekts und Darwins Prinzip der natürlichen Selektion

## Lernen am Erfolg

- *Variation:*
  - Produktion von Reaktionen nach Versuch und Irrtum
- *Selektion:*
  - Reaktionen, die zu Belohnung führen, werden verstärkt
  - Reaktionen, die zu Bestrafung führen, werden gelöscht

## Natürliche Selektion

- *Variation:*
  - Variation von Merkmalen der Individuen einer Art
- *Selektion:*
  - Individuen mit adaptiven Merkmalen reproduzieren sich häufiger
  - Individuen mit weniger adaptiven Merkmalen reproduzieren sich seltener

# Verhalten von Katzen im Problemkäfig

(Guthrie & Horton, 1946)

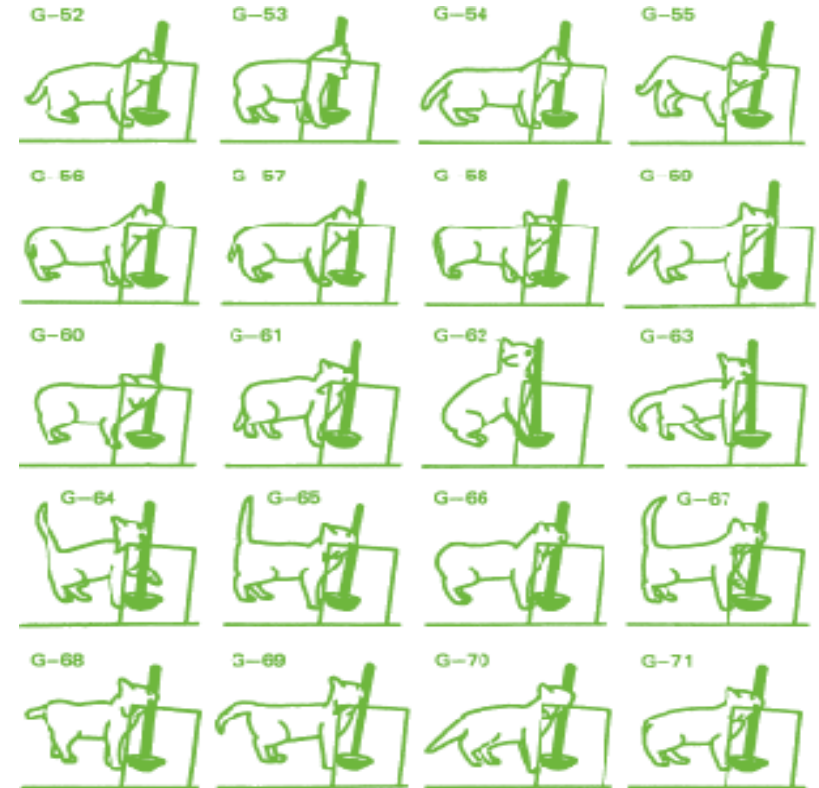
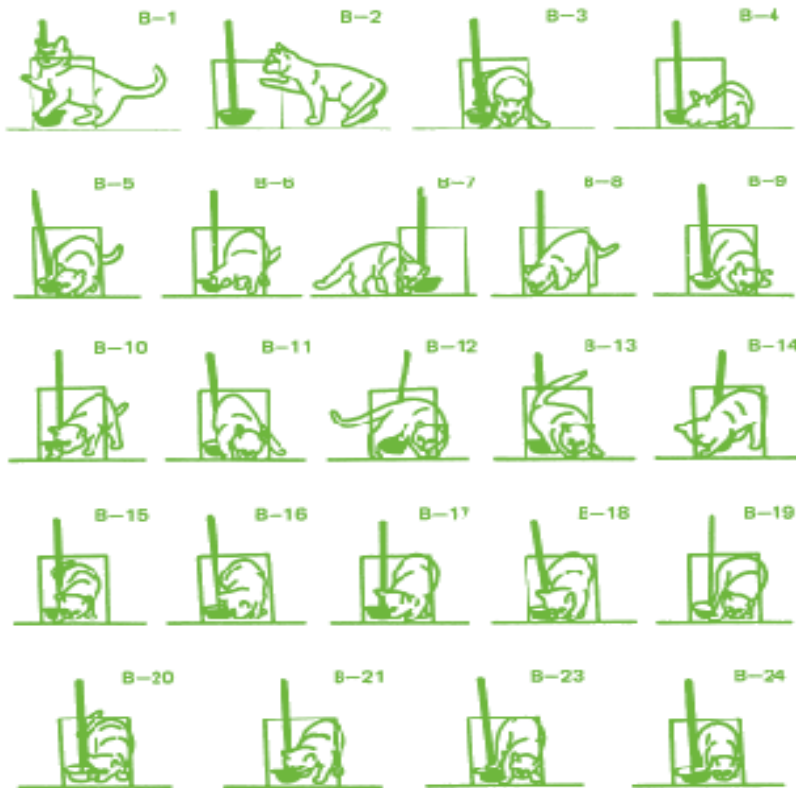
---



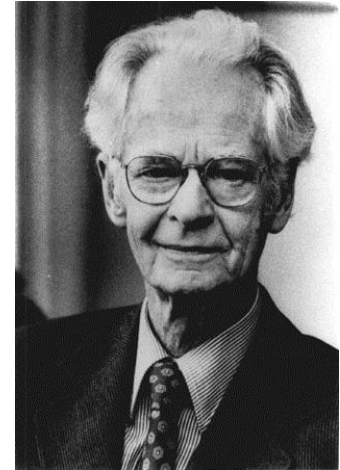
# Verhalten von Katzen im Problemkäfig

(Guthrie & Horton, 1946)

- Im Problemkäfig führte jede Bewegung des vertikalen Stabes zur Öffnung der Tür
- Abb. zeigt zwei verschiedene Katzen in den ersten 24 Durchgängen im Moment der Verstärkung



# Burrhus Frederic Skinner (1904-1990): Operantes Konditionieren



- Einer der bekanntesten Psychologen des 20. Jh.
- 1931 PhD Harvard; ab 1948 Professor für Psychologie in Harvard
- Beeinflusst durch Pavlov, Watson, Thorndike
- Strenger Behaviorist: Ablehnung mentalistischer Begriffe in der Psychologie (heftige Attacken auf die Kognitive Psychologie)
- Deterministisches Weltbild: Verhalten wird durch Gene & Lernerfahrungen bestimmt
- Entdeckung und Beschreibung vieler grundlegender Lernprinzipien
- Auch politische Schriften und alternative Gesellschaftsentwürfe auf der Basis von Konditionierungsprinzipien („Walden II“)



