

Vorlesung Lernen und Gedächtnis  
Modul A2 - WS 2020/21

# Instrumentelles Konditionieren III

Prof. Dr. Thomas Goschke

# Überblick

Thorndikes Gesetz des Effekts

Skinner's Forschung zum operanten Konditionieren

Was wird beim instrumentellen Konditionieren gelernt?

Shaping und Verhaltenssequenzen

Verstärker und Verstärkungspläne

Rolle von Kontiguität und Kontingenz

Abbau unerwünschter Verhaltensweisen und Bestrafung

**Flucht- und Vermeidungstraining**

**Artspezifische Reaktionsprogramme und angeborene Lernbereitschaften**

**Stimuluskontrolle: Generalisierung und Diskrimination**

# Konsequenzen nicht-kontingenter Bestrafung

## Vortraining:

- Ratten lernten, Hebel zu drücken, um Futter zu bekommen

## Phase 1:

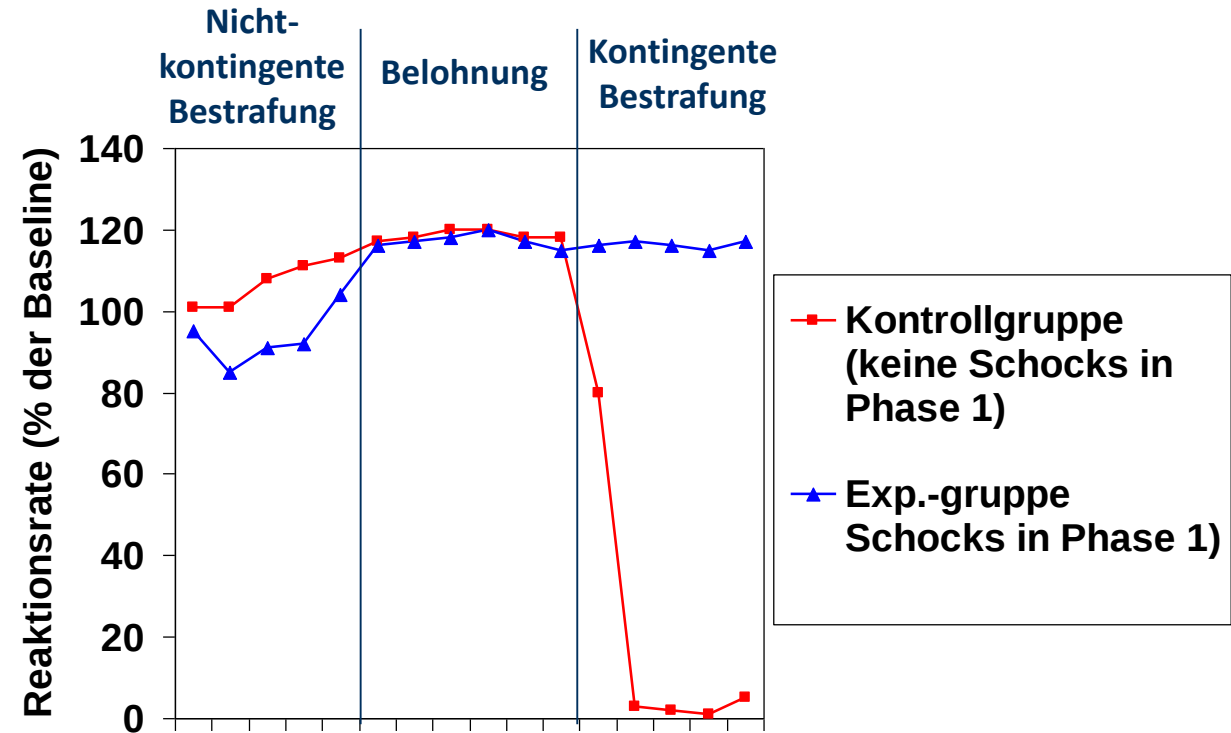
- Experimentalgruppe: Elektroschocks unabhängig vom Verhalten
- Kontrollgruppe: Nur Belohnung, keine Schocks,

## Phase 2:

- Beide Gruppen erhalten nur noch Belohnung (keine Schocks)

## Phase 3:

- Beide Gruppen erhalten reaktions-kontingente Schocks



- Bestrafung war nur wirksam, wenn sie kontingent auf das Verhalten folgte
- Erfahrung nicht-kontingenter Bestrafung verhinderte späteres Lernen einer reaktions-kontingenten Bestrafung

# Konsequenzen nicht-kontingenter Bestrafung: Erlernte Hilflosigkeit

## Phase 1: Pretreatment

- Gruppe 1: Hunde erhielten Stromstöße, die sie durch eigenes Verhalten beenden konnten
- Gruppe 2: Die Hunde erhielten die gleichen Stromstöße, konnten diese aber nicht beenden
- Gruppe 3: keine Schocks

## Phase 2: Vermeidungstraining

- In allen Gruppen wurden Stromstöße durch Ton angekündigt und konnten durch Wechsel in anderen Teil der Versuchsbox beendet werden

## Ergebnis:

- Gruppe 1 und 3: Tiere lernten die Vermeidungsreaktion
- Gruppe 2: Tiere vermieden den Schock signifikant seltener und lernten das Vermeidungsverhalten langsamer

| Group       | Phase 1                  | Phase 2         | Phase 2<br>Shocks escaped (%) |
|-------------|--------------------------|-----------------|-------------------------------|
| Escapable   | Escapable shock          | Escape training | 74                            |
| Inescapable | Yoked, inescapable shock | Escape training | 28                            |
| No shock    | ---                      | Escape training | 78                            |

LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 10.11  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

# Erlernte Hilflosigkeit bei Menschen

## Phase 1:

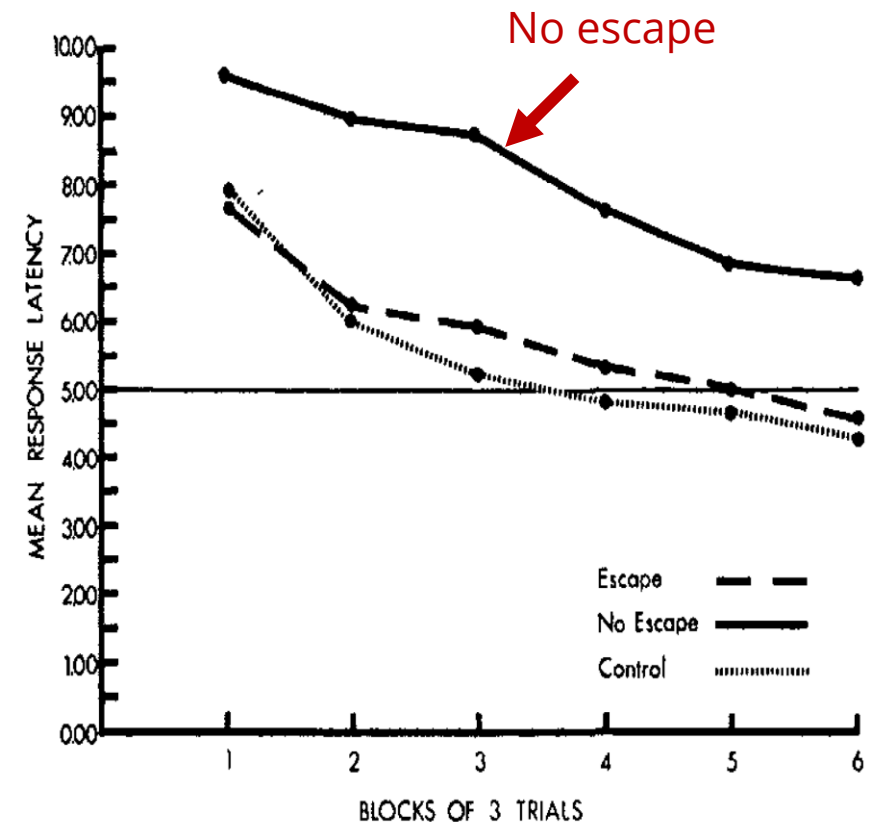
- **Gruppe 1:** unangenehme laute Töne, die durch Knopfdruck abgestellt werden konnten
- **Gruppe 2:** Töne waren weder vermeidbar noch kontrollierbar
- **Kontrollgruppe:** keine Vorbehandlung

## Phase 2:

- Töne wurde durch 5 Sek. Lichtsignal angekündigt und Probanden konnten den Ton mit einem Schieberegler abstellen
- Probanden wurden informiert, dass sie etwas tun konnten, um den Ton abzustellen, aber nicht wie sie dies erreichen konnten

**A.V.:** Latenzzeit bis die Probanden lernten, den Ton mit dem Schieberegler abzustellen

**Ergebnis:** Gruppe 2 lernte langsamer als die beiden anderen Gruppen



# Erlernte Hilflosigkeit bei Menschen

## Phase 1: Drei Gruppen

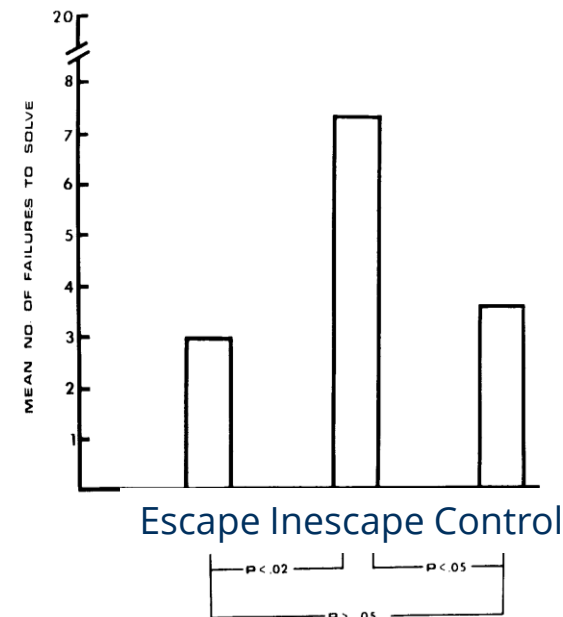
- **Escape:** vermeidbare aversive Geräusche
- **Inescape:** **nicht** vermeidbare Geräusche
- **Control:** keine Geräusche

