

Lernen: Operante Konditionierung II

Dr. Knut Drewing
Uni Gießen

Überblick über „Lernen“

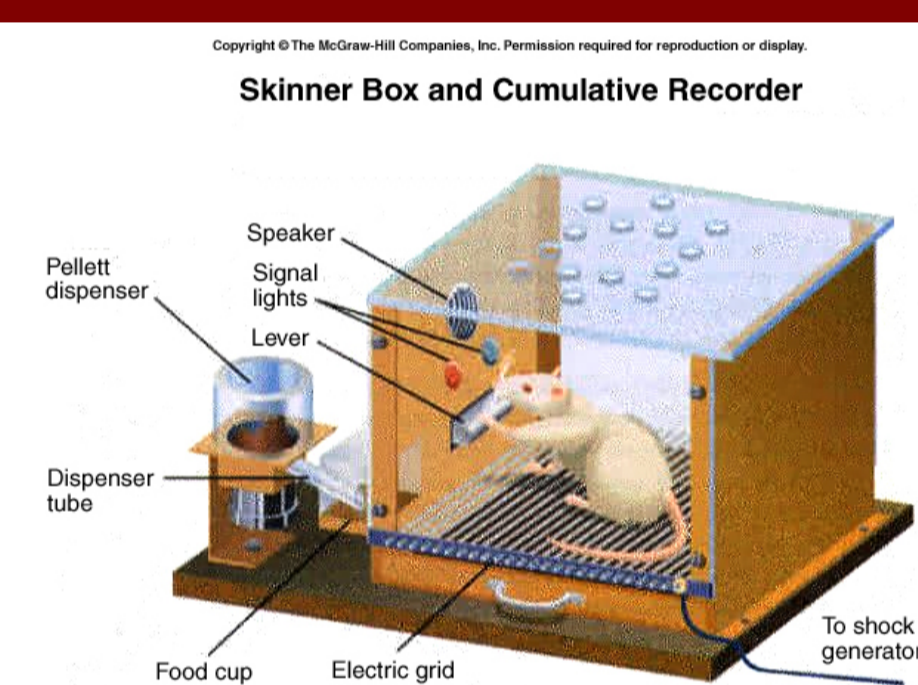
3 Vorlesungen

- I. Klassische Konditionierung I:
Basisphänomene, Grenzen, Interpretation
- II. Klassische Konditionierung II:
Rescorla-Wagner Modell
Operante Konditionierung I:
Phänomen(e)
- III. **Operante Konditionierung II:**
Interpretation, Grenzen

Erinnerung

Operante Konditionierung:

Prozess, in dem sich die W-keit eines (spontan emittierten) zufälligen Verhaltens R in einer Situation (definiert durch diskriminative Hinweisreize S_D) durch Verstärkung V erhöht



Diskriminativer Hinweisreiz S_D
z.B. Situation, Signallicht

Reaktion R
z.B. Hebel drücken

Stimulus/Verstärker V
z.B. Futter

Skinner's Verhaltensanalyse: Veränderung von R ggb. $S_D \rightarrow (R \rightarrow V)$

Überblick heute

- I. Das Vierfelderschema
- II. Die Rollen von S, R & V
- III. Was ist ein Verstärker?
- IV. Biologische Grenzen
- V. Vergleich KK & OK

Überblick

- I. **Das Vierfelderschema**
- II. Die Rollen von Situation, Reaktion, & Verstärker beim OK
- III. Was ist ein Verstärker?
- IV. Biologische Grenzen der OK
- V. Vergleich KK & OK

Verstärkung & Bestrafung

Verstärkung: erhöht Wahrscheinlichkeit einer Reaktion
Bestrafung: senkt Wahrscheinlichkeit einer Reaktion

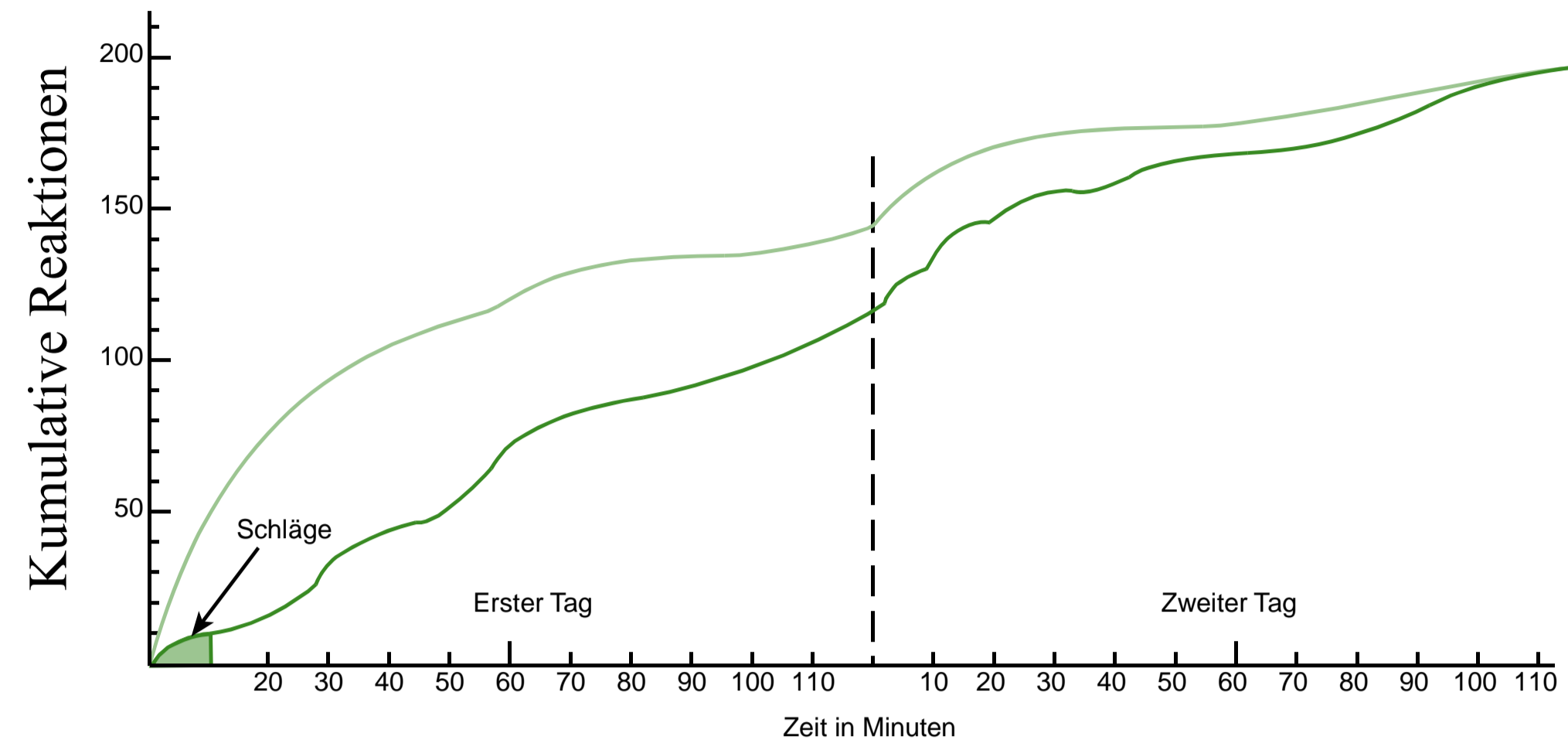
I. Vierfelderschema

		Verhaltenskonsequenz	
		angenehm	unangenehm aversiv
Einer Situation nach einer Reaktion hinzugefügt	Positive Verstärkung		Bestrafung positiv
	Bestrafung negativ (Entzug)	Bestrafung negativ (Entzug)	Negative Verstärkung
Aus einer Situation nach einer Reaktion entfernt			
Beispiele		Futtergabe	E-Schock
		Entzug von Zuwendung	Lärm hört auf

Positive Bestrafung (zB Schläge)