## Einige Zitate von Skinner

---

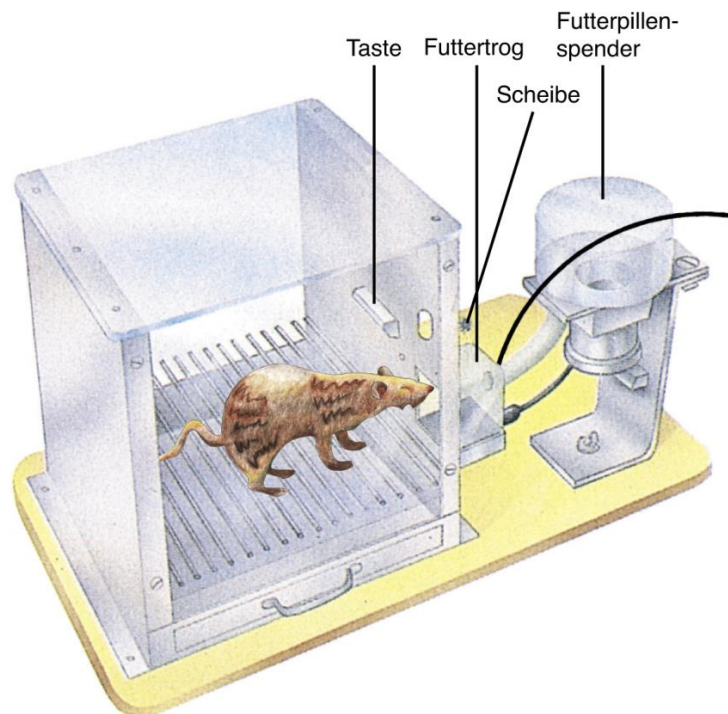
“All we need to know in order to describe and explain behavior is this: actions followed by good outcomes are likely to recur, and actions followed by bad outcomes are less likely to recur.” (*Skinner, 1953*)

„Does a poet create, originate, initiate the thing called a poem, or is his behavior merely the product of his genetic and environmental histories?“

"We shall not solve the problems of alcoholism and juvenile delinquency by increasing a sense of responsibility. It is the environment which is 'responsible' for the objectionable behavior, and it is the environment, not some attribute of the individual, which must be changed.“

# Skinner Box

- Ratte kann Hebel drücken bzw. Taube kann auf Scheibe picken (R)
- Verhalten (Hebeldruck) löst bestimmte Konsequenzen aus (Futter, Wasser, Stromstöße)
- Hinweisreize (Licht, Ton) können dargeboten werden (S)
- Verhaltenshäufigkeit (Reaktionsrate) wird aufgezeichnet



**Abbildung 7.11: Skinnerbox.**  
In dieser typischerweise für Ratten  
speziell hergestellten Vorrichtung kann  
auf einen Hebeldruck die Freigabe einer  
Futterpille folgen.



# Phasen einer instrumentellen Konditionierung

---

- *Bestimmung der Basisrate (Grundrate):*
  - Wie oft tritt das zu konditionierende Verhalten ohne Verstärkung spontan auf?
- *Verstärkung des Verhaltens in der Trainingsphase:*
  - Das zu konditionierende Verhalten wird verstärkt. Die Häufigkeit des Verhaltens nimmt zu.
- *Löschung (Extinktion) des Verhaltens:*
  - Das Verhalten wird nicht weiter verstärkt. Häufigkeit des Verhaltens nimmt ab.
- *Spontanerholung:*
  - Abgeschwächte Reaktion tritt nach einiger Zeit ohne Verstärkung erneut auf

# Instrumentelles / operantes Konditionieren

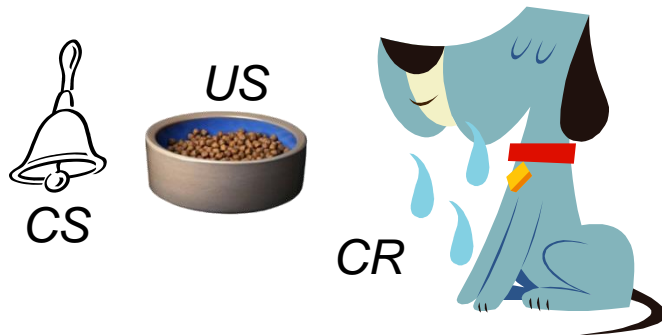
---

- *Operant*: Lebewesen bewirkt durch seine **Operationen** eine bestimmte Konsequenz
- *Instrumentell*: Verhalten ist **instrumentell** für die Erreichung bestimmter Konsequenzen

# Vergleich klassisches vs. instrumentelles (operantes) Konditionieren

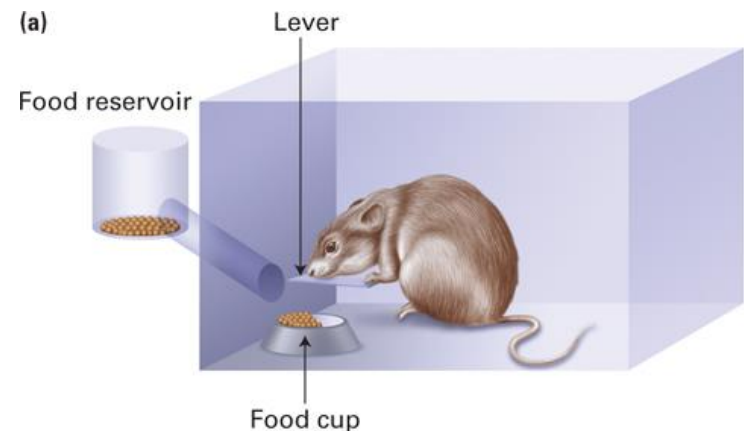
## Klassisches Konditionieren

- **Respondentes Verhalten:** Ereignisse werden nicht durch die eigenes Verhalten beeinflusst, sondern Erwartung des US aufgrund des CS löst angeborene Reaktionen aus
- Lernen von **regelmäßigen Beziehungen zwischen Reizen** (CS → US).



## Instrumentelles Konditionieren

- **Operantes Verhalten:** Lebewesen kann durch sein Verhalten bestimmte Konsequenzen bewirken
- Lernen der **Konsequenzen**, die eigenes Verhalten unter bestimmten Stimulusbedingungen hat (S - R - C)



# Instrumentelles Konditionieren

- *Dreifachkontingenz*: Lernen des Zusammenhangs zwischen einer **Reaktion (R)** in Anwesenheit eines **diskriminativen Hinweisreizes (S)** und den positiven oder negativen **Konsequenzen (C)** der Reaktion

$S \rightarrow R \rightarrow C+$

$S \rightarrow R \rightarrow C-$

- *Diskriminationslernen*
  - Licht an + Hebeldruck  $\rightarrow$  Futter
  - Licht aus + Hebeldruck  $\rightarrow$  kein Futter
- *Stimuluskontrolle*
  - Diskriminative Reize kontrollieren die Auftretenswahrscheinlichkeit des Verhaltens