## Phase 2: Anagrammaufgabe

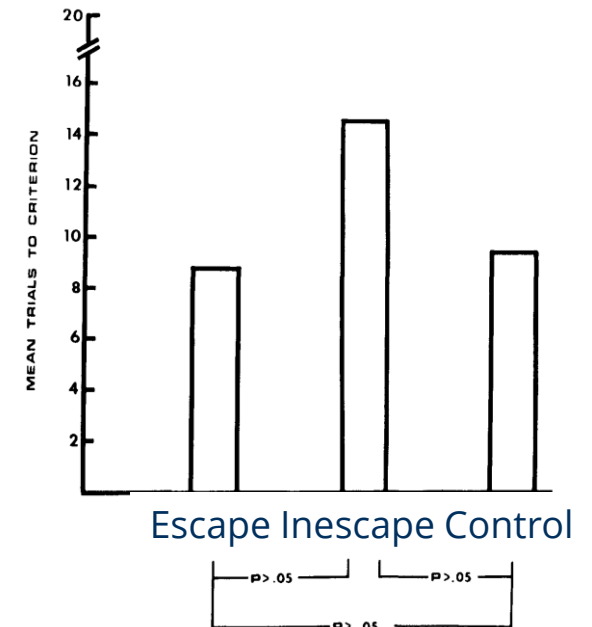
**Ergebnis:** Probanden der Experimentalgruppe lösten weniger Anagramme und brauchten länger bis zum Erreichen des Leistungskriteriums

→ *Generalisierte Unkontrollierbarkeitserwartung*

Anzahl nicht gelöster Anagramme



Versuche bis zum Erreichen des Leistungskriteriums (3 korrekte Lösungen in weniger als 15 s)



# Seligmans Erklärung: Erlernte Hilflosigkeit

- Erfahrung, dass eigenes Verhalten keinen Effekt hat (z.B. Bestrafung nicht durch eigenes Verhalten beeinflusst werden kann), erschwert Erwerb und Ausführung neuer instrumenteller Reaktionen
  - vgl. Rescorla & Wagner: In Gruppe, die unkontrollierbaren Schocks ausgesetzt war, gab es keine Kontingenz zwischen Verhalten und Konsequenz → kein Lernen
- Nach Seligman (1975) kann Erfahrung von Nicht-Kontingenz auf andere Aufgaben und Kontexte generalisieren → *generalisierte Unkontrollierbarkeitserwartung*
- Drei Folgen der Erfahrung von Unkontrollierbarkeit
  - motivationales Defizit (keine Anstrengung zu fliehen)
  - kognitives Defizit (verzögertes Lernen)
  - emotionales Defizit (Stress, Apathie, „Depression“)
- Erlernte Hilflosigkeit als ein möglicher Bedingungsfaktor für klinische Depression

# Überblick

Thorndikes Gesetz des Effekts

Skinner's Forschung zum operanten Konditionieren

Was wird beim instrumentellen Konditionieren gelernt?

Shaping und Verhaltenssequenzen

Verstärker und Verstärkungspläne

Rolle von Kontiguität und Kontingenz

Abbau unerwünschter Verhaltensweisen und Bestrafung

**Flucht- und Vermeidungstraining**

Stimuluskontrolle: Generalisierung und Diskrimination

Artspezifische Reaktionsprogramme und angeborene Lernbereitschaften

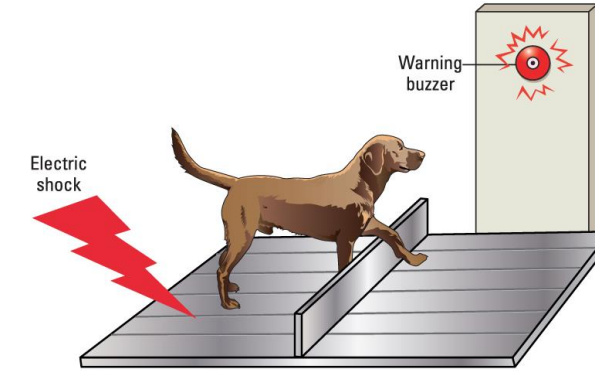
# Arten von Verstärkern

|                                 | Verhaltenskonsequenz               |                                              |
|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                 | Angenehm                           | Unangenehm                                   |
| Reiz erscheint nach Reaktion    | Positive Verstärkung (Belohnung) ↑ | Bestrafung 1. Art ↓                          |
| Reiz verschwindet nach Reaktion | Bestrafung 2. Art ↓                | Negative Verstärkung (Flucht / Vermeidung) ↑ |

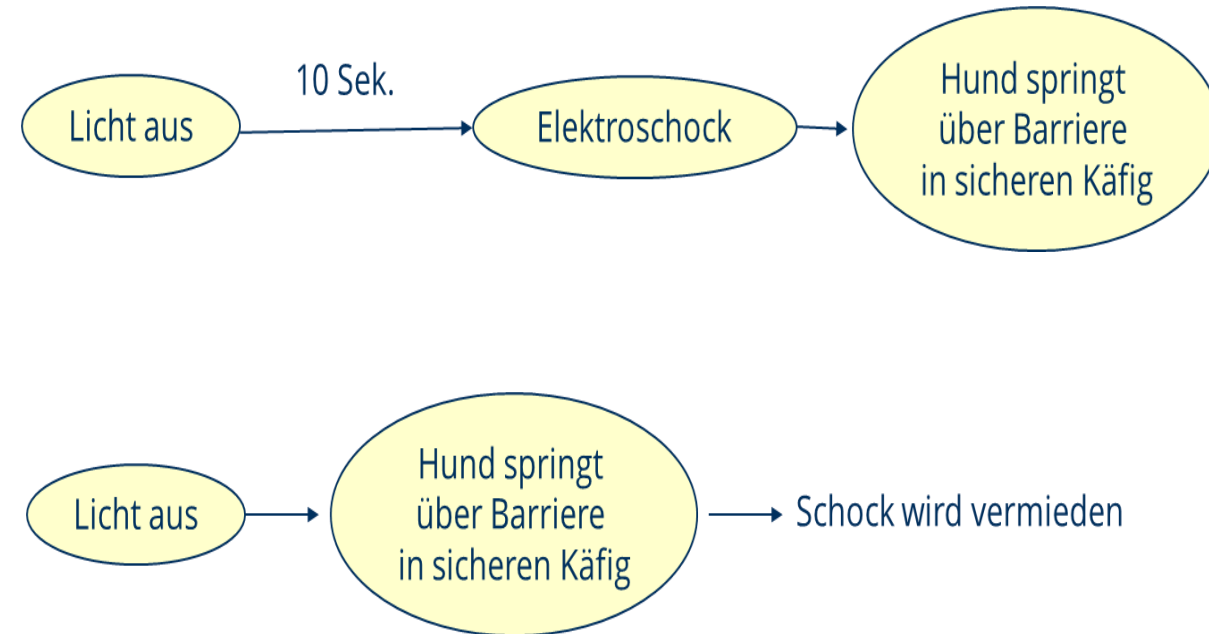
# Negative Verstärkung

## Exp. von Solomon & Wynne (1953)

- Hunde lernten, durch instrumentelles Verhalten einen durch einen Hinweisreiz (z.B. Ton, Abschalten des Lichts) angekündigten Schock zu vermeiden
- Sehr hohe Lösungsresistenz
  - In Extinktionsphase sprangen Hunde weiter (mitunter 200 mal) über die Barriere
  - Latenz des Vermeidungsverhaltens nahm sogar weiter ab (Solomon, Kamin, & Wynne, 1953)
- Mögliche Erklärung: Vermeidungsverhalten verhindert, dass die Hunde lernen, dass die Kontingenz zwischen Licht und Schock nicht mehr besteht
- Erklärt Aufrechterhaltung von Vermeidungsverhalten bei phobischen Ängsten (z.B. soziale Angst; Flugangst)



Gluck et al., *Learning and Memory*, 4e, © 2020 Worth Publishers



# Negative Verstärkung und Vermeidungslernen

Wie kann Vermeidungsverhalten gelöscht werden?

Zwei Möglichkeiten:

- (1) Bestrafung wird erteilt, obwohl Vermeidungsverhalten gezeigt wird
- (2) Vermeidungsverhalten wird verhindert

→ Lebewesen lernt, dass es keine Kontingenz mehr zwischen Verhalten und Bestrafung gibt

Baum (1969):

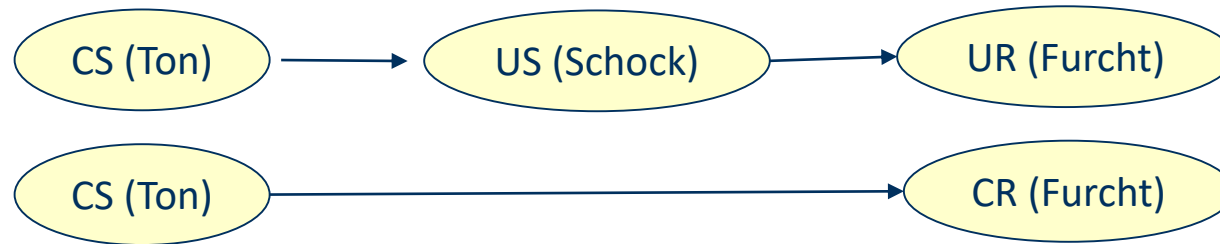
- Vermeidungstraining mit Ratten: Ton → Schock → Flucht
- Danach wurden Tiere daran gehindert, beim Ton in sicheren Teil des Käfigs zu flüchten
- Nach kurzer Zeit lernten sie, dass es keine Kontingenz mehr zwischen Ton und Schock gab

Klinische Anwendung: Expositionstherapie bei Phobien

# Mowrers (1947) Zwei-Prozess-Theorie des Vermeidungslernens

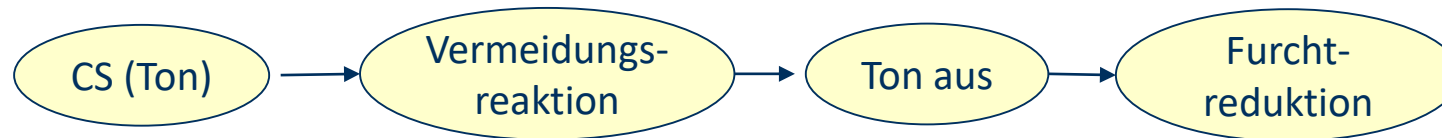
## 1. Phase: Klassische Furchtkonditionierung

- Lebewesen lernt, Hinweisreize mit dem Schock zu assoziieren
- Diese Reize werden zu konditionierten Warnsignalen, die Furcht auslösen
- Tier kann Ton/Schock durch geeignete Reaktion beenden



## 2. Phase: Operantes Konditionieren

- Vermeidungsreaktion beendet den CS und reduziert die wahrnehmbaren Komponenten der Furchtreaktion (Veränderung der Herzrate, Atmung etc.)
- Furchtreduktion wirkt verstärkend
- Vermeidungsreaktion wird als Flucht vor dem angstausslösenden CS interpretiert



# Probleme der Zweifaktorentheorie I: Klassisches Konditionieren

Vorhersage:

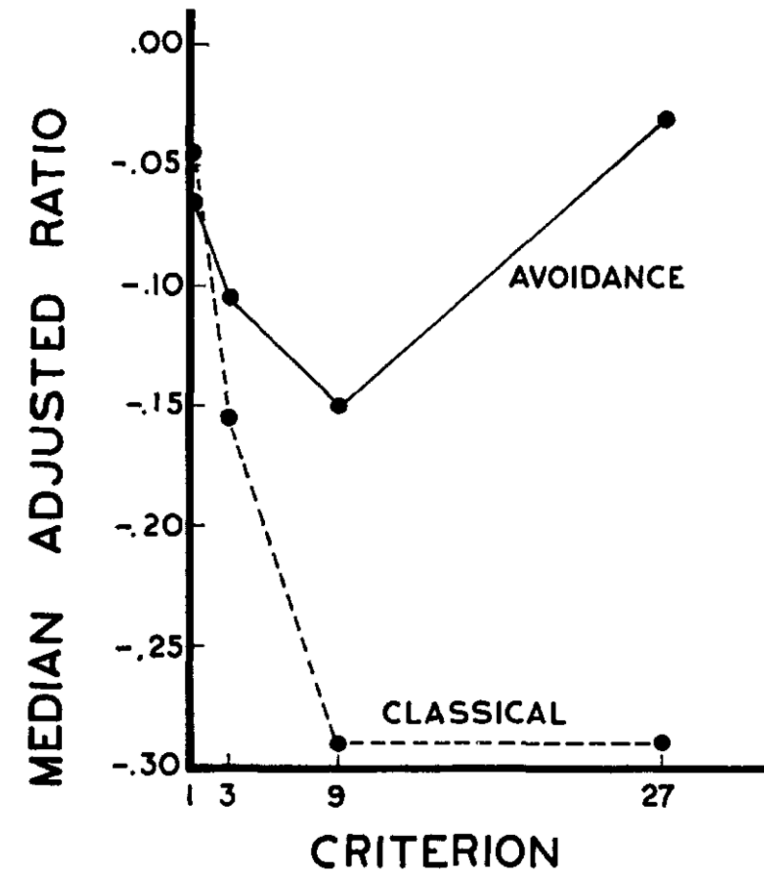
- Wenn konditionierte Angst die Vermeidungsreaktion motiviert und Angstreduktion der Verstärker ist, sollte die Stärke der Furchtreaktion mit der Stärke des Vermeidungsverhaltens korreliert sein

Aber:

- Nach Vermeidungstraining nimmt die durch den Signalreiz ausgelöste Furcht häufig ab
- Vermeidungsverhalten bleibt bestehen, obwohl CS keine Furchtreaktion mehr auslöst

Kamin et al. (1963). *J Compar Physiol Psych*

- Vermeidungstraining mit Ratten, bis diese 1, 3, 9 oder 27 aufeinander folgende Vermeidungsreaktionen zeigten (Kriterium)
- Danach wurde der Warnreiz (CS) präsentiert, während Ratten in Skinnerbox Hebel drückten, um Futter zu erhalten
- A.V.: Differenz der Suppressionsrate nach und vor dem Vermeidungstraining (negative Werte = größere Furcht *nach* dem Training)
- Tiere mit dem stärksten Vermeidungsverhalten zeigten geringere Suppression als Tiere mit schwächerem Vermeidungsverhalten
- Nach Vermeidungstraining war Suppression deutlich geringer als nach klassischer Furchtkonditionierung



# Probleme der Zweifaktorentheorie II: Operantes Konditionieren

Vorhersage:

- Vermeidungsverhalten wird durch Elimination des furchtauslösenden CS und die damit verbundene Furchtreduktion verstärkt

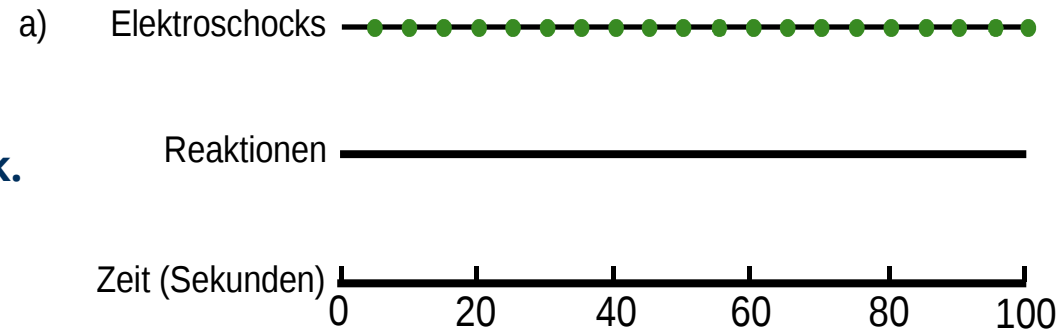
Dagegen sprechen Befunde von Kamin (1956):

- Tiere lernten Vermeidungsverhalten, auch wenn der CS nach dem Vermeidungsverhalten andauerte
- Elimination des CS ist keine notwendige Bedingung für Vermeidungslernen

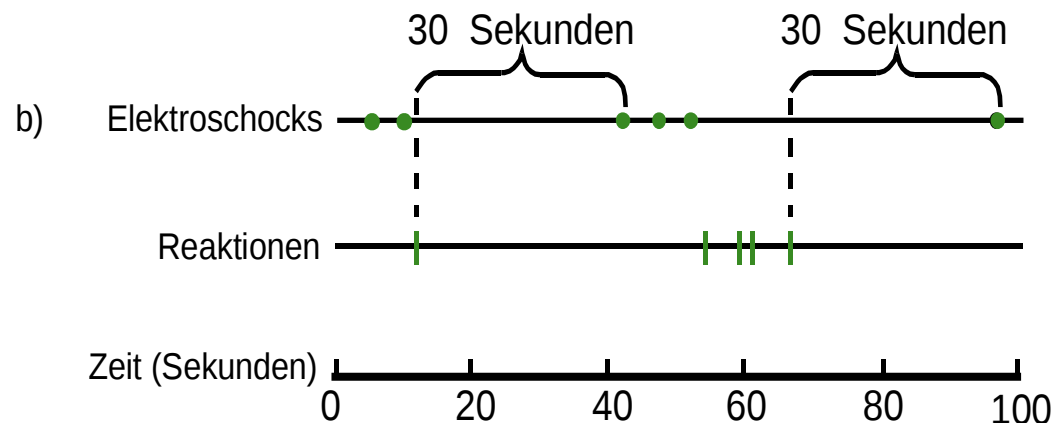
# Probleme der Zweifaktorentheorie II

## Sidmans (1953, 1966): Freie operante Vermeidung

**Wenn Tier nicht reagiert, wird alle 5 Sek. ein Schock verabreicht**



**Jede Reaktion verschiebt nächsten Schock um 30 Sek.**

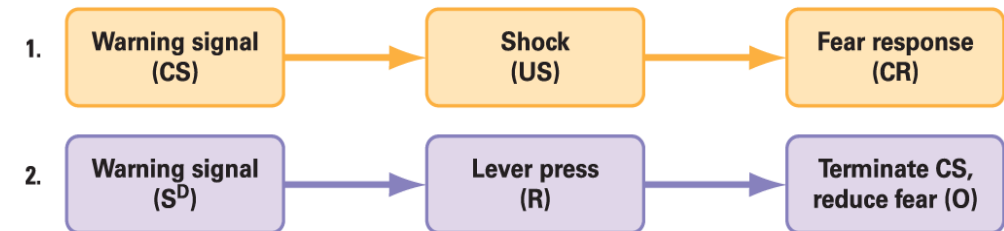


- Tiere lernen, Schock komplett zu vermeiden, indem sie rechtzeitig Hebel drücken
- Vermeidungsverhalten, obwohl es keinen CS eliminiert
- Alternative Interpretation:
  - Reaktion startet innere Uhr
  - zunehmende Zeit seit letzter Reaktion könnte der CS sein, der Furchtreaktion auslöst
  - Jede Reaktion setzt die Uhr zurück auf Null, wodurch Furcht reduziert wird (= Verstärkung)

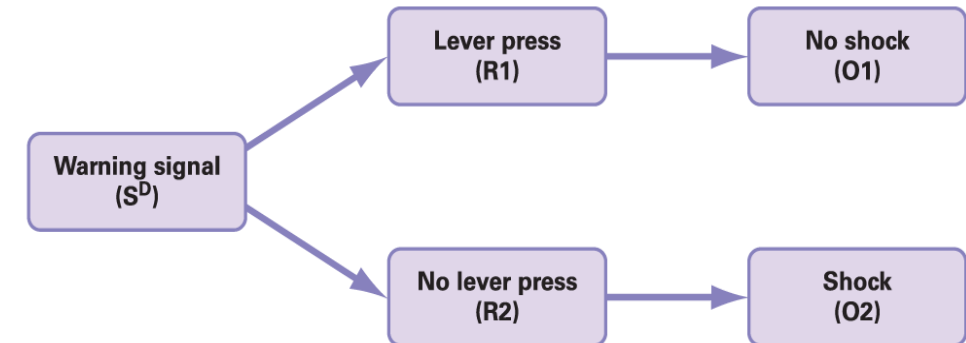
# Kognitive Erklärung für Vermeidungsverhalten: Erwartungsbildung

- Lebewesen lernt Kontingenzen zwischen CS, CR und Konsequenzen
- Die Erwartung einer aversiven Konsequenz motiviert das Lebewesen, erlerntes Vermeidungsverhalten auszuführen
- Hohe Lösungsresistenz resultiert daraus, dass Vermeidungsverhalten verhindert, dass das Lebewesen in der Extinktionsphase die Erfahrung machen kann, dass die aversive Konsequenz gar nicht mehr auftritt
- Alltagsbeispiele für Aufrechterhaltung von konditionierter Furcht durch Vermeidungsverhalten
  - Soziale Phobie: Vermeidung von sozialen Situationen in Erwartung negativer sozialer Rückmeldungen
  - Agoraphobie: Vermeidung von Orten, die Furcht auslösen könnten
  - Höhenangst
- Löschung durch Verhinderung der Vermeidungsreaktion
  - Systematische Desensibilisierung
  - Expositionstherapie

## A Two-factor theory



## B Cognitive expectancy theory



Gluck et al., *Learning and Memory*, 4e, © 2020 Worth Publishers

# Überblick

Thorndikes Gesetz des Effekts

Skinner's Forschung zum operanten Konditionieren

Was wird beim instrumentellen Konditionieren gelernt?