I. Vierfelderschema

Extinktion eines vorher konditionierten Verhaltens mit und ohne *initiale* Bestrafung (Stromschläge)



→ Skinner schloß *fälschlich* auf geringe Effektivität von Bestrafung

Skinner, 1938
Estes, 1944

Wirksamkeit positiver Bestrafung bei:

I. Vierfelderschema

Hoher Kontingenz: mglst. *jedes* Verhalten → Strafe (Schuster & Rachlin, 1968)

Initial hohe Strafantensität, sonst Habituation (Azrin, 1960)

Unmittelbarkeit von Strafe (Baron, Kaufman, & Fazzini, 1969)

Ausmaß konkurrierender Verstärkung (Azrin, Holz & Hake, 1960)

- Bsp: Hebeldrücken → Futter & E-Schock;

Alternatives Verhalten, das zu konkurrierender Verstärkung führt (Azrin, & Holz, 1966)

- Bsp: Hebeldrücken → Futter & E-Schock; 2. Hebel → nur Futter

Nebeneffekte

Aggressives Verhalten (Ulrich & Azrin, 1962)

Verhaltensunterdrückung (Mazur, 2004)

Leistungsminderung (Balaban, Rhodes & Neuringer, 1990)

Azrin & Holz, 1966

Flucht, Vermeidung (Negative Verstärkung)

I. Vierfelderschema

10 Durchgänge im 2-Kammer-Käfig:

Hund links, Licht aus – 10 Sek. – Elektroschock

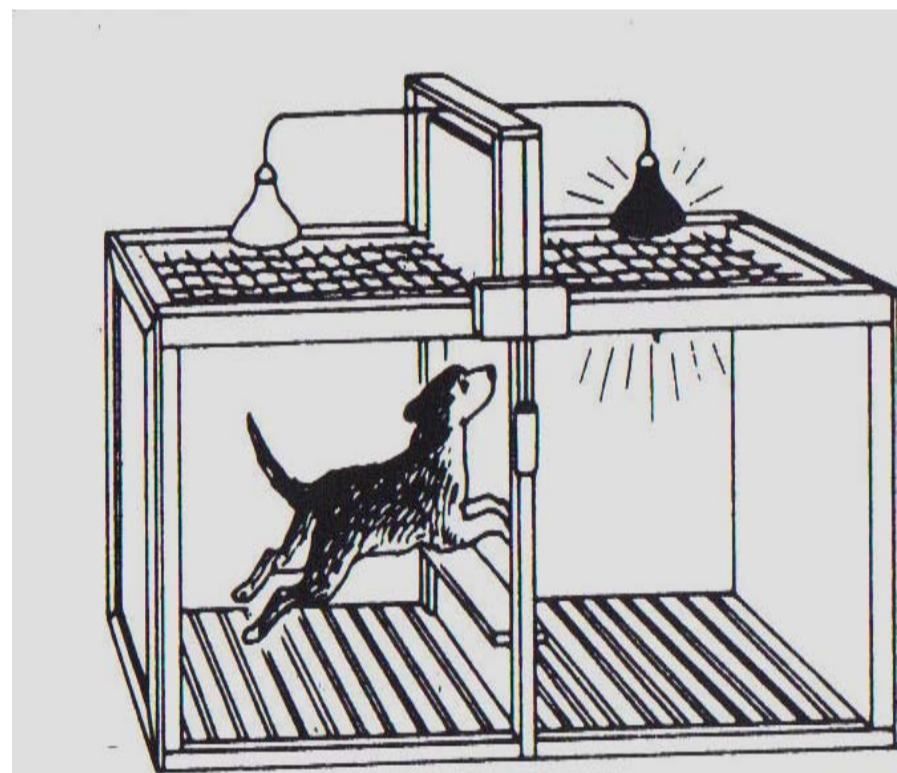
→ Initial *Fluchtreaktion* nach Schock (Sprung nach rechts)

→ Dann *Vermeidungsreaktion* vor Schock (Licht als S)

→ hohe Lösungsresistenz

→ Fluchtreaktion negativ verstärkt

→ Vermeidungsr. ?



Solomon & Wynne, 1953

Shuttle box used in training dogs to avoid traumatic shock. (A tone or a light can be used as a conditioned stimulus.)

2 Prozess-Theorie Vermeidungslernen

Mowrer, 1947
Miller, 1951

I. Vierfelderschema

1. Phase *Klassische Konditionierung*:

Dunkelheit (CS) - Schock (US) → Angst (UR, dann CR)

2. Phase *Operante Konditionierung*:

Dunkelheit (CS) → Angst (CR) = aversiver Stimulus

Vermeidungsreaktion negativ verstärkt durch Angstreduktion

Problem bei klassischer Interpretation:

hohe Lösungsresistenz, oft keine Angstanzeichen

→ Seligman & Johnston, 1973:

- Aufbau von Erwartungen über Verhaltensfolgen

- Ab Vermeidung Erwartung für Nicht-Verhalten nicht änderbar

Überblick

- I. Das Vierfelderschema
- II. Die Rollen von Situation, Reaktion, & Verstärker
- III. Was ist ein Verstärker?
- IV. Biologische Grenzen der OK
- V. Vergleich KK & OK

Was ist der diskriminative Stimulus?

II. Die Rollen von S, R & V

→ Phänomene der Generalisierung & Diskrimination

Generalisierung

II. Die Rollen von S, R & V

Generalisierung: Auch ein dem S_D (diskriminativer Hinweisreiz) ähnlicher Reiz kann die Rate des Verhaltens R erhöhen

zB Tauben:

Phase I: Wenn Licht bestimmter Farbe leuchtet (60s), dann Picken → Futter

Transferphase: Test mit Licht anderer Wellenlängen

→ **Generalisierungsgradienten**

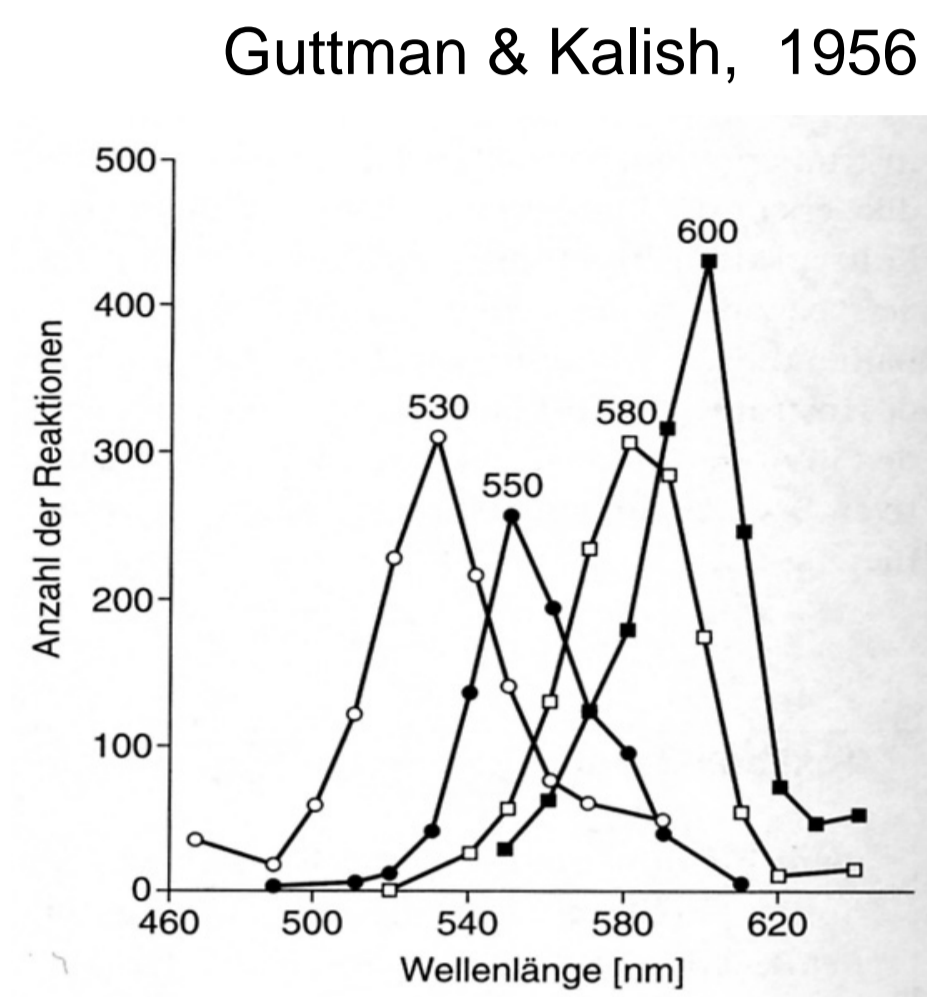


Abb. 3a-11: Generalisierungsgradienten (gemessen als kumulative Reaktionsanzahl pro 6-min-Intervall) für Tauben, die entweder bei 530, 550, 580 oder 600 nm Wellenlänge trainiert wurden (nach Guttman & Kalish, 1956).