# Beispiele

---

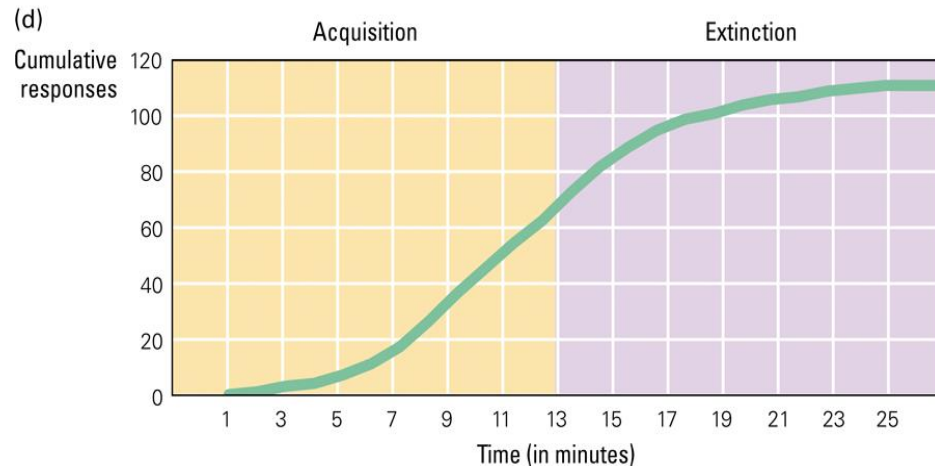
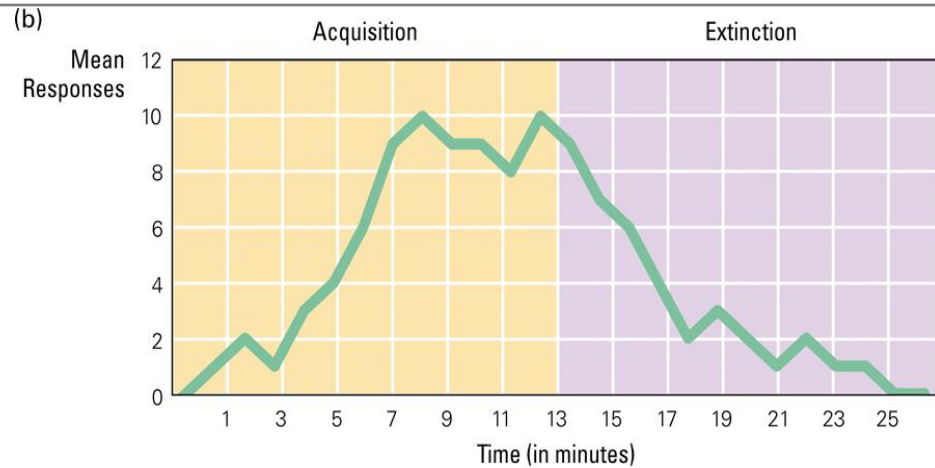
- Eine Ratte lernt, dass ein Hebeldruck (R) in einem bestimmten Käfig (S) regelmäßig zu Futter (C+) führt.
- Eine Katze lernt, dass ein Hebeldruck (R) in einem Käfig (S) dazu führt, dass sich die Tür öffnet (C+).
- Ein Kind lernt, dass es durch Schreien (R) im Bett (S) die Aufmerksamkeit der Mutter (C+) erweckt.
- Ein Schüler gibt auf eine Frage (S) die richtige Antwort (R) und wird gelobt (C+)

- 
- **O.K. ist Grundlage für zielgerichtetes Verhalten = Verhalten, das nicht direkt durch Reize ausgelöst wird, sondern durch (*antizipierte*) *Konsequenzen* gesteuert wird**

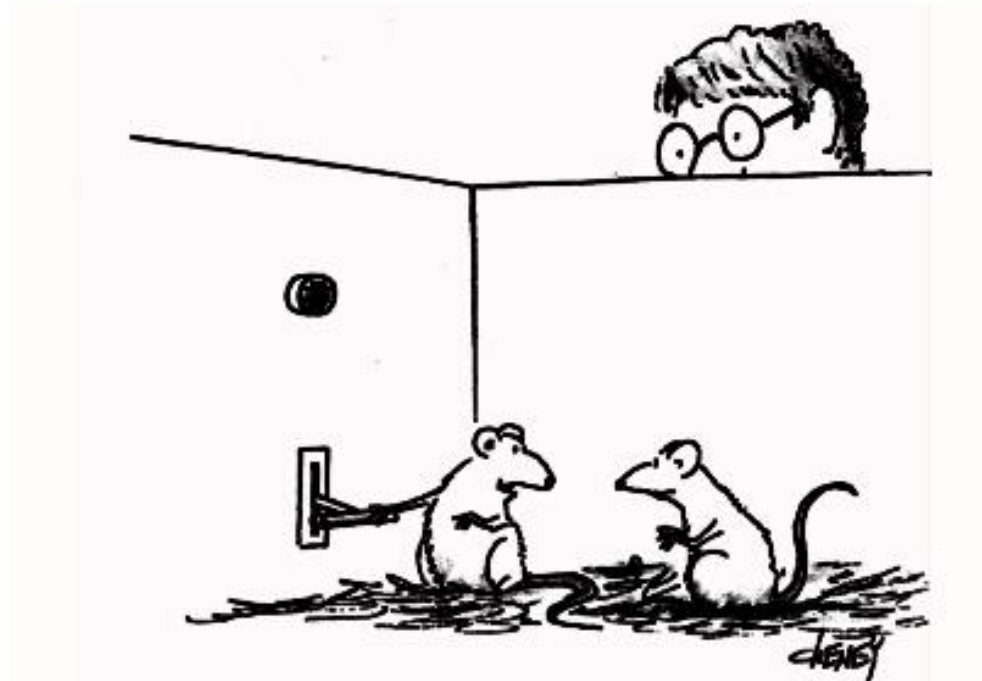


# Grundlegende Phänomene

- Viele Prinzipien des klassischen Konditionierens gelten auch für das operante Konditionieren
  - Graduelle Akquisition
  - Extinktion u. Spontanerholung
  - Rolle der zeitlichen Kontiguität
  - Rolle der Kontingenz
  - Blockierungseffekt
  - Generalisierung u. Diskrimination



# Was wird beim operanten Konditionieren gelernt?



It's a rather interesting phenomenon. Every time I press this lever, that post-graduate student breathes a sigh of relief.

# Werden spezifische Bewegungsmuster gelernt?

---

- Viele Experimente zeigen, dass beim OK nicht spezifische Bewegungsmuster gelernt werden
- Lashley (1924):
  - Ratten mussten durch Labyrinth mit niedrigem Wasser waten, um Futter zu erhalten
  - Nach erfolgreichem Lernen wurde Wasserspiegel angeboten, so dass Ratten schwimmen mussten
  - Obwohl völlig anderes Bewegungsmuster → fehlerfreies Durchschwimmen des Labyrinth beim 1. Durchgang