Shaping und Verhaltenssequenzen

Verstärker und Verstärkungspläne

Rolle von Kontiguität und Kontingenz

Abbau unerwünschter Verhaltensweisen und Bestrafung

Flucht- und Vermeidungstraining

**Artspezifische Reaktionsprogramme und angeborene Lernbereitschaften**

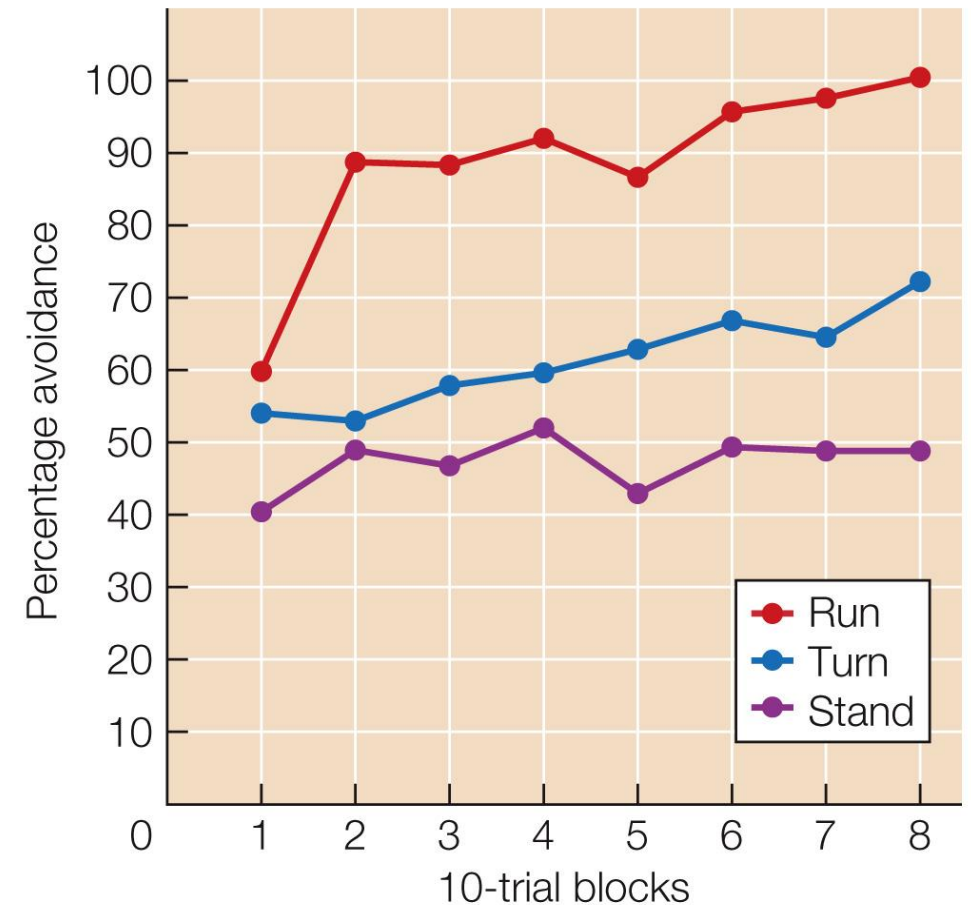
Stimuluskontrolle: Generalisierung und Diskrimination

# Angeborene Lernbereitschaften und artspezifische Reaktionssysteme

Ratten wurden trainiert, in einem Laufrad entweder zu rennen, sich umzudrehen oder sich aufzurichten, um einen Schock zu vermeiden

Rennen wurde als Vermeidungsreaktion deutlich leichter gelernt als die beiden anderen Reaktionen

(Bolles, 1969)



LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 10.6  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

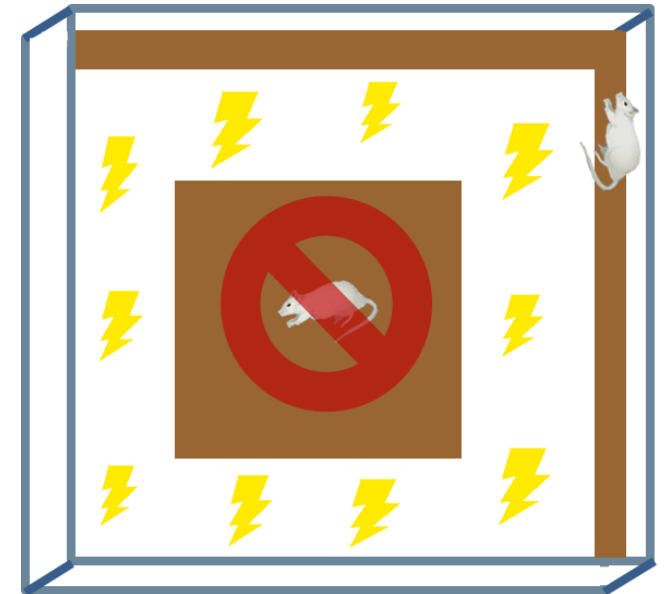
# Angeborene artspezifische Verteidigungsreaktionen (Species-specific defense reactions; SSDRs)

Leichtigkeit mit der Vermeidungsreaktionen gelernt werden, hängt von ihrer Ähnlichkeit zu SSDRs ab

- Z.B. Aus Käfigteil fliehen vs. Hebel drücken

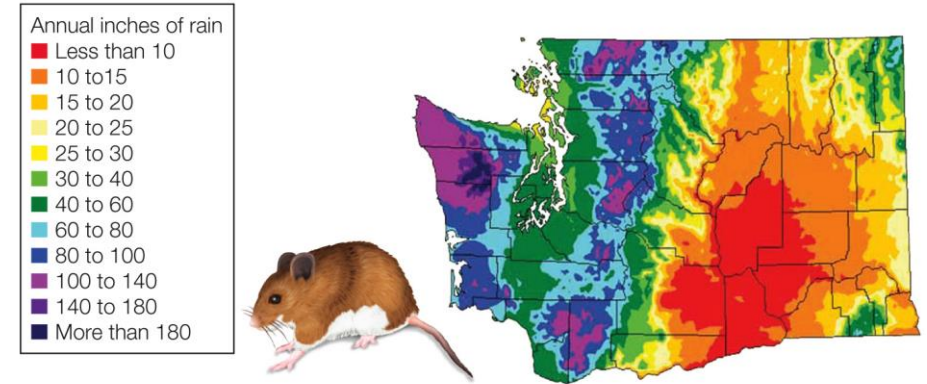
## Evidenz

- Thigmotaxis: Ratten in freiem Feld neigen dazu, sich beim Explorieren zunächst in der Nähe der Wände aufzuhalten
- Ratten erhielten Schocks in Skinner Box und konnten diese vermeiden, indem sie in sicheres Areal flüchteten
- Ratten lernten schnell, den Schock zu vermeiden, wenn das sichere Areal an die Wände der Box lag
- Ratten lernten viel schwerer oder gar nicht, zu einem sicheren Areal in der Mitte der Box zu fliehen



# Angeborene artspezifische Reaktionen

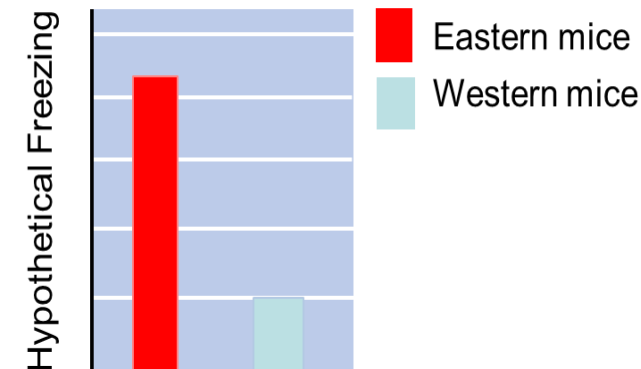
- Westlich des Kaskadengebirges fällt im Bundesstaat Washington jedes Jahr sehr viel Regen, wohingegen östlich der Berge sehr geringer Niederschlag herrscht
- Zwei Arten von Mäusen haben sich diesen Bedingungen angepasst (*Peromyscus maniculatus austerus* and *P. m. gambeli*)
- *P. m. austerus* wird von Wiesel gejagt, während *P. m. gambeli* von Schlangen gejagt wird
- Im Labor aufgezogene Mäuse, die von diesen beiden Linien abstammten, erkannten die Raubtiere aus ihrer jeweils natürlichen Umwelt signifikant besser als die aus der Region der anderen Mäuseart



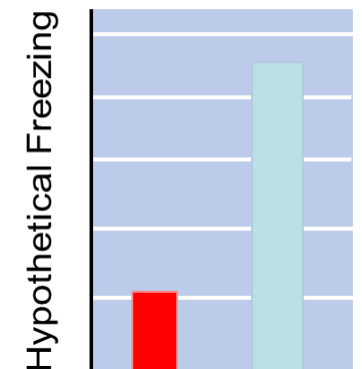
LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 10.7  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.