Diskriminationslernen

II. Die Rollen von S, R & V

Diskriminationsl.: Lernen ähnliche S_D zu unterscheiden

Sukzessive Diskrimination, Bsp. Tauben

Kontrollgruppe: Wenn 550 nm Licht (S^+), Picken → Futter

Exp.-gruppe: Wenn 550 nm Licht (S^+), Picken → Futter

Wenn 555 nm Licht (S^-), Picken → nie Futter

Messung des Generalisierungsgrad. während Extinktion

Steilerer Gradient
„Peak shift“

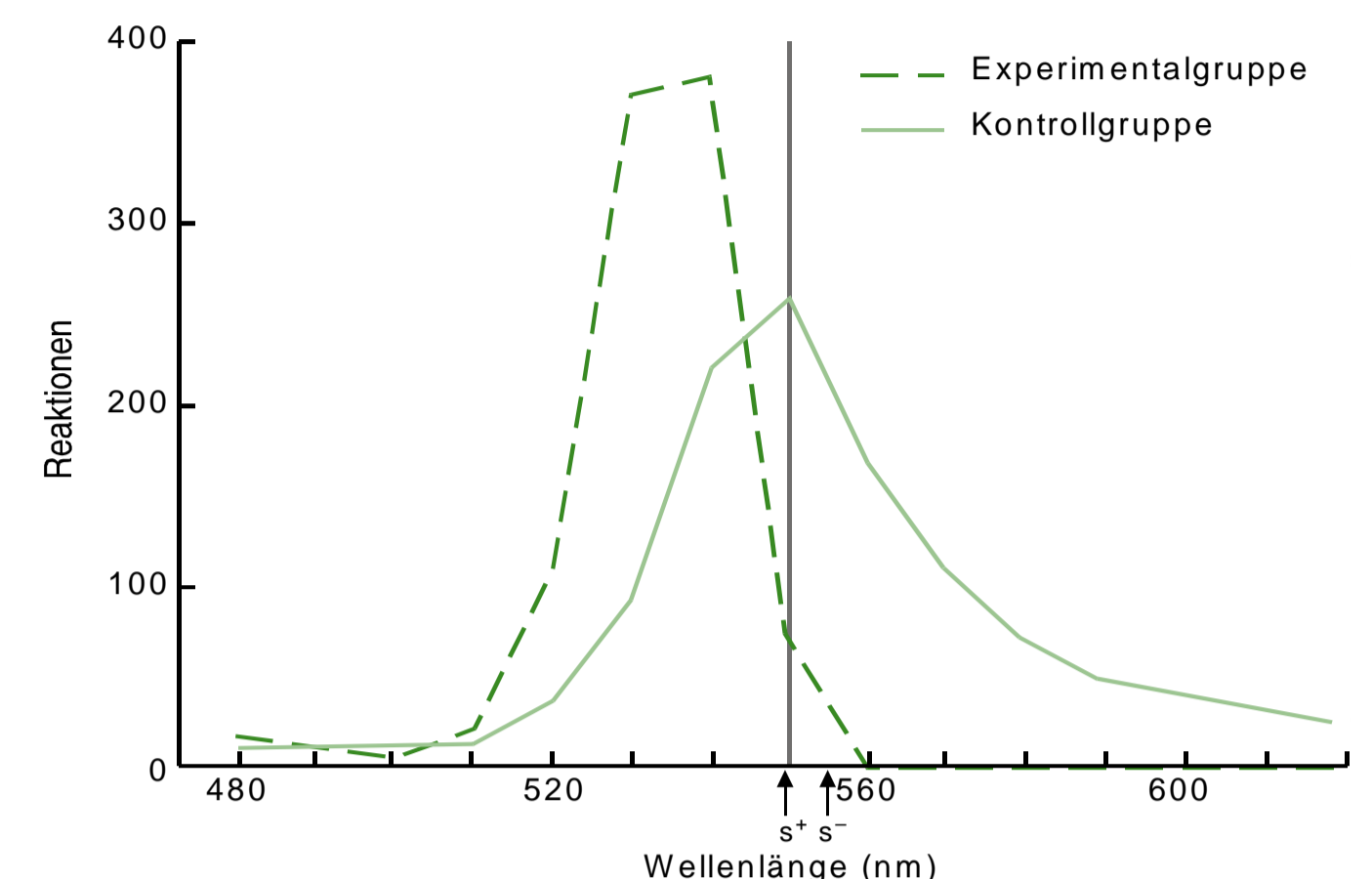
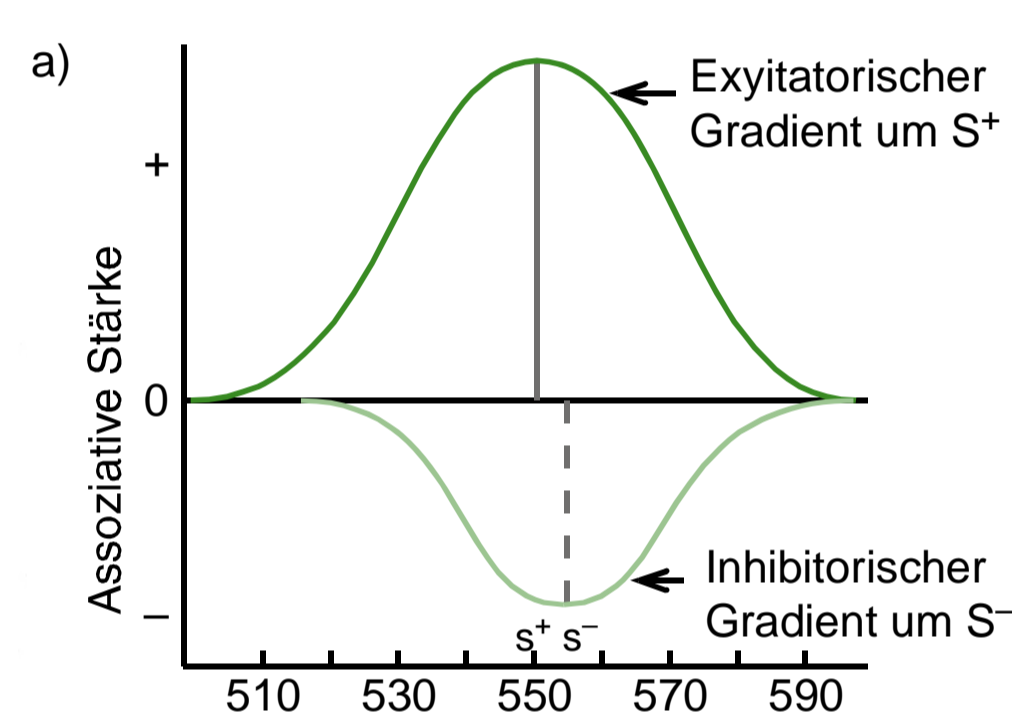


Abbildung 10.3: Generalisierungsgradienten für die Wellenlänge des Lichts in dem Experiment von Hanson (1959). Die Kontrollgruppe wurde nur mit einem 550-nm-Tastelicht als S^+ trainiert, während die Experimentalgruppe mit einem 550-nm-Tastelicht als S^+ und einem 555-nm-Tastelicht als S^- trainiert wurde.