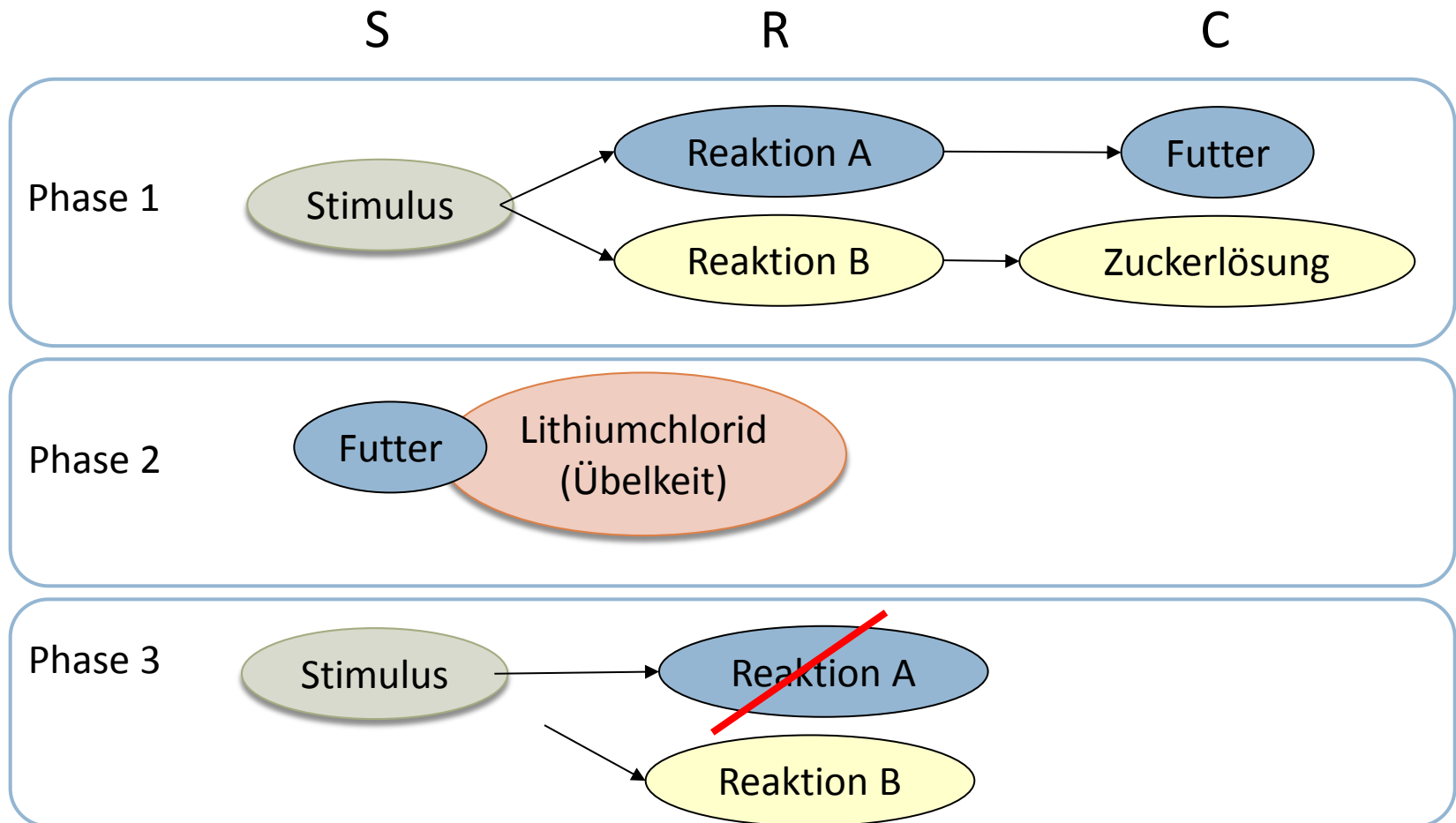
# Welche Assoziationen werden beim instrumentellen Konditionieren gelernt?

---

- S-R-Assoziationen?
  - Thorndike: Verstärker (C+) prägt Assoziation ein, ist aber nicht selbst Bestandteil der Assoziation
- R-C-Assoziationen?
- S-R-C-Assoziationen?

# Evidenz für R-C-Lernen

## Colwill & Rescorla (1986): Verstärker-Entwertungs-Paradigma

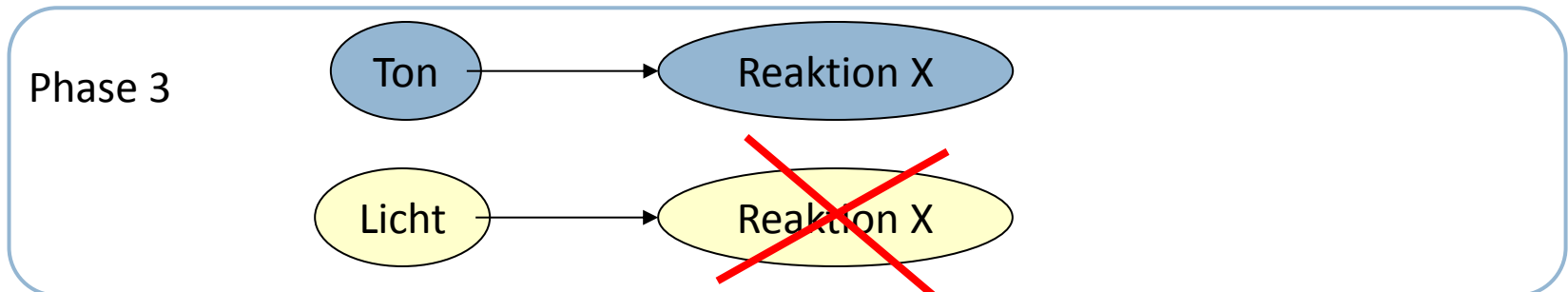
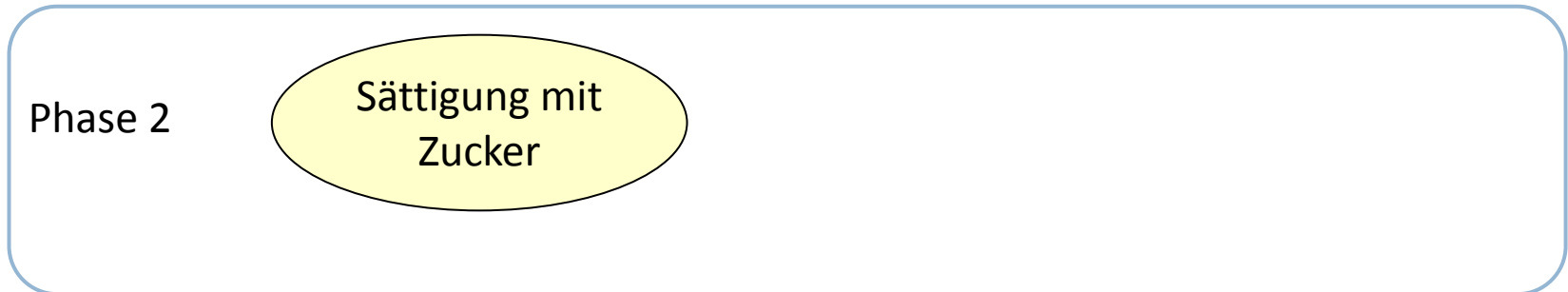
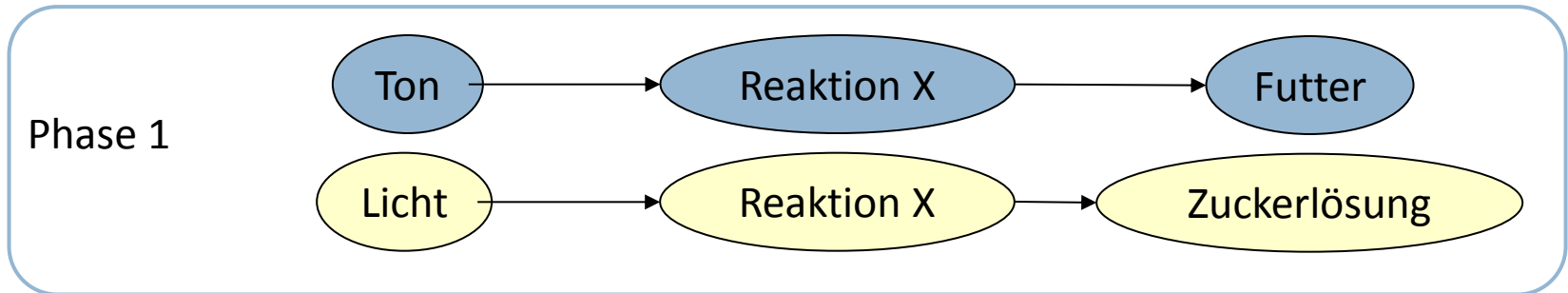


Tier lernt Assoziation zwischen Reaktion und Verstärker

# Evidenz für S-R-C-Lernen

(Colwill & Delamater, 1995)

- Haben Tiere nur R-C-Assoziation gelernt oder lernen sie S-R-C-Assoziation?