Gopher snake present

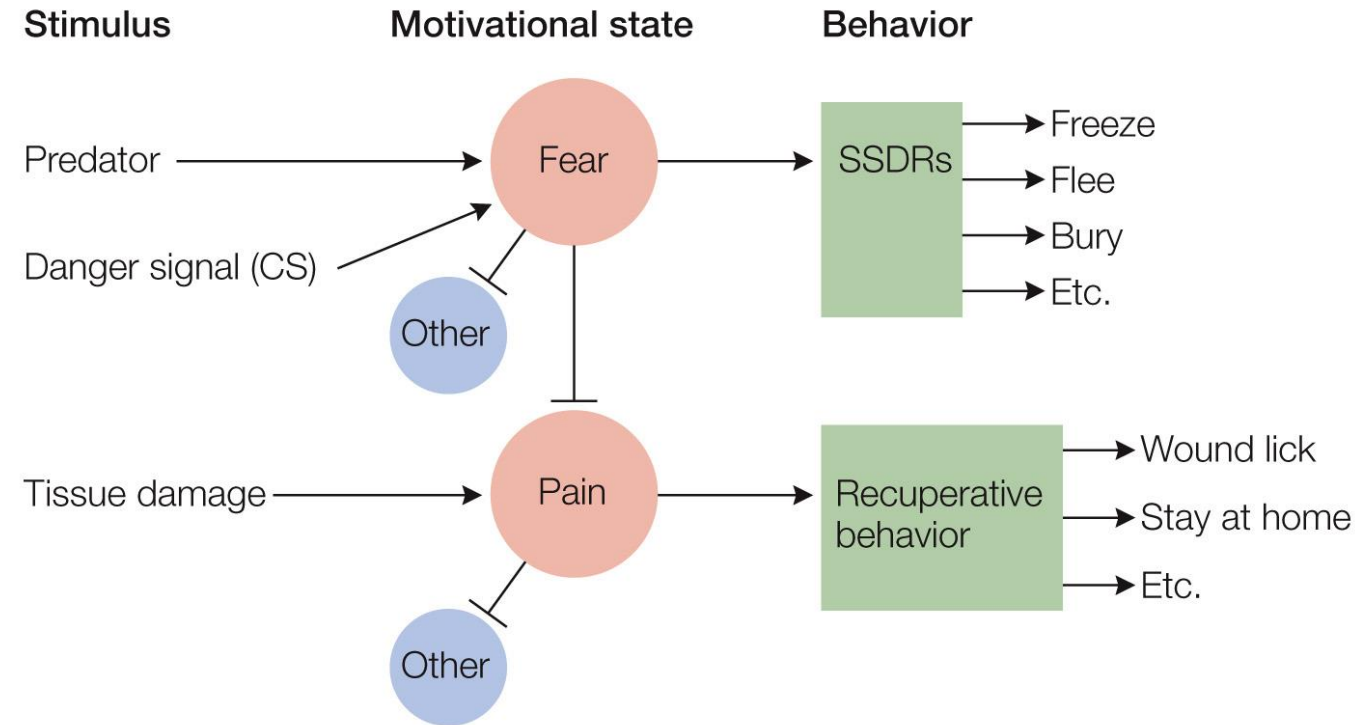


Weasel present



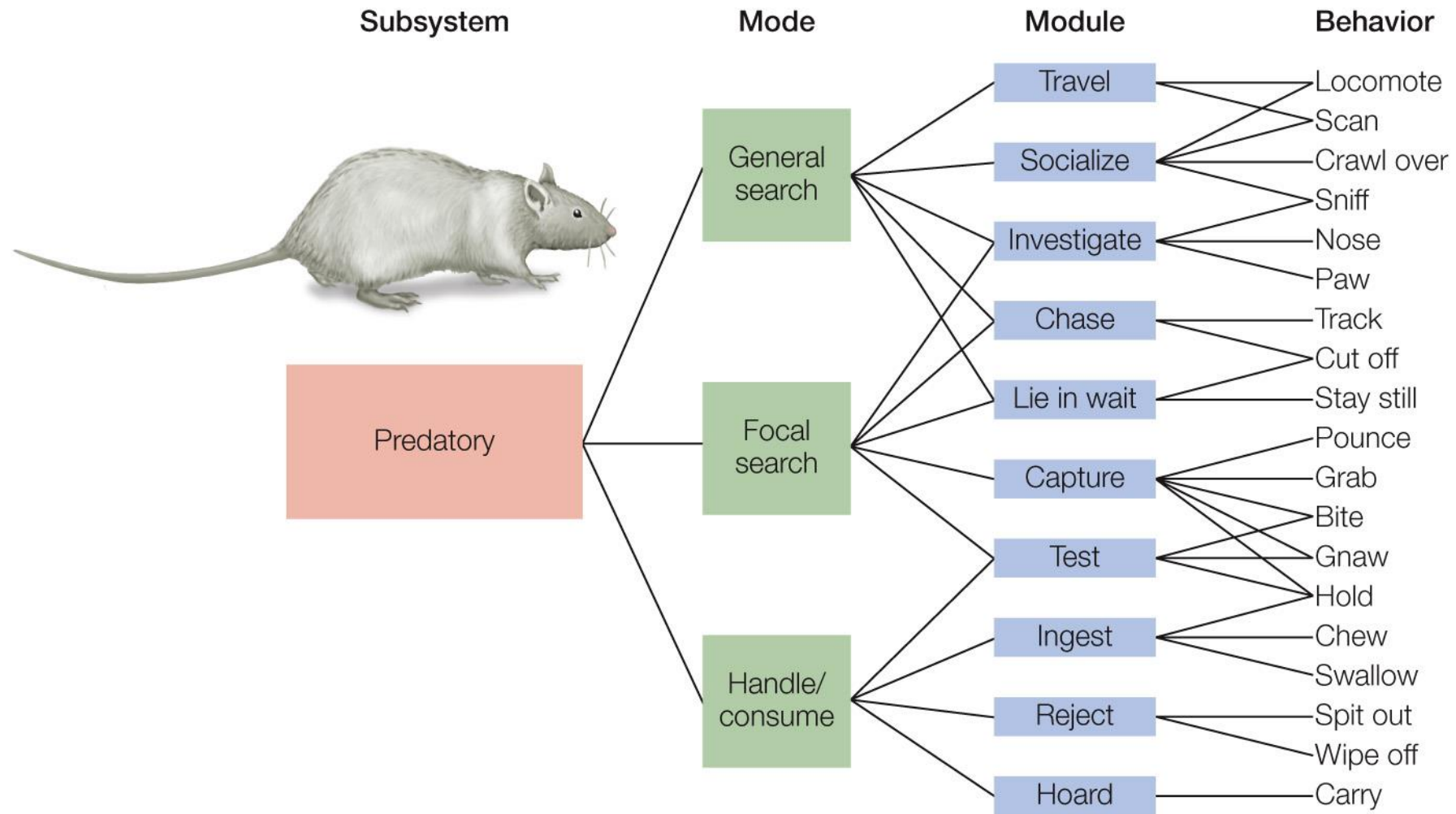
# Perceptual-defensive-recuperative model of fear and pain

- Die Anwesenheit eines Raubtiers oder ein Gefahrensignals (CS) löst Furcht aus, die SSDRs verstärkt
- Furcht hemmt andere motivationale Zustände (z.B. Schmerz, der ansonsten Erholungsverhalten auslösen würde).
- Furcht- und Schmerzsysteme sind funktional so organisiert, dass sie es dem Lebewesen erlauben, sich in Anwesenheit eines Gefahrenreizes zu verteidigen und nach Verletzungen durch einen Angriff zu erholen



LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 10.9  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

# A feeding (or predatory) behavior system



LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 5.17  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

# Weitere Evidenz für angeborene Lernbereitschaften beim operanten Konditionieren: Instinktive Drift

Breland & Breland (1961)

- Wollten Tieren ungewöhnliche Verhaltensweisen durch Belohnung antrainieren
- Tiere zeigten häufig anderes (nicht verstärktes) Verhalten
  - Bsp.: Waschbären, die dafür belohnt wurden, Holzmünzen aufzuheben und in einen Behälter zu legen, begannen stattdessen, die Münzen zu „waschen“
- Analoge Ergebnisse für anderen Tiere (z.B. Tauben, Schweine)

Die Tiere zeigten artspezifisches Verhalten, das sie z.B. bei der Nahrungssuche ausführen

Wie gut Verhalten durch Belohnung antrainiert werden kann, hängt von angeborenen Lernbereitschaften ab

(→ vgl. analoge Evidenz für angeborene Lernbereitschaften beim klassischen Konditionieren)



# Biologische Einschränkungen beim operanten Konditionieren: Reaktionsmerkmale

Shettleworth (1975):

Hungrige Hamster zeigten manche Verhaltensweisen häufig:

- auf Hinterbeine aufrichten; an Wänden kratzen; graben

Andere Verhaltensweisen traten selten auf:

- waschen; kratzen; Revier markieren

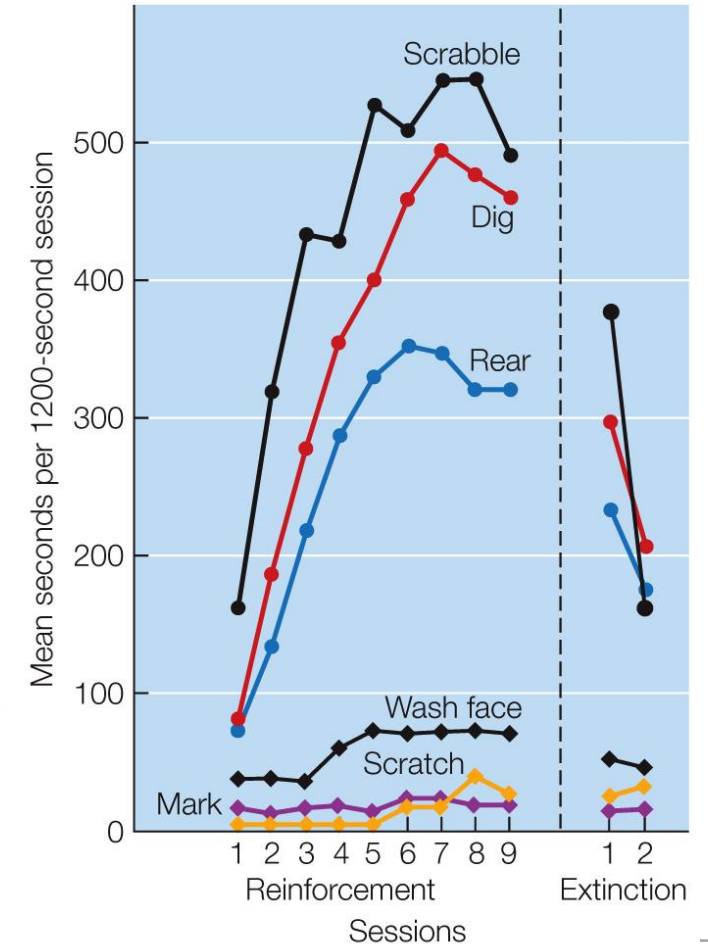
Die Hamster wurden für unterschiedliche Verhaltensweisen mit Futter belohnt

Bestimmte Reaktions-Verstärker-Assoziationen wurden deutlich besser gelernt als andere

→ Evidenz für angeborene Lernbereitschaften



Mittlere Zeit, die die verstärkte Reaktion in einem 120 Sek.-Intervall ausgeführt wurde



# Überblick

Thorndikes Gesetz des Effekts

Skinner's Forschung zum operanten Konditionieren

Was wird beim instrumentellen Konditionieren gelernt?

Shaping und Verhaltenssequenzen

Verstärker und Verstärkungspläne

Rolle von Kontiguität und Kontingenz

Abbau unerwünschter Verhaltensweisen und Bestrafung

Flucht- und Vermeidungstraining

Artspezifische Reaktionsprogramme und angeborene Lernbereitschaften

**Stimuluskontrolle: Generalisierung und Diskrimination**

# Das Generalisierung-Diskriminations-Dilemma



Grundproblem für Lebewesen beim klassischen Konditionieren:

- Wann signalisiert ein neuer (dem CS mehr oder weniger ähnlicher) Reiz den gleichen US?
- *Generalisierung*: Auslösung der konditionierten Reaktion durch ähnliche Reize
- *Diskrimination*: Auslösung der Reaktion nur durch ganz bestimmte Reize

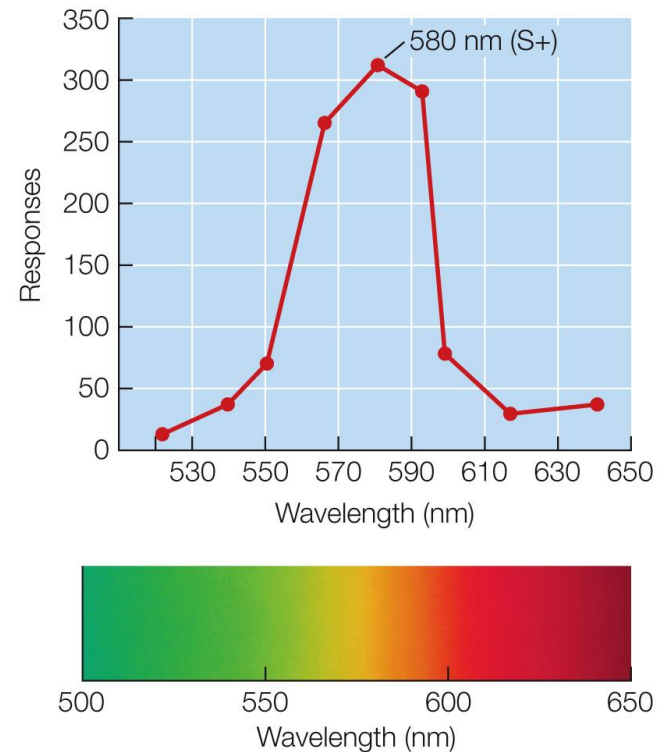
Grundproblem beim instrumentellen Konditionieren:

- Wann führt die gleiche Reaktion auf einen neuen (mehr oder weniger ähnlichen) Hinweisreiz zur gleichen Konsequenz und wann nicht?