Hanson, 1959

Spence Theorie „absolutes Lernen“

II. Die Rollen von S, R & V

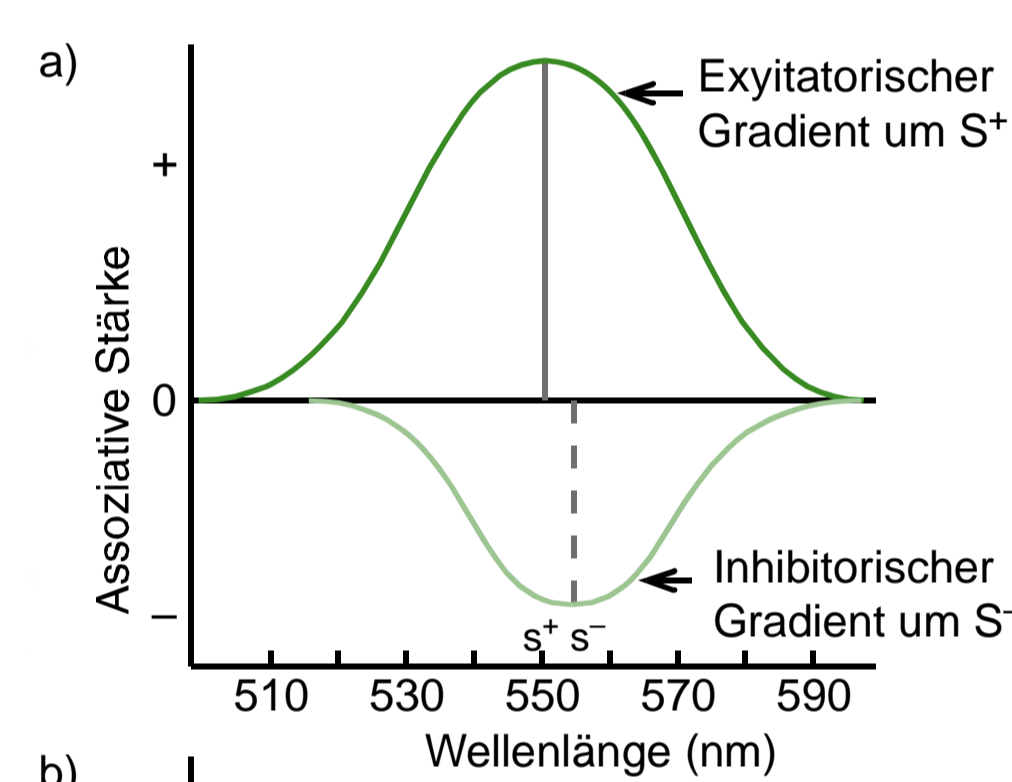


$S^+ \rightarrow$ **exzitatorischer Generalisierungsgradient**
 $S^- \rightarrow$ **inhibitorischer Generalisierungsgradient**

Spence, 1937

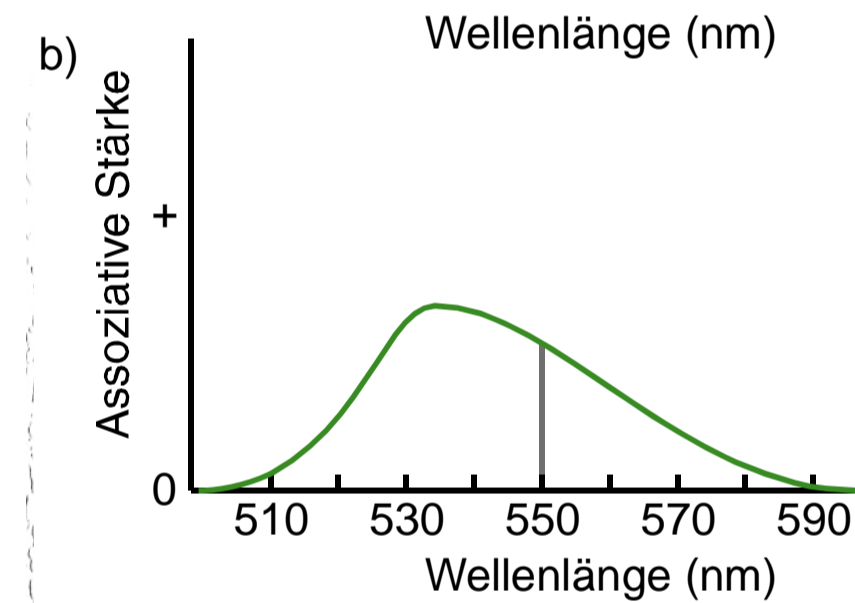
Spence Theorie „absolutes Lernen“

II. Die Rollen von S, R & V



$S^+ \rightarrow$ **exzitatorischer Generalisierungsgradient**
 $S^- \rightarrow$ **inhibitorischer Generalisierungsgradient**