Spricht für Lernen der S-R-C-Assoziation

## Shaping und Verhaltensketten



# Schrittweise Annäherung (Shaping)

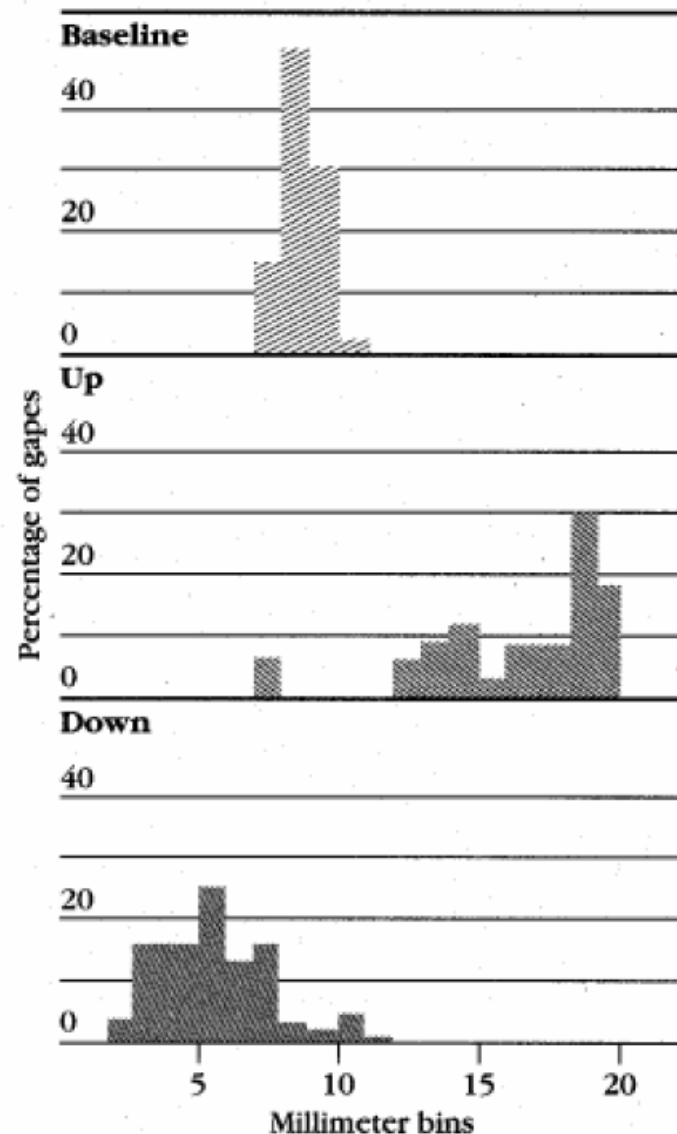
---

- Durch Verstärkung kann eine große Bandbreite unterschiedlicher Verhaltensweisen erzeugt werden
- Shaping: ermöglicht es, Verhaltensweisen anzutrainieren, die nicht zum normalen Verhaltensrepertoire eines Lebewesen gehören
- Methode:
  - 1. Abwarten, bis das Lebewesen ein Verhalten zeigt, das in die gewünschte Richtung oder einen Teil des gewünschten Verhaltens beinhaltet → Verstärkung
  - 2. Bewegung tritt häufiger auf
  - 3. Nur noch Verhalten verstärken, das dem Gewünschten etwas näher kommt
  - 4. Verhalten zunehmend selektiver verstärken, bis exakt das gewünschte Verhalten gezeigt wird
- Anwendung
  - Tierdressur: „Verkettung“ (chaining) von ganzen Verhaltenssequenzen
  - Erwerb komplexer Verhaltensmuster in der Verhaltenstherapie