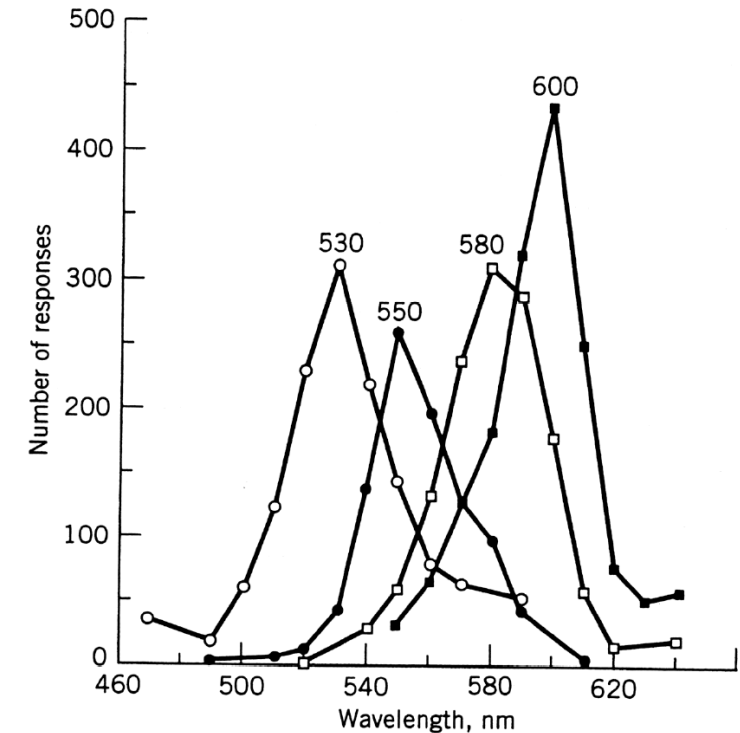
# Reizgeneralisierung

Guttman & Kalish (1956)

- Trainierten Tauben, auf eine beleuchtete Taste zu picken
- Picken auf Licht einer bestimmten Wellenlänge wurde mit Futter belohnt
- Transferphase: Licht anderer Wellenlänge beleuchtet



LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 8.8  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.



# Effekte des Trainings auf den Generalisierungsgradienten

(Jenkins & Harrison, 1960, 1962)

Tauben wurden belohnt, wenn sie auf eine beleuchtete Scheibe pickten

## Bedingung 1:

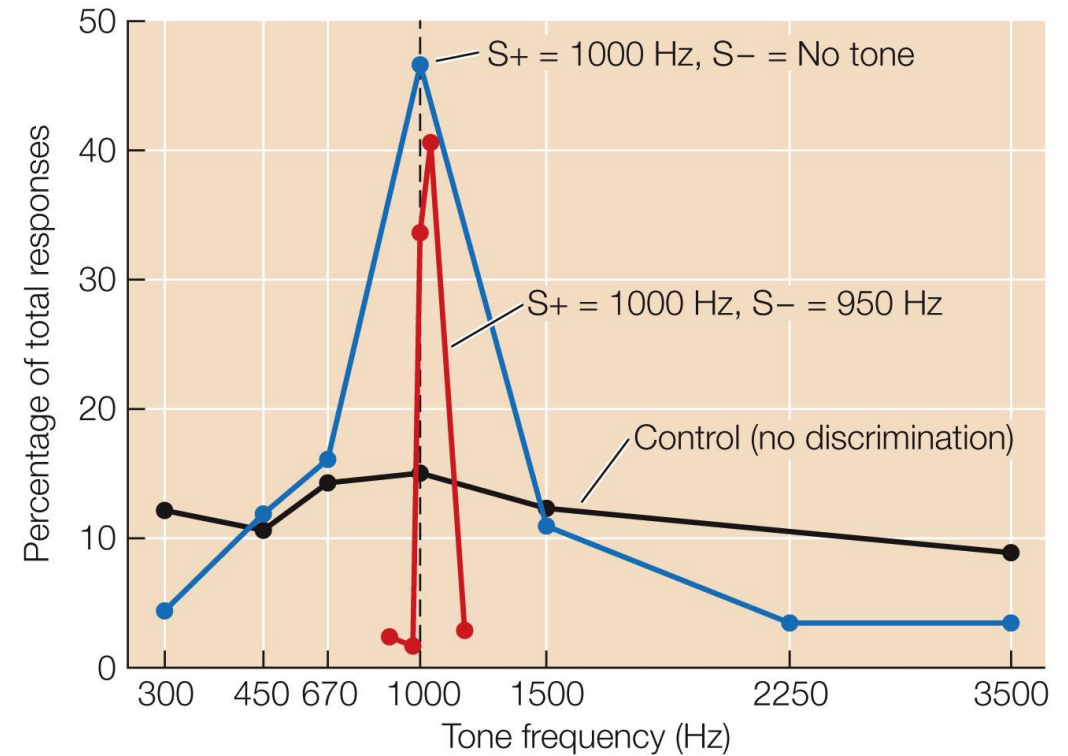
- 1000-Hz-Ton → Picken → C+
- Kein Ton → Picken → Kein C+

## Bedingung 2:

- 1000-Hz-Ton → Picken → C+
- 950-Hz-Ton → Picken → Kein C+

## Kontrollbedingung:

- 1000-Hz-Ton war immer an



LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 8.9  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

- Mussten Tiere zwischen 1000 Hz und 950 Hz Ton unterscheiden → steilerer Gradient
- Kontrollgruppe ohne Diskriminationstraining → geringe Stimuluskontrolle durch den Ton

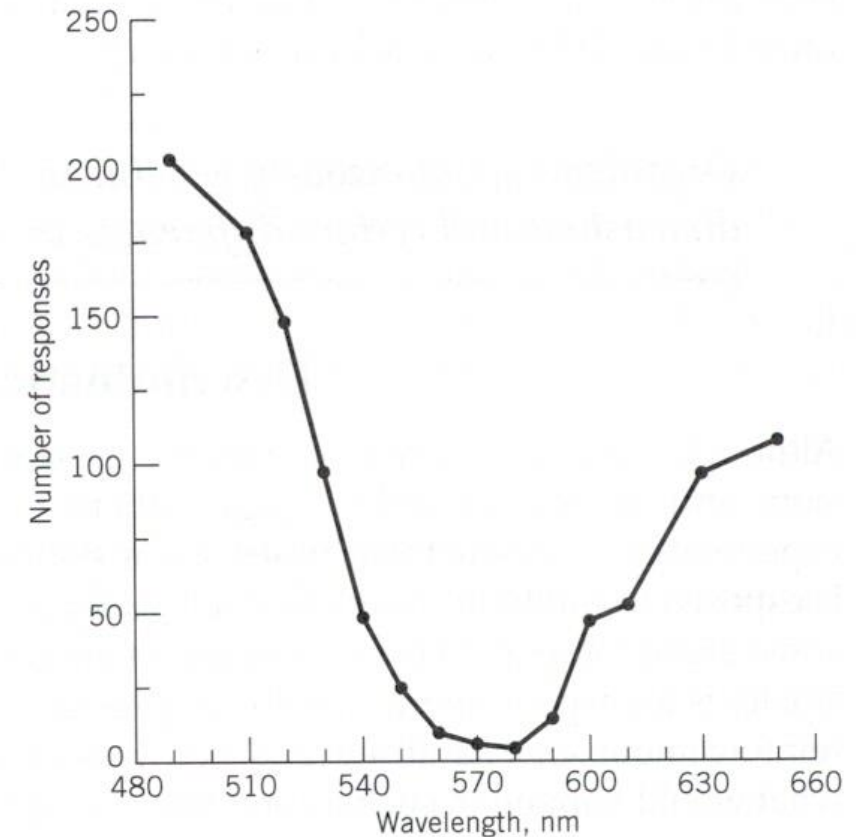
# Übungsaufgabe

Wie könnte man das Ergebnis der Experimente von Jenkins & Harrison erklären, auf der Basis von

- Rescorla und Wagners Theorie?
- Mackintoshs Aufmerksamkeitstheorie des Konditionierens?