Spence, 1937



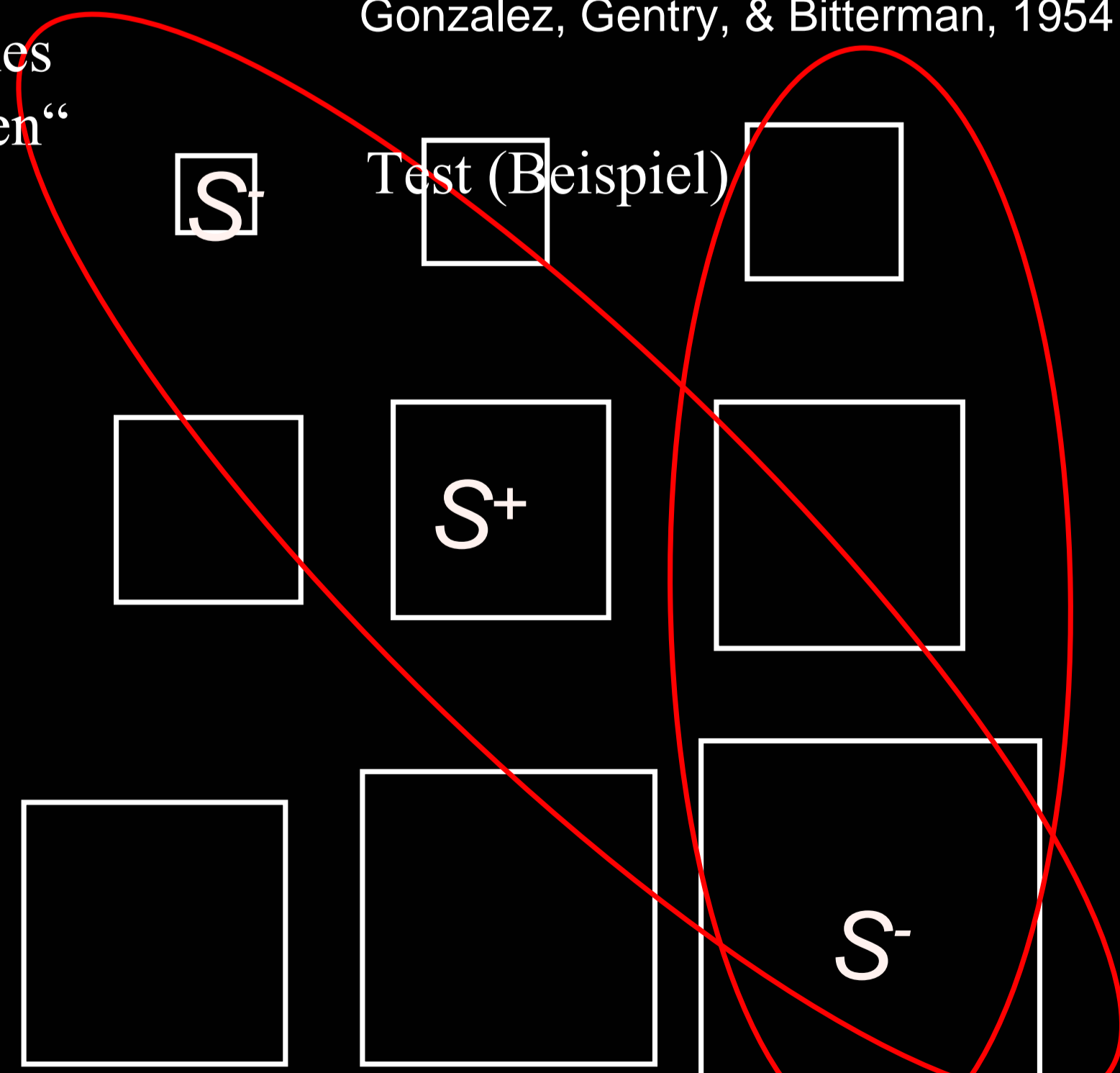
• **Summation erklärt Peak Shift**

Abbildung 10.4: Eine Analyse des Peak Shift auf der Basis von Spences (1937) Theorie. (a) Es wird angenommen, dass intradimensionales Training einen exzitatorischen Gradienten um den S^+ (550 nm) und einen inhibitorischen Gradienten um den S^- (555 nm) bewirkt. (b) Die relative assoziative Stärke jeder Wellenlänge entspricht der Differenz zwischen seiner exzitatorischen und seiner inhibitorischen Stärke. Wegen des inhibitorischen Gradienten um den S^- verschiebt sich der Peak dieses Gradienten vom S^+ in Gegenrichtung zum S^- .

Das Intermediate-Size Problem I

II. Die Rollen von S, R & V

Training: „Simultanes Diskriminationslernen“

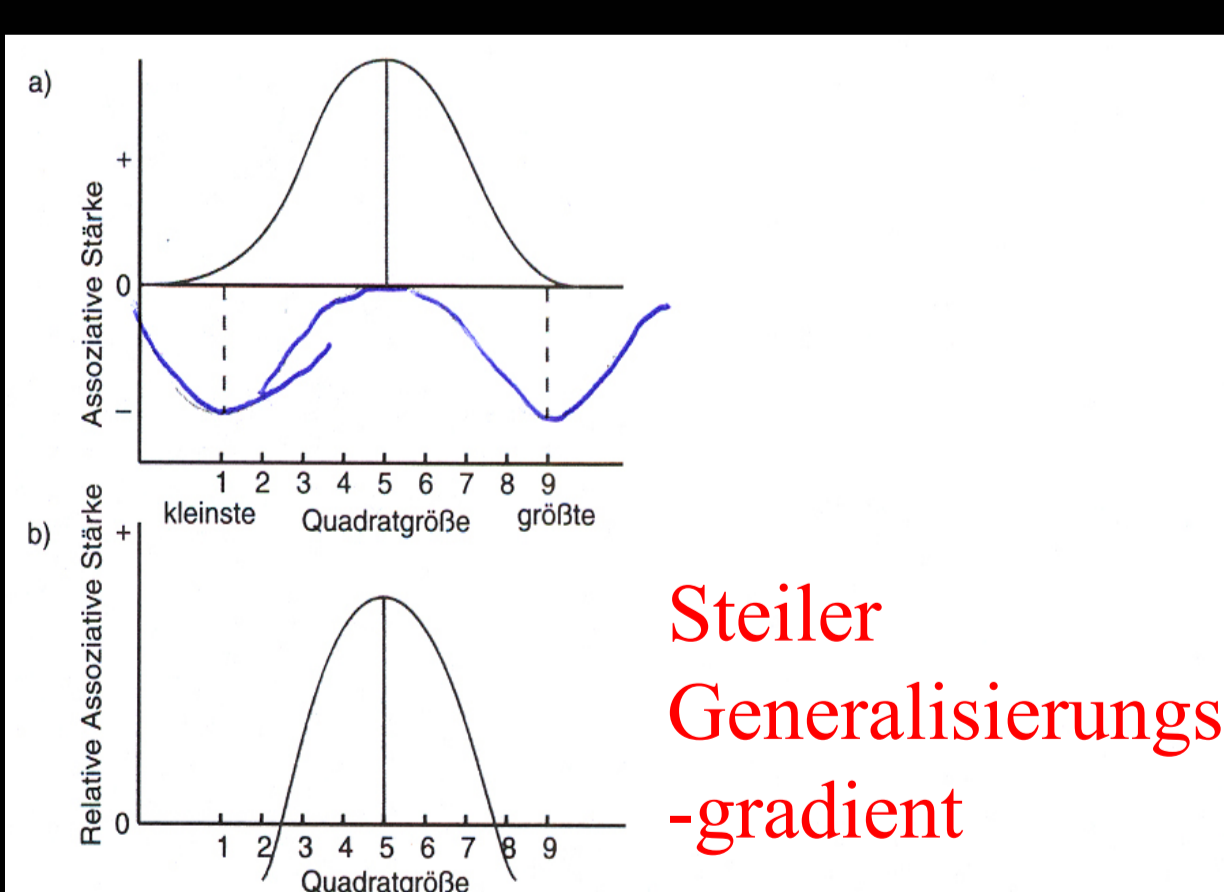


Gonzalez, Gentry, & Bitterman, 1954

Das Intermediate-Size Problem II

II. Die Rollen von S, R & V

Vorhersage Spence Theorie



Steiler Generalisierungsgradient

Abbildung 10.5: Eine Anwendung von Spences (1937) Theorie auf das Intermediate-Size-Problem. (a) In einem ersten Training entwickeln sich ein exzitatorischer Gradient um den S^+ (Quadrat 5) und inhibitorischen Gradienten um die S^- (Quadrate 1 und 9). (b) Wegen der zwei symmetrischen inhibitorischen Gradienten weist der Gradient der relativen assoziativen Stärke keinen Peak Shift auf, sondern wird nur steiler.

Ergebnis

1 2 3

Affe wählt mittlere Größe
→ **Relationales Lernen**

Simultane Diskr. → relationales Lernen

vs.

Sukzessive Diskr. → absolutes Lernen

???

Was ist die Reaktion?

II. Die Rollen von S, R & V

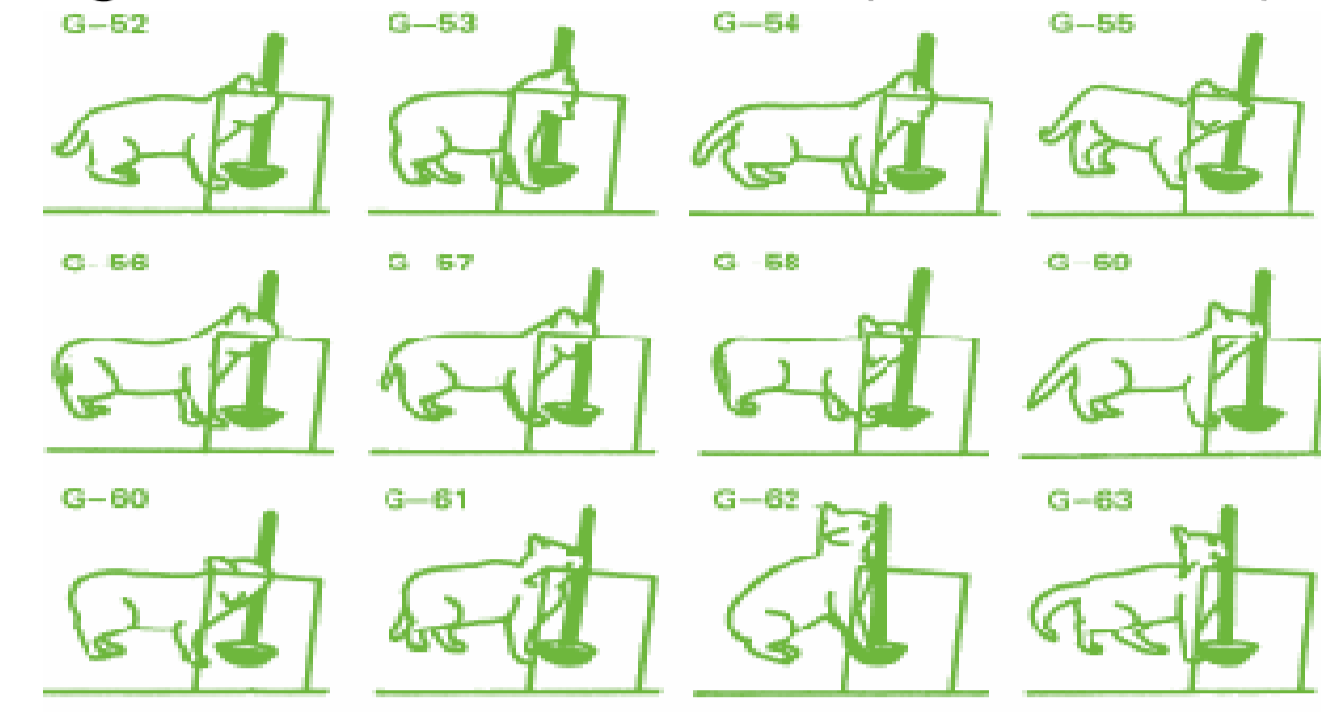
Was ist die Reaktion?