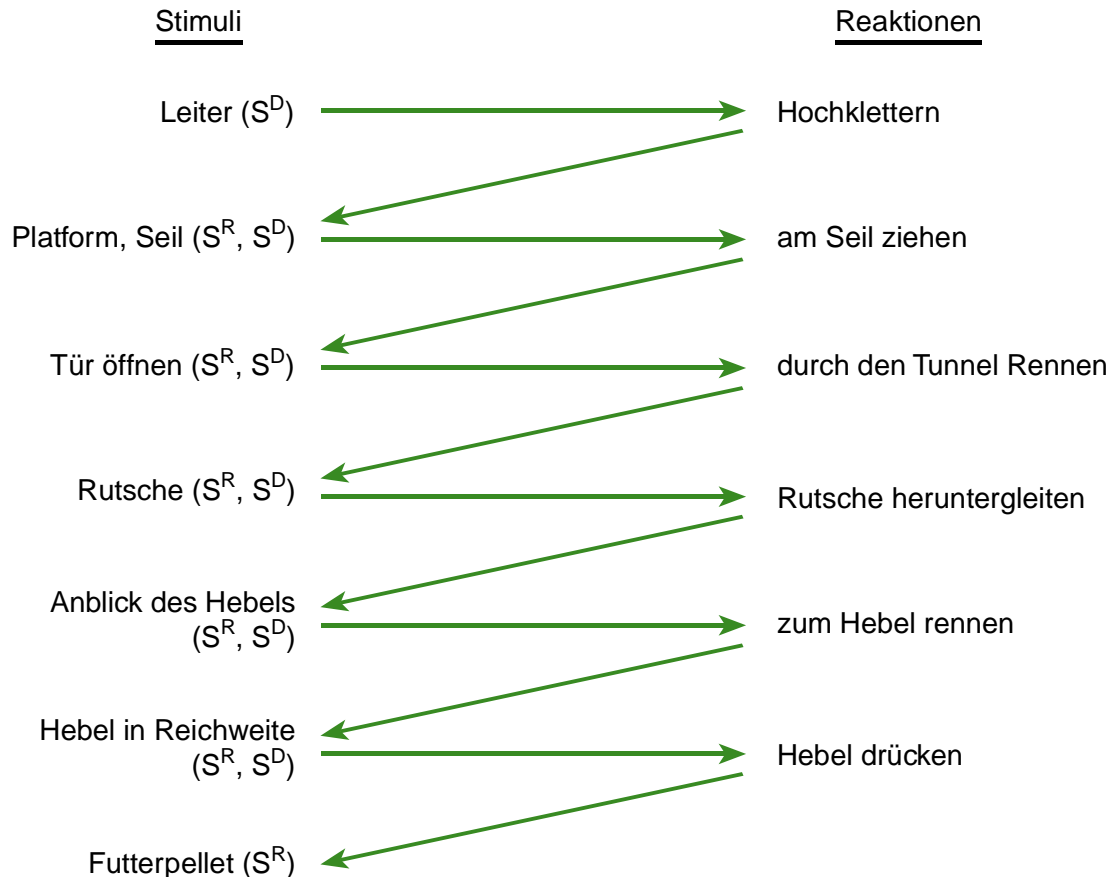
# Ein Beispiel für Shaping

**Figure 5.6** Illustration of the shaping of gape size in pigeons. Each panel shows the relative frequency of gapes of various sizes observed in the pecking behavior of a pigeon. During the baseline phase (top panel), pecking was reinforced with food irrespective of the size of the gape. In the other phases, pecking was reinforced only if it occurred with gapes that either exceeded a progressively increasing criterion (middle panel) or were less than a progressively decreasing criterion (bottom panel). (From "Conjunctive Differentiation of Gape During Food-Reinforced Keypecking in the Pigeon," by J. D. Deich, R. W. Allan, and H. P. Zeigler, 1988, *Animal Learning & Behavior*, 16, pp. 268–276. Copyright © 1988 by the Psychonomic Society. Reprinted by permission.)



# Verhaltensketten (chaining)

- Training von Verhaltenssequenzen durch „Verkettung“ (chaining)
- Jeder Stimulus dient
  - als konditionierter Verstärker für das vorangehende Verhalten und
  - als diskriminativer Hinweisreiz für den folgenden Verhaltensschritt



---





# **Verstärker und Verstärkungspläne**

# Verstärkung und Verhaltenskontrolle

---

- Skinner: Wie kann Verhalten durch Umweltreize kontrolliert werden?
- Methode: Messung der Reaktionsrate von Versuchstieren in der Skinner-Box in Abhängigkeit von den Konsequenzen des Verhaltens
- U.V.: Art des „Verstärkers“ und Verstärkungspläne
- Was aber ist ein „Verstärker“?
- Operationale Definition: Verstärker = jeder Reiz, der die Auftretenswahrscheinlichkeit eines Verhaltens erhöht

# Arten von Verstärkern

	Verhaltenskonsequenz	
	Angenehmer Reiz	Unangenehmer Reiz
<b>Auf die Reaktion folgt ein Reiz</b>	Positive Verstärkung (Belohnung) 	Bestrafung 1. Art 
<b>Reaktion eliminiert oder vermeidet Reiz</b>	Bestrafung 2. Art (Omission training) 	Negative Verstärkung (Flucht / Vermeidung) 

	Verhaltenskonsequenz	
	Angenehmer Reiz	Unangenehmer Reiz
<b>Auf die Reaktion folgt ein Reiz</b>	Futter, Lob, Geld	Schmerz, Tadel
<b>Reaktion eliminiert oder vermeidet Reiz</b>	Futter, Lob, Geld wird entzogen	Schmerz wird beendet Tadel wird nicht erteilt

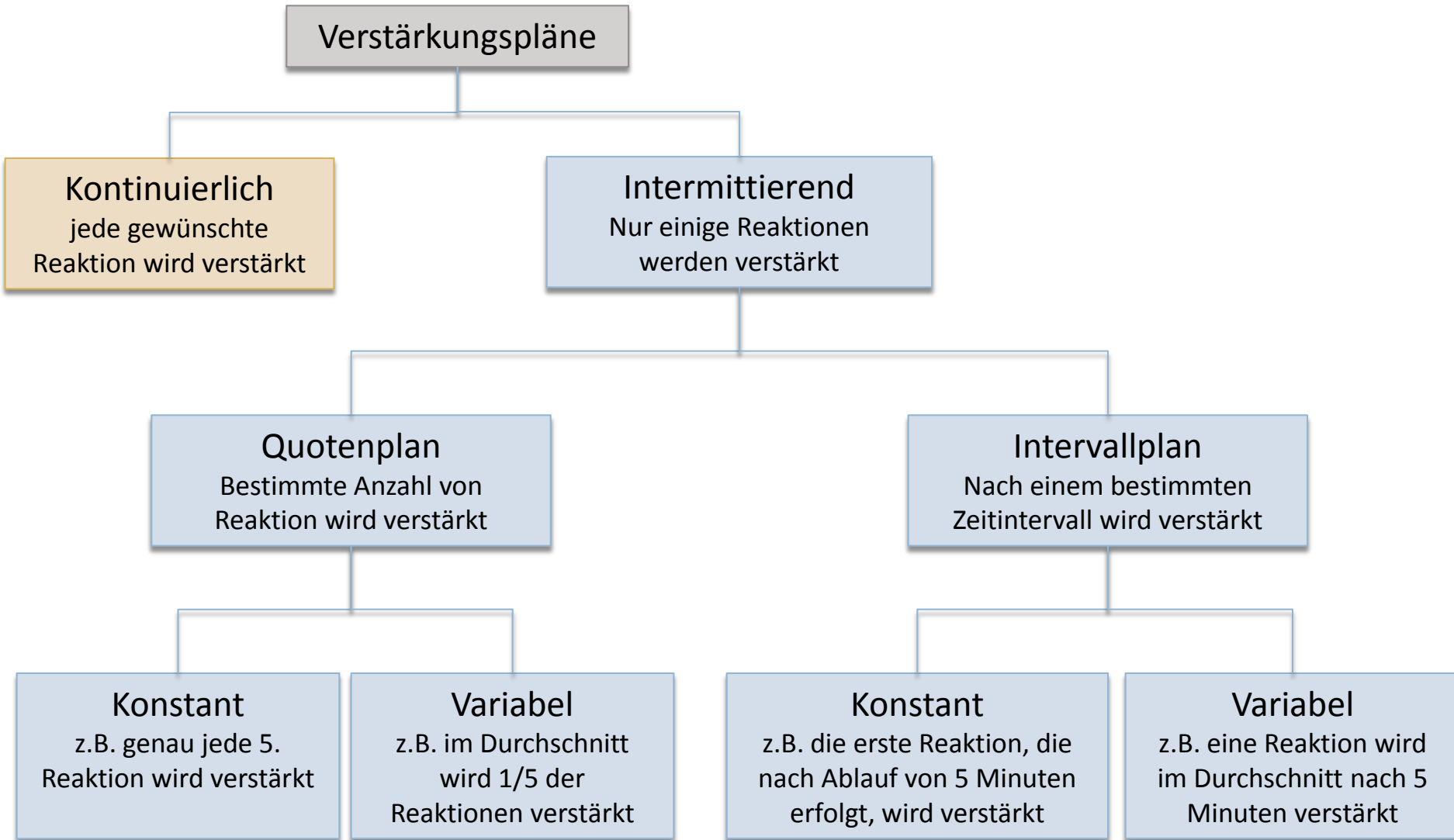
(Die Pfeile geben an, ob die Reaktionsrate zu- oder abnimmt)

# Primäre und sekundäre Verstärker

---

- **Primäre Verstärker**
  - Wirken ohne vorherige Lernerfahrung verstärkend (z.B. Futter, Schmerz)
- **Sekundäre Verstärker**
  - Neutrale Reize, die durch Paarung mit primären Verstärkern selbst zu Verstärkern werden
    - Tier: Bestimmter Laut, der mit Futtergabe assoziiert wird
    - Mensch: Geld
- **Verstärkungspläne** legen fest, wie häufig bzw. nach welchen Zeitintervallen Verstärker gegeben werden