# Negative Generalisierungsgradienten (Terrace 1972)

- Tauben wurden trainiert, bei Licht auf Scheibe zu picken, erhielten aber keine Verstärkung, wenn das Licht gelb-rot (570nm) war
- Testphase: Licht unterschiedlicher Wellenlänge



# Exzitatorische und inhibitorische Generalisierungsgradienten

**Honig et al. (1963):** Experiment mit Tauben

## Gruppe 1:

S+ : weiße Scheibe mit einer vertikalen schwarzen Linie

S- : weiße Scheibe ohne Linie

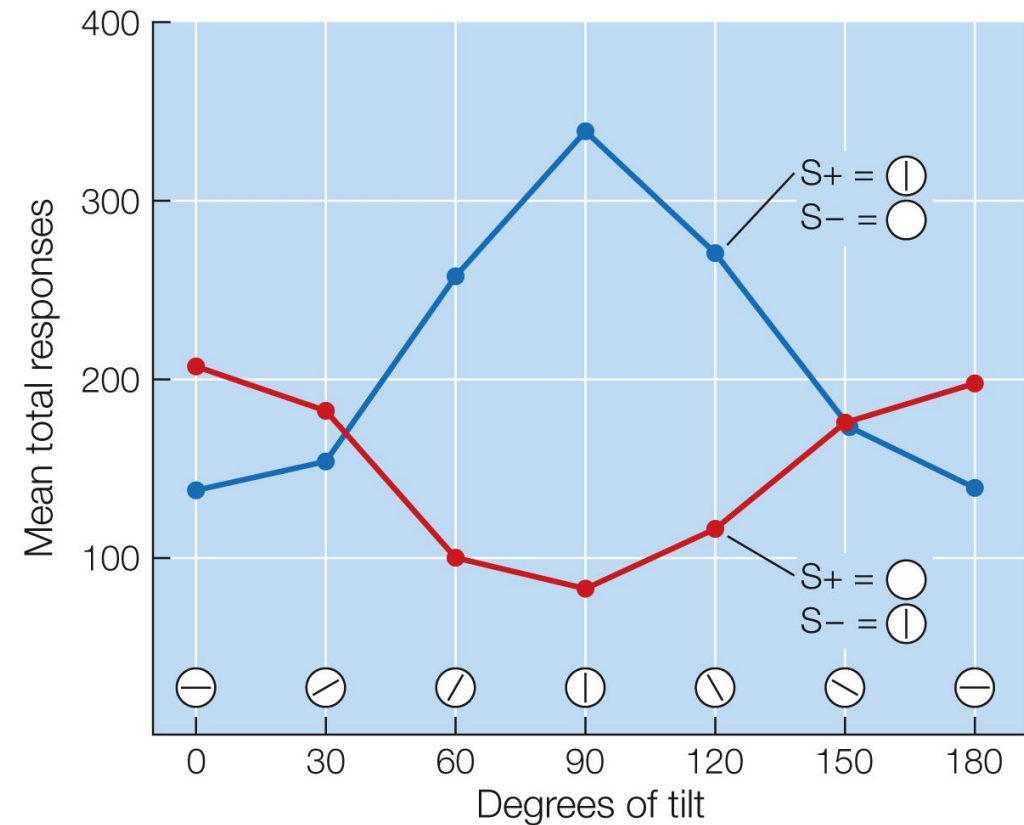
→ Exzitatorischer Generalisierungs-gradient

## Gruppe 2:

S+ = weiße Scheibe ohne Linie

S- = weiße Scheibe mit vertikaler Linie

→ Inhibitorischer Gradient



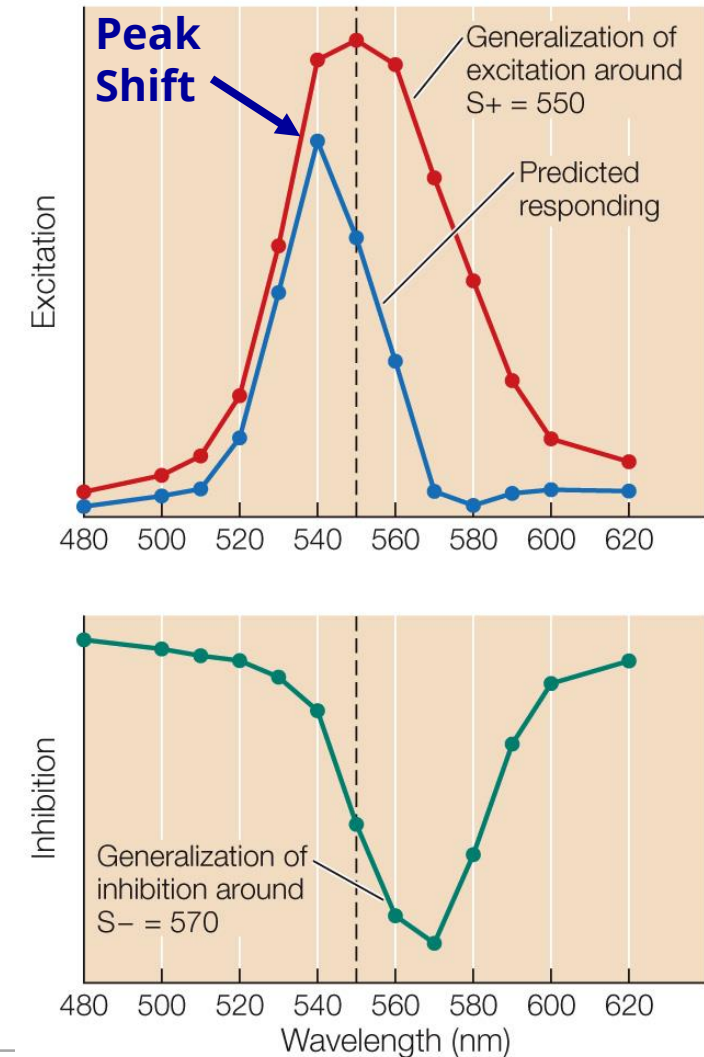
LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 8.10  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

# Interaktion von exzitatorischen und inhibitorischen Gradienten: Spences (1937) Theorie des Diskriminationslernens

- Hypothetische Gradienten nach Diskriminationstraining mit

$S+ = 550 \text{ nm}$  und  $S- = 570 \text{ nm}$

- Vorhergesagtes Verhalten = Differenz beider Gradienten
- “Peak shift” von 550 nm nach 540 nm

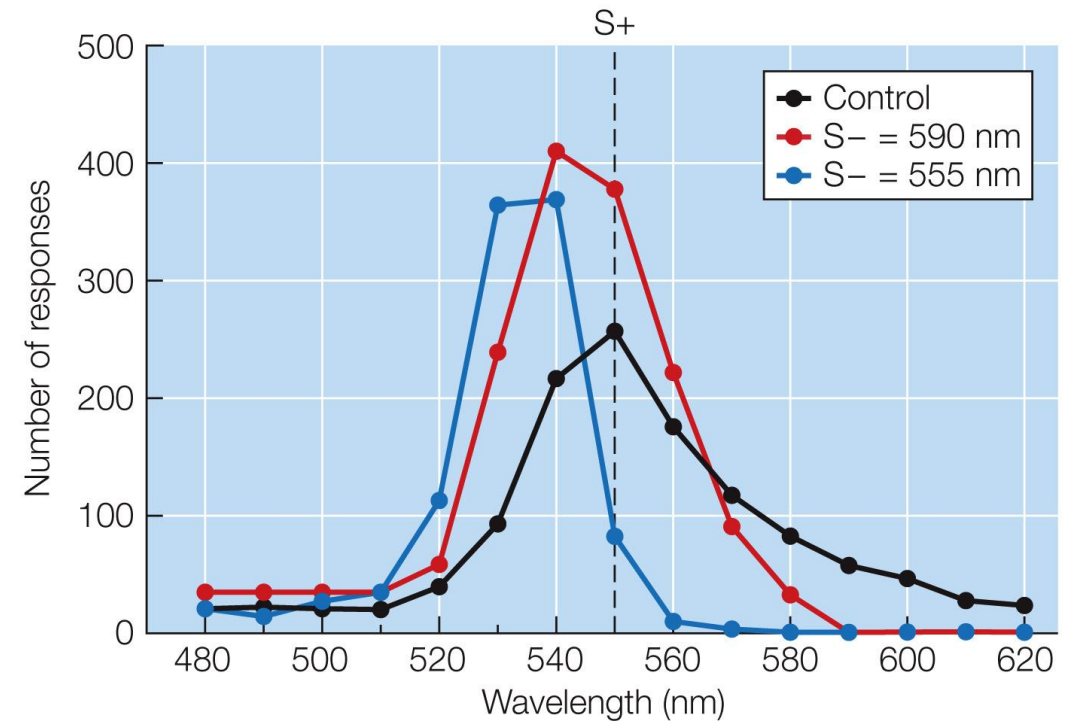


# Empirische Evidenz für einen Peak Shift

Tauben wurden verstärkt für Picken bei Licht mit 550 nm

- **Gruppe A:** keine Verstärkung bei 555 nm
- **Gruppe B:** Keine Verstärkung bei 590 nm
- **Kontrolle:** Keine Trials ohne Verstärkung

Der Peak in Gruppe A und B verlagerte sich weg vom S-  
(nach Hanson, 1959)



LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 8.12  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

# Peak shift und Anwendung von Spence's Theorie auf die Entscheidung zwischen zwei Reizen

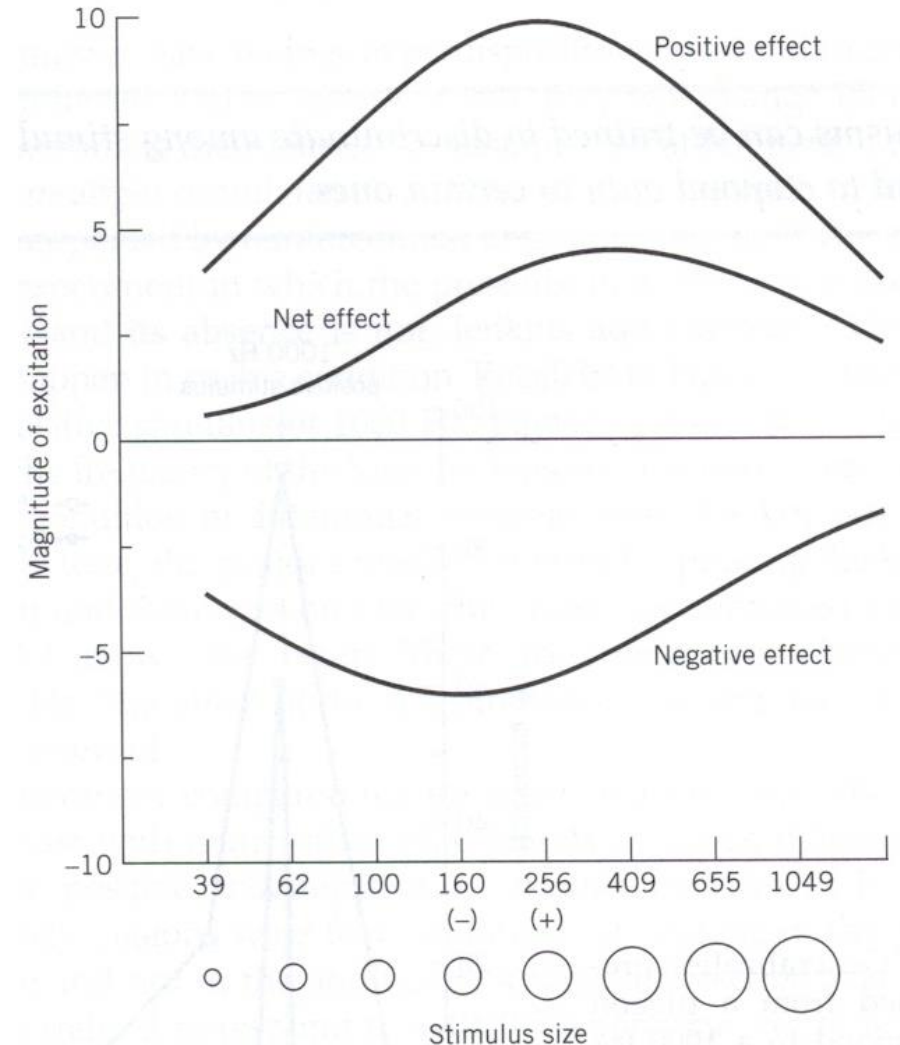
Training, zwischen Reizen von 160 und 256 cm<sup>2</sup> zu diskriminieren