Was ist die Reaktion?

II. Die Rollen von S, R & V

Traditionelle Auffassung

Stop-Action Prinzip: Gelernt wird die spezifische Bewegung, die verstärkt wird (zB Hull, 1943)



Neuere Sicht

Gelernt wird eine generalisierte Klasse von Reaktionen, die durch einen gemeinsamen Effekt (Ziel) definiert ist

Evidenz generalisiertes Lernen

II. Die Rollen von S, R & V

zB Meerschweinchen (Muenzinger, 1924)

- Hebeldrücken (R) → Salat (V)
- 3 Bewegungen: linke Pfote, rechte Pfote, Zähne
- KEIN individuell konsistenter Bewegungsstil
- Lernen der Reaktionsklasse Hebeldrücken

zB Labyrinthlernen bei Ratten (Lashley, 1924)

- Phase 1: Ratten waten durch Labyrinth → Futter
 - Phase 2: Überflutetes Labyrinth
 - Ratten finden auch per Schwimmen den Weg
- (und umgekehrt, Macfarlane, 1930)

→ Lernen eines Wegs zum Verhaltensziel, nicht einer spezifischen Bewegungsabfolge

Welche Rolle spielt der Verstärker?

II. Die Rollen von S, R & V

Welche Rolle spielt der Verstärker?

Welche Rolle spielt der Verstärker?

II. Die Rollen von S, R & V

Gesetz des Effekts (Thorndike, 1913):

Verstärker festigt S-R Assoziation (aber kein Bestandteil)

Deskriptiver Behaviorismus (Skinner):

Verstärker erhöht Auftretenswahrscheinlichkeit von R in Situation S

Hull's Lerntheorie (1943, 1952):

Verstärkung ist für S-R Lernen erforderlich

Tolman & Honzik (1932)

II. Die Rollen von S, R & V

Labyrinthlernen bei Ratten (3 Gruppen)

- a) Immer Futter (V)
 - b) Nie Futter
 - c) Ab 11. Tag/Durchgang Futter
- c) Sprunghafte Verbesserung

→ Latentes Lernen ohne Verstärker



FIGURE 1.7 Average number of incorrect choices for three groups of rats that are running a maze. Source: From E. C. Tolman, and C. H. Honzik, "Introduction and removal of reward and maze performance in rats." *University of California Publications in Psychology*. Copyright © 1930 by University of California Press. Reprinted by permission.

Verstärkerantizipation

II. Die Rollen von S, R & V

- Tolman (1932)*
- Lernen ≠ Performanz (Ausführung)
 - Verstärkung wichtiger für Performanz als für Lernen
 - Verhalten ist zielgerichtet
 - S-R Ansätzen fehlt Mechanismus, der es erlaubt, den Verstärker zu antizipieren

- Rescorla (1998)*
- Assoziative Strukturen zwischen Situation - Reaktion - Verstärker
 - Diskriminationslernen → S-R
 - Tinklepaughs Affen (1928) → R-V

Collwill & Rescorla, 1985, 1986, 1988

Heutige Auffassung: Lernen der Assoziation S-R-V

II. Die Rollen von S, R & V

Phase I – Operante Konditionierung:

- Hebel (S) nach rechts (R_1) → Futter (V_1)
- Hebel (S) nach links (R_2) → Zuckerlösung (V_2)
- Auftretenswahrscheinlichkeit von R_1 und R_2 steigt



Phase II – Verstärker-Abwertung (ohne R)

- V_1 (bzw. V_2) gepaart mit Gift (=KK einer Aversion)
- Auftretenswahrscheinlichkeit von R_1 (bzw. R_2) sinkt
- R – V Assoziation/ V-Antizipation

Collwill & Rescorla, 1986

Collwill & Delamater, 1995

Variation:

- I. Wenn Licht (S_1) → (R_1 → V_1 , R_2 → V_2)
Wenn Ton (S_2) → (R_1 → V_2 , R_2 → V_1)
- II. Abwertung V_1 → S_1 (S_2) → Abnahme R_1 (R_2)
- S-R-V Assoziation

Die Rollen von S, R & V

II. Die Rollen von S, R & V

- Situationsangemessene Rolle von Hinweisreizen
 - Generalisierte Klasse von Reaktionen mit gemeinsamem Effekt (Ziel)
 - Verstärker wichtig für Performanz, weniger für Lernen
- Operantes Konditionieren:
- Assoziatives Lernen der Dreifachkontingenz (Hammond, 1980)
 - (Genau) wenn S_D dann (R → V)
 - In ggb. Situation erwarte Verstärkung V nach Verhalten R

Überblick

- I. Das Vierfelderschema
- II. Die Rollen von Situation, Reaktion, & Verstärker beim OK
- III. Was ist ein Verstärker?
- IV. Biologische Grenzen der OK
- V. Vergleich KK & OK

Was ist ein Verstärker?

III. Was ist ein Verstärker?

- Skinner (1938)*: V ist ein Reiz, der die W-keit einer vorangehenden Reaktion erhöht.
- Problem der Zirkularität
- Bedürfnisreduktion (Hull, 1943)*: Primärer V reduziert biologisches Bedürfnis & Bedürfnisreduktion wirkt immer verstärkend
- Problem Ausnahmen z.B. sexuelle Stim., Vitamin B1
- Triebreduktion (Hull & Miller, 1948)*: Starke Stimulation (inkl. zB Hunger) ist aversiv, Reduktion der Stimulation ist V
- Probleme: Def. „starke Stimulation“ subjektiv
 - Ausnahmen, z.B. explorator. V. sexuelle Stim., Spiel

Premacksches Prinzip

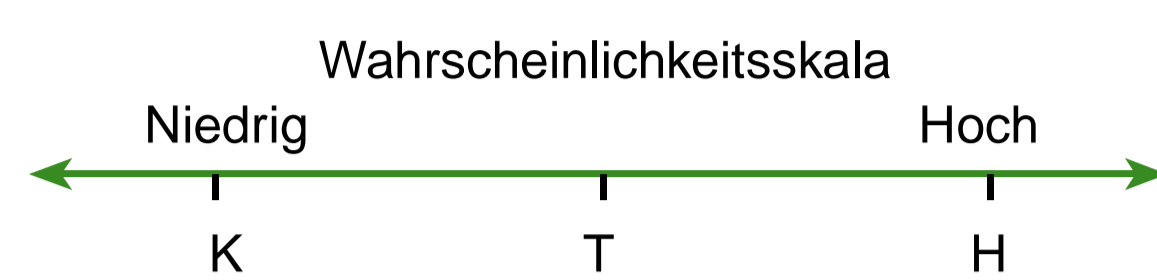
III. Was ist ein Verstärker?