# Verstärkungspläne



# Verstärkungspläne

---

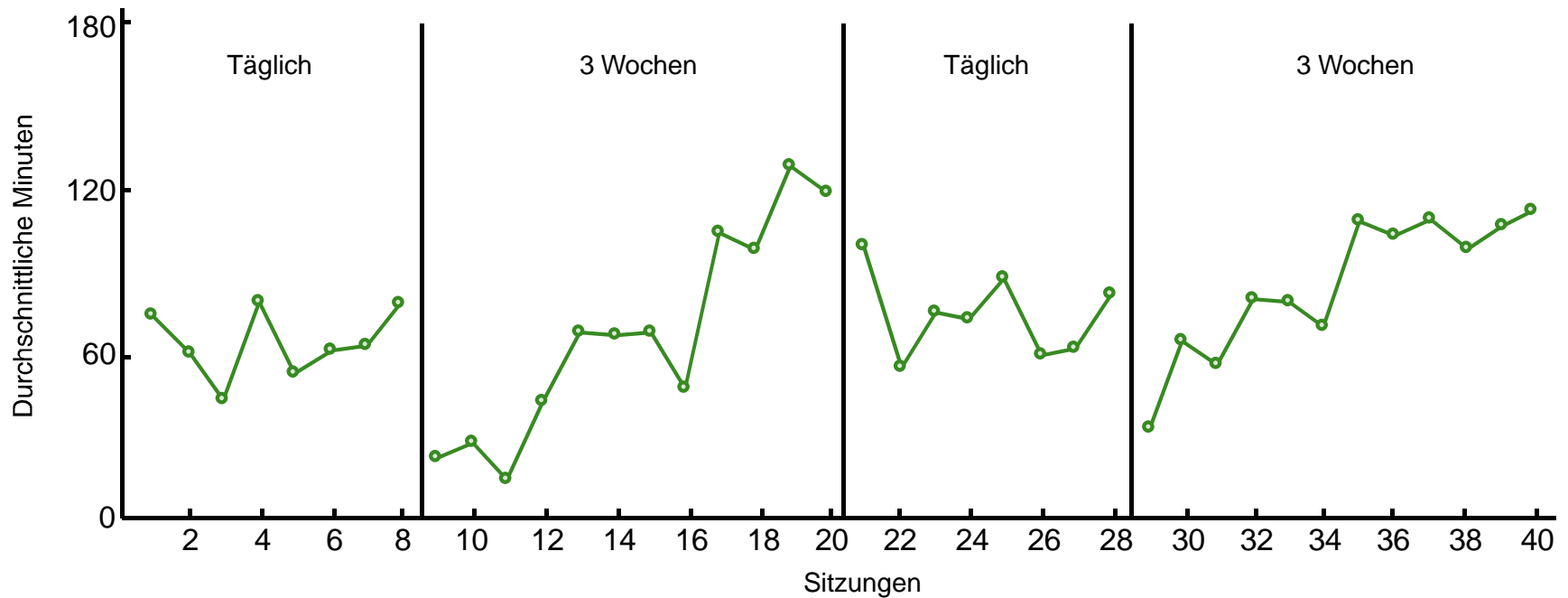
	Quotenverstärkung	Intervallverstärkung
Fixiert	Z.B. jede vierte korrekte Reaktion wird verstärkt (Spezialfall jede Reaktion wird verstärkt = <i>kontinuierliche Verstärkung</i> )	Jeweils die erste korrekte Reaktion in z.B. jedem 5-Minuten Intervall wird verstärkt
Variabel	Z.B. wird durchschnittlich jede vierte Reaktion verstärkt, es kann aber auch die dritte oder fünfte Reaktion sein	Im Durchschnitt wird eine korrekte Reaktion z.B. alle fünf Minuten verstärkt

---

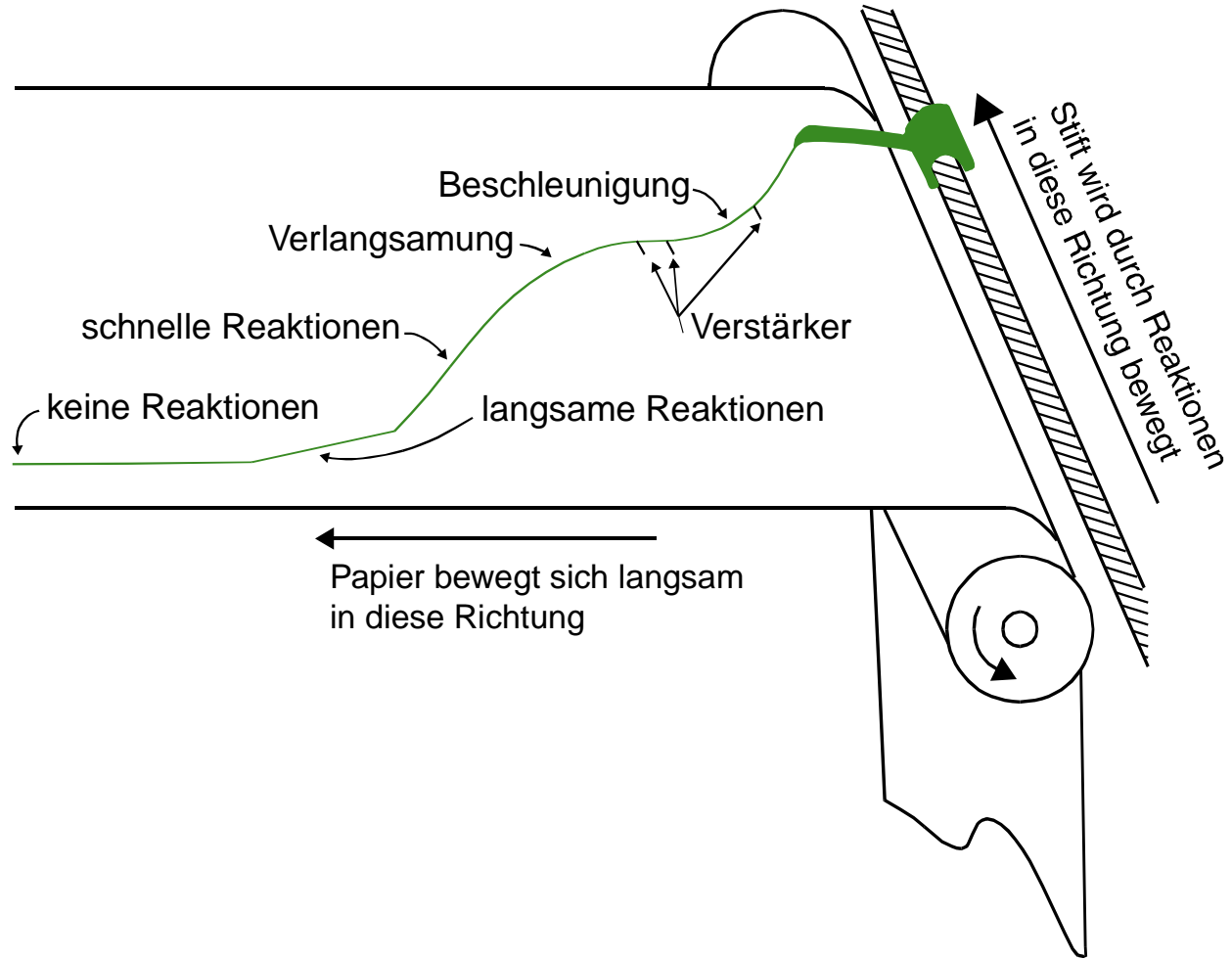
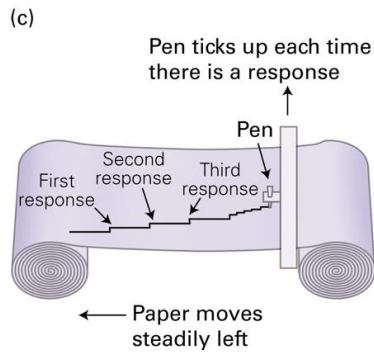
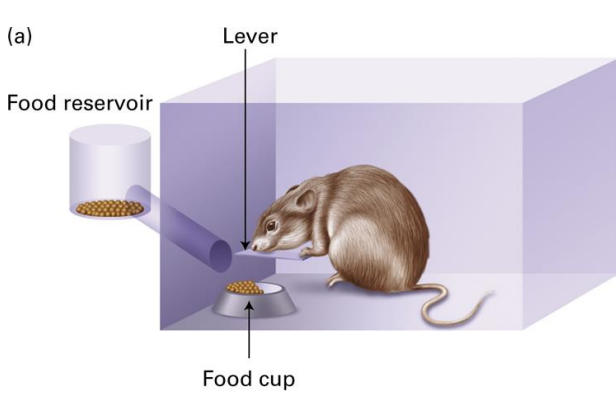