Test: Tier bekommt Wahl zwischen Reizen von 256 und 409 cm<sup>2</sup>

Ergebnis: Tiere wählen am häufigsten den 409 cm<sup>2</sup> Reiz

Steht in Einklang mit Spence-Theorie

Alternative Erklärung: Tiere lernen die *Relation* zwischen den Reizen („Wähle den größeren Reiz“)



# Relationales Lernen

(Lawrence & DeRivera, 1954)

Karten in unterschiedlichen Grauschattierungen

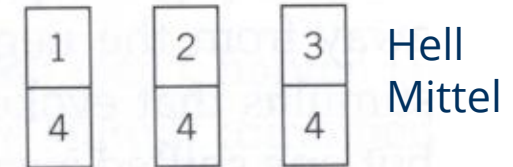
Ratten wurden trainiert,

- sich nach rechts zu drehen, wenn obere Karte heller war
- sich nach links zu drehen, wenn obere Karte dunkler war

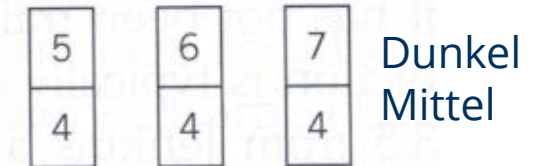
Ratten reagierten auf neue Kartenpaare nach gleicher Regel, obwohl die einzelnen Karten im Training mit der jeweils anderen Reaktion assoziiert worden waren

(1 = weiß; 7 = schwarz)

Training stimuli for right turn

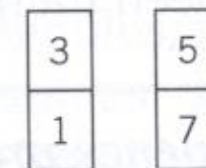


Training stimuli for left turn



Test stimuli

Ratten drehen  
sich nach links



Ratten drehen  
sich nach rechts

→ **Tiere lernten relationale Information!**

# Lernen von Kategorien

Lebewesen lernen, auf Kategorien von Objekten (statt auf einzelne Reizmerkmale) zu reagieren

Herrnstein et al. (1976): Diskriminationslernen bei Tauben

- Tauben wurden über 1500 Fotos gezeigt
- Tauben erhielten Belohnung, wenn sie in Anwesenheit einer bestimmten Reizkategorie pickten (z.B. Bäume, Wasser, eine bestimmte Person)
- Reize einer Kategorie unterschieden sich in Orientierung, Größe, Farbe, Ort etc.

Die Tauben lernten die Reize überzufällig korrekt zu kategorisieren

Das Verhalten generalisierte auf neue Exemplare einer Kategorie

Andere Studien zeigten dies für weitere Kategorien

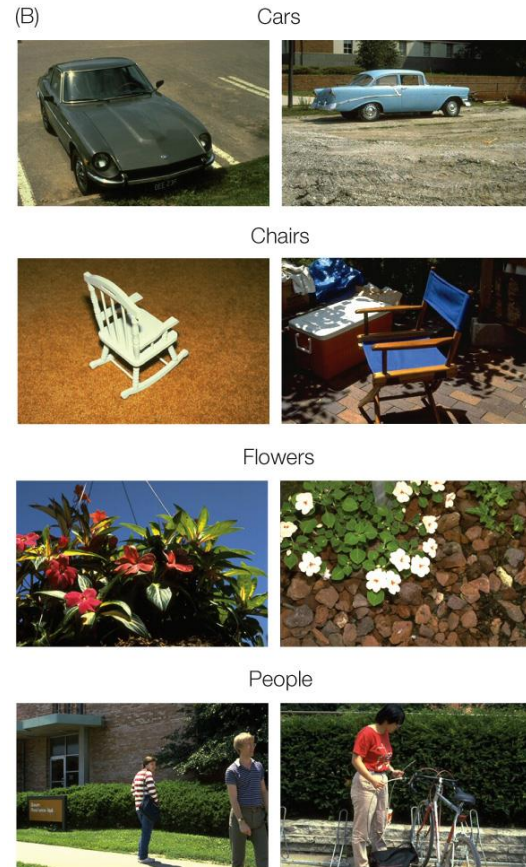
- Menschen vs. keine Menschen
- Fische vs. keine Fische in Unterwasserfotos
- Tiere vs. keine Tiere
- Monet vs. Picasso



LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 8.2  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

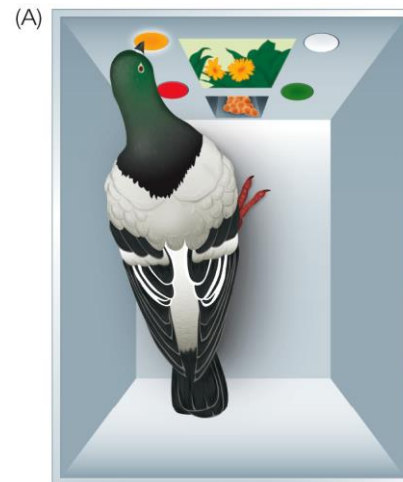
# Simultane Unterscheidung multipler Kategorien bei Tauben

Bhatt et al. (1988)



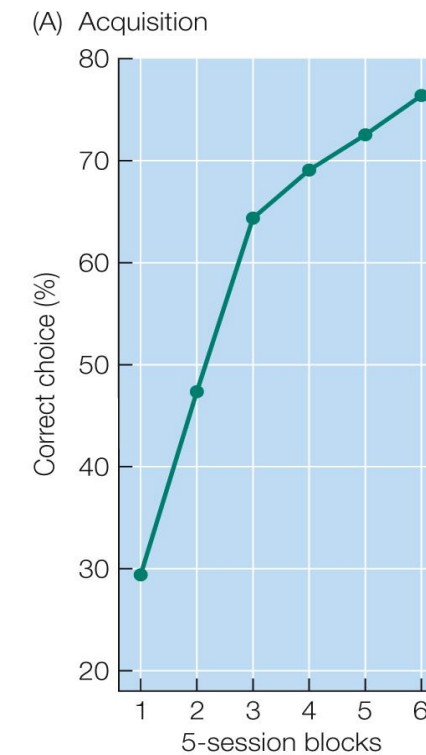
LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 8.3 (Part 2)  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

- Tauben konnten auf vier Scheiben picken
- Für jede Scheibe führte Picken nur dann zu einer Belohnung, wenn ein Bild aus einer bestimmten von vier Kategorien (Autos, Stühle, Blumen und Menschen) anwesend war

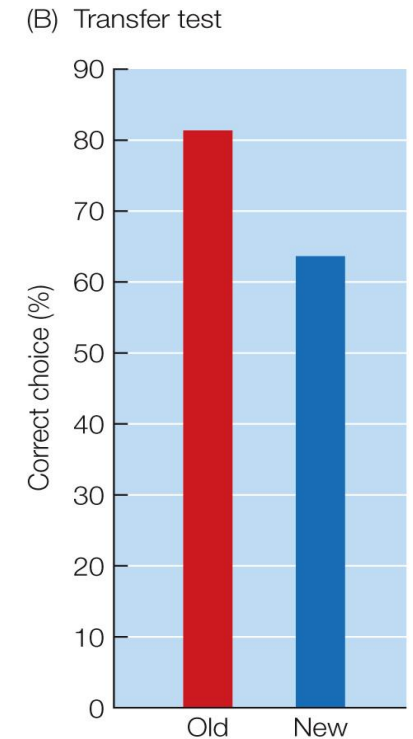


LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 8.3 (Part 1)  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

- Die Tauben lernten, simultan zwischen den vier Kategorien zu unterscheiden
- Die gelernte Kategorisierung wurde auf neue Exemplare der Kategorien generalisiert



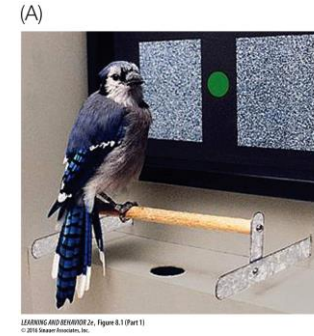
LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 8.4 (Part 1)  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.



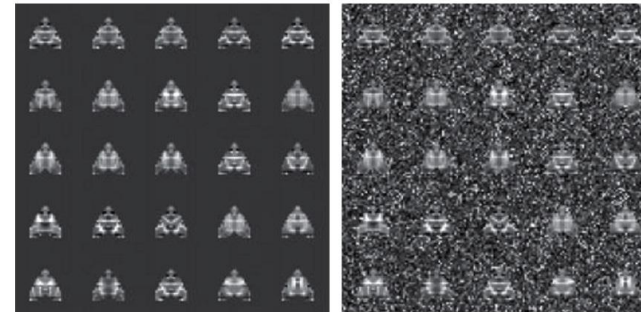
LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 8.4 (Part 2)  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

# Stimuluskontrolle, Kategorienlernen und simulierte Evolution

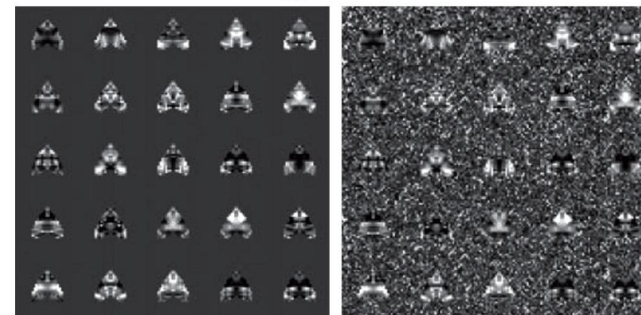
- In jedem Versuchsdurchgang wurde ein verdraushtes Display gezeigt, das eine künstliche Motte enthielt oder nicht
- Vögel wurden verstärkt, wenn sie auf Displays pickten, die eine Motte enthielten
- Motten, die von den Vögeln entdeckt wurden, wurden aus der Population entfernt
- Motten, die nicht entdeckt wurden, wurden mit geringeren Veränderungen in der nächsten Population reproduziert
- Im Verlauf mehreren Lernsessions wurden die Motten zunehmend kryptischer und variabler in ihren Merkmalen



(B) Parental population ( $P_0$ )



Experimental results ( $F_{100}$ )



LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 8.1 (Part 2)  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

**Obere Abb.:** Beispiele für Motten aus einer Population, die zu Beginn des Experiments dargeboten wurden

**Untere Abb.:** Beispiele für Motten am Ende des Experiments (= virtuelle Nachkommen von Motten, die über viele Sessions evolvierten)