- Premack, 1959, 1963, 1965
- Verhalten, das mit höherer W-keit auftritt, verstärkt
Verhalten, das mit geringer W-keit auftritt
- („häufig spontan auftretendes Fressen [nicht Futter] verstärkt selt. Hebeldrücken“)
- Exp. mit Cebusaffen
- Baselinephase I*: Häufigkeitsmessung spontanen z.B. a) Hebeldrückens, b) Türöffnens, c) Kolbenziehens
- Phase II Manipulation der Kontingenzen*:
- Ausführbarkeit von Verh. A erfordert vorheriges Verh. B
z.B. Hebeldrücken erst mgl. nach Türöffnen
- Messung, ob Verhalten B zunimmt (= A verstärkt B)

Premacks Experiment – Ergebnisse „Chico“

H = Drücken eines Hebels
T = Öffnen einer Tür
K = Ziehen an einem Kolben

Premack, 1963

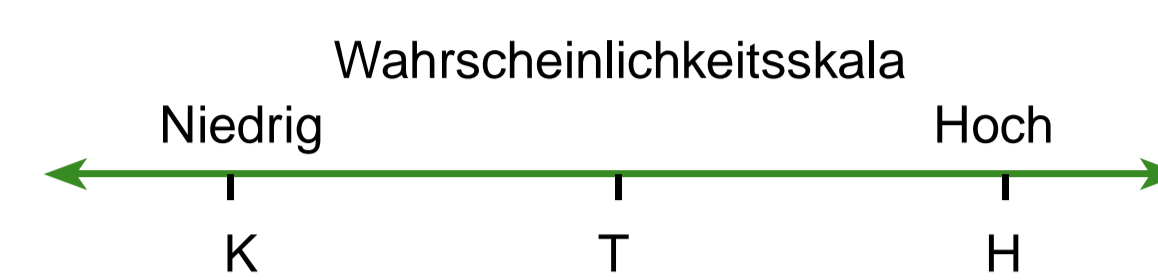


III. Was ist ein Verstärker?

Premacks Experiment – Ergebnisse „Chico“

H = Drücken eines Hebels
T = Öffnen einer Tür
K = Ziehen an einem Kolben

Premack, 1963



T → H = erst nach T ist H möglich

III. Was ist ein Verstärker?

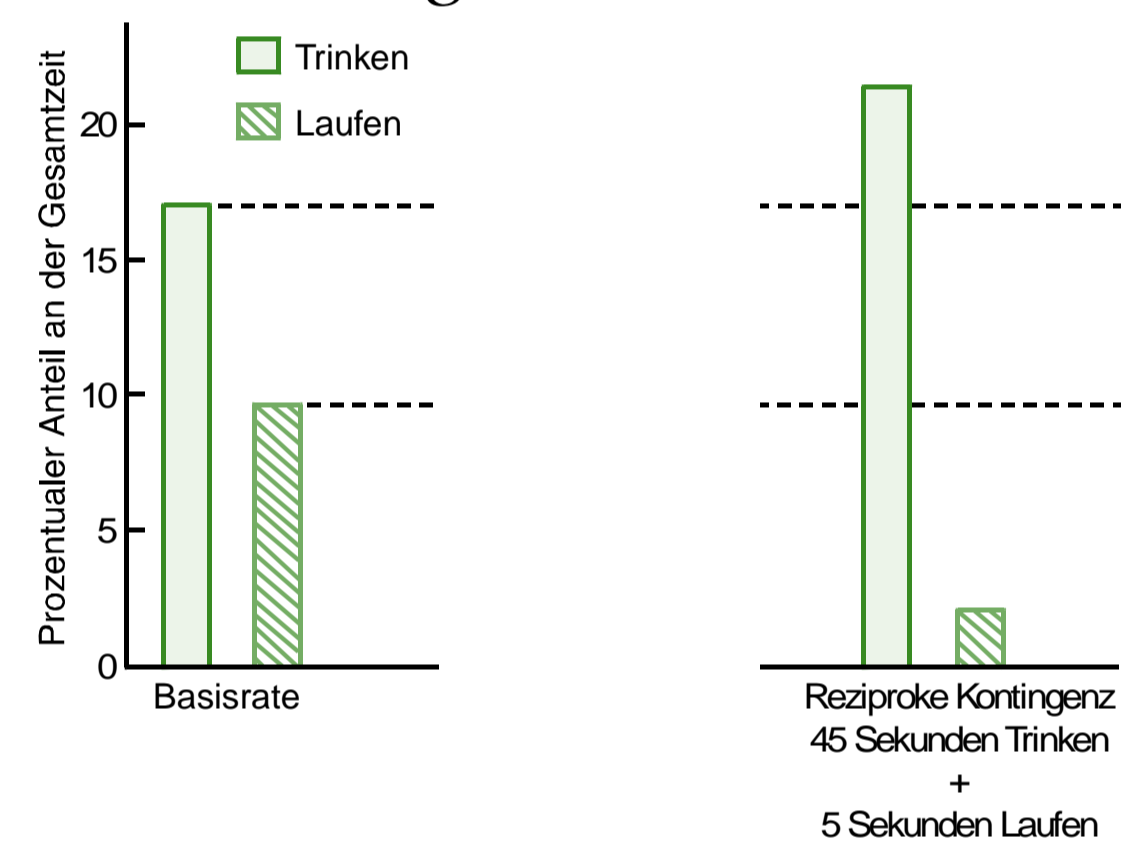
Kontingenzbedingungen	Ergebnis	Schlussfolgerung
1. T → H	T nimmt zu	H verstärkt T
2. K → H	K nimmt zu	H verstärkt K
3. H → T	H nimmt nicht zu	T verstärkt H nicht
4. K → T	K nimmt zu	T verstärkt K
5. H → K	H nimmt nicht zu	K verstärkt H nicht
6. T → K	T nimmt nicht zu	K verstärkt T nicht

→ Premacks Prinzip

→ Relativität der Verstärk.

Probleme mit Premack & Äquilibriumtheorie

- Erweiterung/Ausnahmen beim Premack'schen Prinzip



Äquilibrium Theorie

- Organismen haben erwünschte Verhaltensraten → Bliss Point (BP)
- Ratenänderung zum BP → Verstärkung
- Weg vom BP → Bestrafung

Allison, 1963

III. Was ist ein Verstärker?

Überblick

- I. Das Vierfelderschema
- II. Die Rollen von Situation, Reaktion, & Verstärker beim OK
- III. Was ist ein Verstärker?
- IV. Biologische Grenzen der OK
- V. Vergleich KK & OK

Instinctive Drift

Breland & Breland, 1961



Waschbären (racoons) sind sehr gewandt im Aufreißen von Verpackungen, aber sie lassen sich mit Futter nur schwer auf das Einwerfen von Münzen konditionieren.

Wenn man Waschbären auf das Einwerfen von Münzen konditioniert hat, beginnen sie nach einiger Zeit diese zu "waschen", das heißt, sie versuchen die Münzen wie ihre normale Nahrung aufzubrechen.