# Ein Beispiel: Lernverhalten von College-Studenten

- Mawhinney et al. (1971): durchschnittliche Zahl von Lernminuten pro Tag
  - (a) tägliche Tests
  - (b) größere Prüfung am Ende einer der Drei-Wochen-Phasen

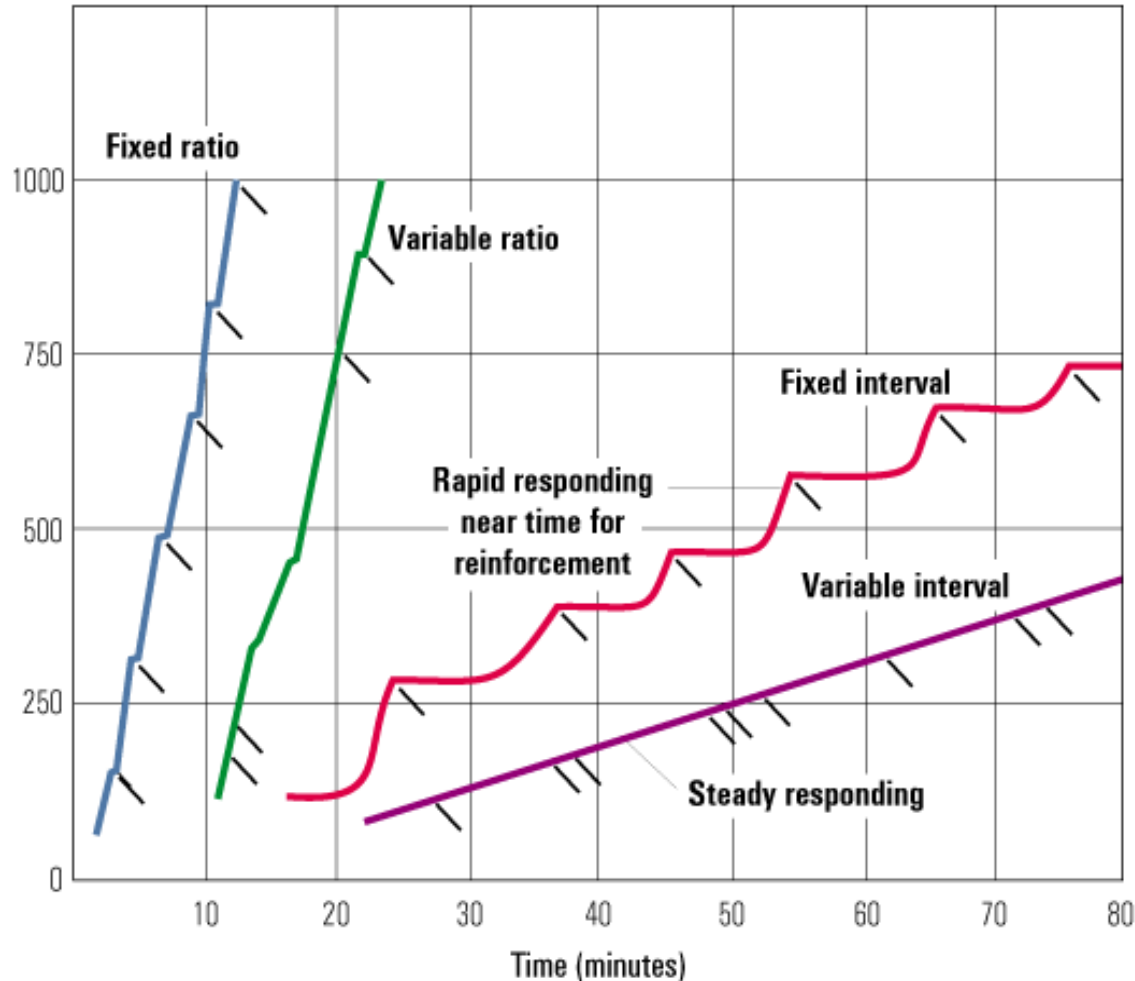


# Kumulative Verhaltensaufzeichnung



# Auswirkungen von Verstärkungsplänen

Anzahl von Reaktionen



**FR:** konstante Reaktionsrate bis zur Verstärkergabe u. kurze Pause nach jedem Verstärker

**FI:** nach Verstärkergabe zunächst keine Reaktionen; Zunahme der Reaktionsrate gegen Ende des Intervalls

**VR:** Konstante Reaktionsrate ohne Nachverstärkungspause

**VI:** Konstante Reaktionsrate

# Auswirkungen von Verstärkungsplänen auf die Löschung

---

- **Kontinuierliche Verstärkung:** Verhalten wird schnell erworben, wird aber auch schnell wieder gelöscht, wenn Verstärker ausbleibt
- **Intermittierende Verstärkung** → viele höhere Lösungsresistenz
  - Bsp.: Bettelnder Hund am Tisch, der bei jedem 10. Versuch ein Stück Wurst bekommt
  - Bsp.: Getränkeautomat vs. Spielautomat
- **Erklärung: Generalisierungsabnahme**
  - *Kontinuierliche Verstärkung:* Lebewesen hat nie Durchgänge ohne Verstärkung erlebt → Lern- und Lösphase sind sehr verschieden
  - *Intermittierende Verstärkung:* In Lernphase gibt es viele Durchgänge ohne Verstärker → Lern- und Lösphase sind ähnlich
- **Kognitive Erklärung:** Lebewesen lernt, dass u. U. viele Reaktionen zur Erlangung des Verstärkers notwendig sind und bildet entsprechende Erwartungen aus