→ Instinktives Verhalten überlagert Erlerntes

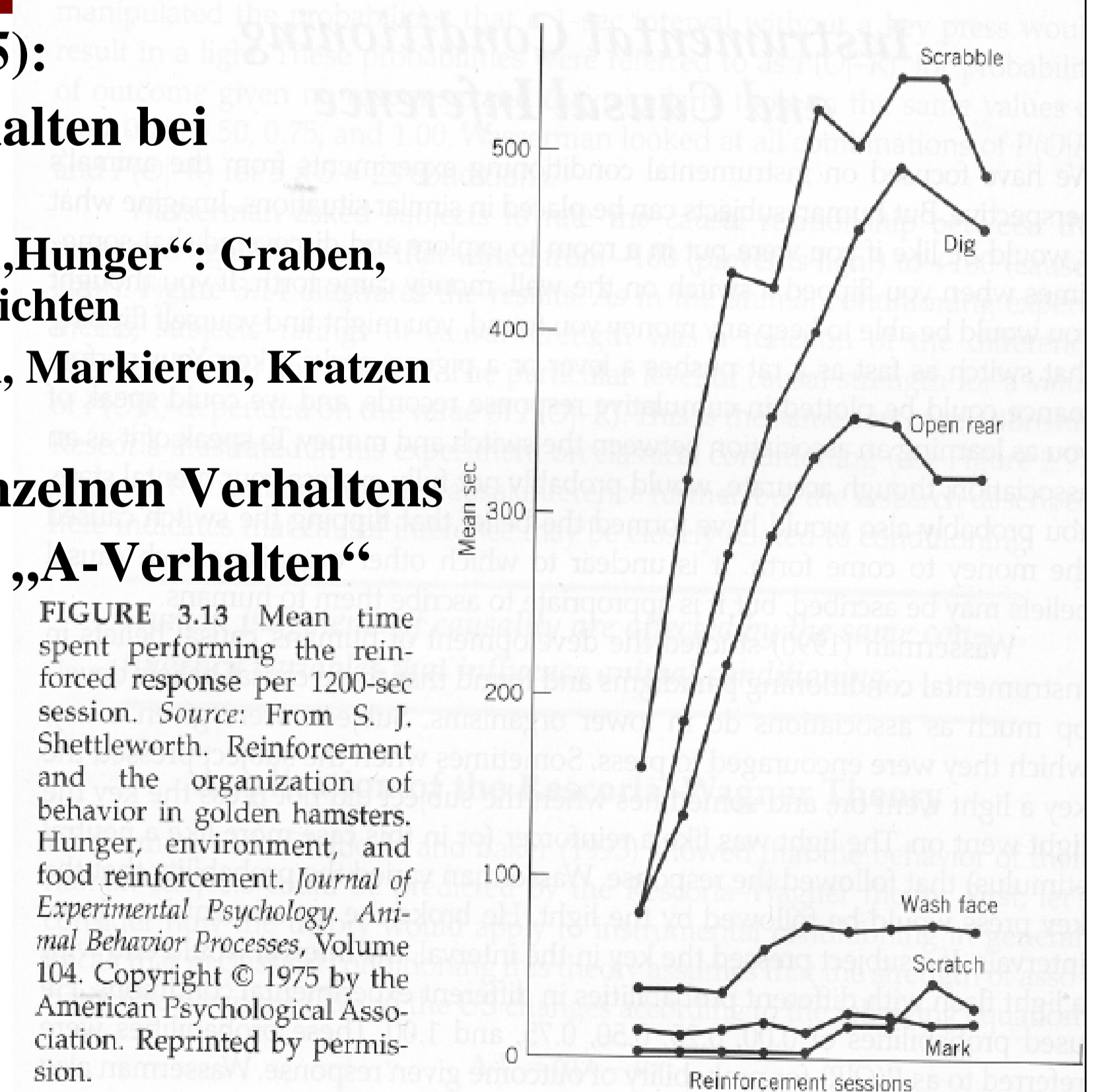
IV. Biologische Grenzen

Assoziative Präferenzen

Shettleworth (1975):

- Spontanes Verhalten bei Hamstern:
 - A) Besonders bei „Hunger“: Graben, Scharren, Aufrichten
 - B) Immer: Putzen, Markieren, Kratzen (sich selbst)
- Verstärkung einzelnen Verhaltens
- Nur W-keit von „A-Verhalten“ nimmt zu

→ Präferenzen bestimmter R-V Assoziationen



IV. Biologische Grenzen

Autoshaping

IV. Biologische Grenzen

Brown & Jenkins, 1968

- In unregelmäßigen Intervallen: Tastenlicht – Futter
- Tauben picken auf Taste (nicht notwendig für Futter)

Jenkins & Moore, 1973 – 2 Gruppen

- A: Licht – Wasser
- B: Licht – Futter
- Verhalten

→ Klassische Kond.
CS: Licht,
US: Futter/Wasser
Verhalten = CR



Autoshaping

IV. Biologische Grenzen

Timberlake & Grant, 1975 – 2 Gruppen Ratten

- A: Holzklötz – Futter
- B: Andere Ratte – Futter
- A → Nagebewegung; B → Schnüffeln, Pföteln

→ Beides Aspekte des normalen (sozialen) Eßverhaltens

→ „Analyse von Verhaltenssystemen“:

- verschiedene „US“ triggern verschiedene speziesspezifische Kombinationen von Verhalten
- welcher Teil des Verhaltenssystems ausgelöst wird hängt mit Eigenschaften des Signals („CS“) zusammen

Überblick

- I. Das Vierfelderschema
- II. Die Rollen von Situation, Reaktion, & Verstärker beim OK
- III. Was ist ein Verstärker?
- IV. Biologische Grenzen der OK
- V. Vergleich KK & OK

Skinner/Pawlow (überholt !)

V. Vergleich KK & OK

Tabelle 1. Vergleich zwischen den Systemen Pawlows und Skinners

Bezeichnungen	Eigenschaften
Bedingter Reflex (nach Pawlow): Antwortreaktion	Reiz → Reaktion; Reaktion wird (automatisch) ausgelöst;
Klassische Konditionierung Reflexforschung	Reiz kontrolliert (bedingt) Verhalten;
Pawlow'sche Konditionierung Typ S	Versuche beziehen sich vielfach auf glatte Muskulatur; Organismus wird kontrolliert.
Operantes Verhalten (nach Skinner): Wirkreaktion	Reaktion → Verstärkung; Reaktion wird (freiwillig) gezeigt;
Lernen am Erfolg	Verhalten führt zu Verstärkung;
Verhaltensbedingung Dressurforschung	Versuche beziehen sich hauptsächlich auf gestreifte Muskulatur;
Instrumentelle Konditionierung Typ R	Organismus kontrolliert.

Kognitive Sicht

V. Vergleich KK & OK

Theoretische Ebene: Lernen einer prädiktiven Relation

- Klassische Kond.: CS sagt US vorher; CR bereitet ggf. US vor
- Operante Kond.: S sagt gemeinsam mit R Verstärker vorher
- Ähnliche Basisphänomene (Akquisition, Extinktion, Generalisierung)

Verstärkung der CR bei KK?

V. Vergleich KK & OK

- zB Lidschlagkond.: Lidschlag (CR) mildert Luftstoß (US) ???
- zB CR Speicheln → Geschmacksverbesserung Futter (US) ???

Exp. Lidschlussreflex Kaninchen

Gruppe 1: CS (Ton) – US (E-Schock am Auge)

Gruppe 2: CS (Ton) – wenn CR → kein US
sonst US (E-Schock)

Vorhersage, wenn CR operant konditioniert: Gruppe 2 lernt besser

→ Ergebnis: Gruppe 1 lernt besser

→ Spricht für Verschiedenheit von OK und KK

Gonzzano &
Coleman, 1973

Überblick

- I. Das Vierfelderschema
- II. Die Rollen von S, R & V
- III. Was ist ein Verstärker?
- IV. Biologische Grenzen
- V. Vergleich KK & OK

Operantes Konditionieren

Operantes Konditionieren: Assoziativ-antizipatorisches Lernen der Dreifachkontingenz → (Genau) wenn S_D dann (R- \rightarrow V)

Diskriminativer Hinweisreiz S_D : situationsangemessen gelernt

Reaktion/Verhalten R: Verhaltensklasse mit gleichem Effekt

Verstärker V: Teil des Lernens bei OK, aber nicht jeden Lernens definierbar über Äquilibrium (Verhalten, Reize)

Biologische Grenzen: Assoziative Präferenzen (R-V), Überlagerungen durch Instinktverhalten

Heutiger Stand: Operantes Kond. \neq Klassisches Kond.

Literatur - Lernenteil

Anderson, J.R. (2000). Learning and Memory (2nd edition). Hoboken: Wiley & Sons. *Kapitel 1 - 4*

Ergänzend:

Mazur, J.E. (2004). Lernen und Gedächtnis (translation of 5th Edition). Pearson: München. *Kapitel 4 - 10*