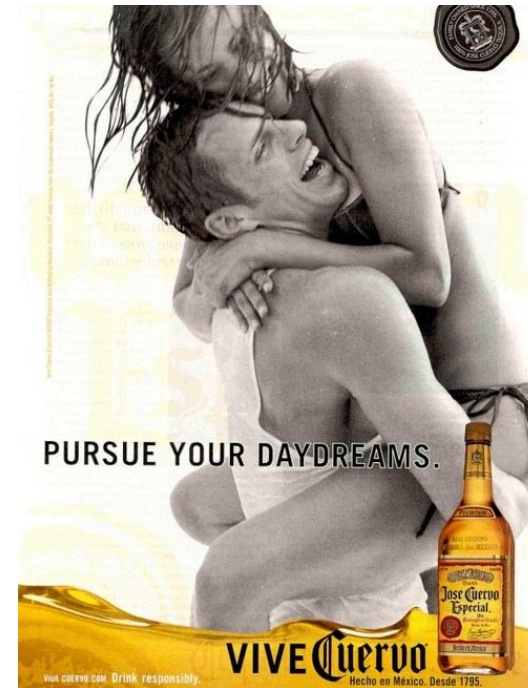


Vorlesung Lernen und Gedächtnis
Modul A2

Klassisches Konditionieren I

Wie lernen Lebewesen, bedeutsame Ereignisse vorherzusagen?

Prof. Dr. Thomas Goschke



Überblick

Grundprinzip des Klassischen Konditionieren

Varianten

- Lidschlagkonditionierung
- Furchtkonditionierung

Grundlegende Phänomene

- Akquisition, Extinktion, Spontanerholung
- Disinhibition, Rekonditionierung, Renewal, Reinstatement
- Effekte der zeitlichen CS-US-Relation
- Generalisierung und Diskrimination

Was wird gelernt

- Was ist die konditionierte Reaktion?
- S-R Lernen oder S-S Lernen?
- Kontiguität oder Kontingenz?
- Konditionierte Inhibition
- Blockierung und konfigurales Lernen

Das Rescorla-Wagner-Modell

Biologische Einschränkungen

Iwan Pawlow (1849-1936)

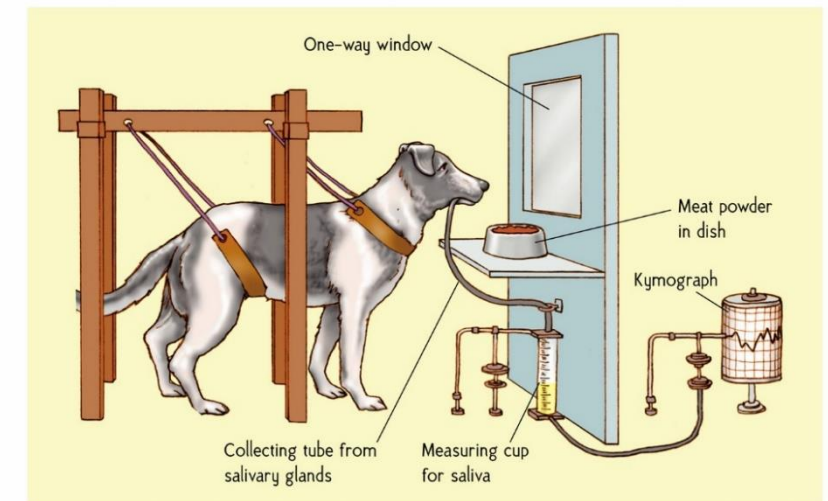
Studium der Chemie und Physiologie in Petersburg

Forschung über Physiologie des Verdauungssystems

1888 Entdeckung der Nerven, die die
Bauchspeicheldrüse stimulieren

1904 Nobelpreis für Physiologie oder Medizin für seine
Arbeiten zur Verdauung

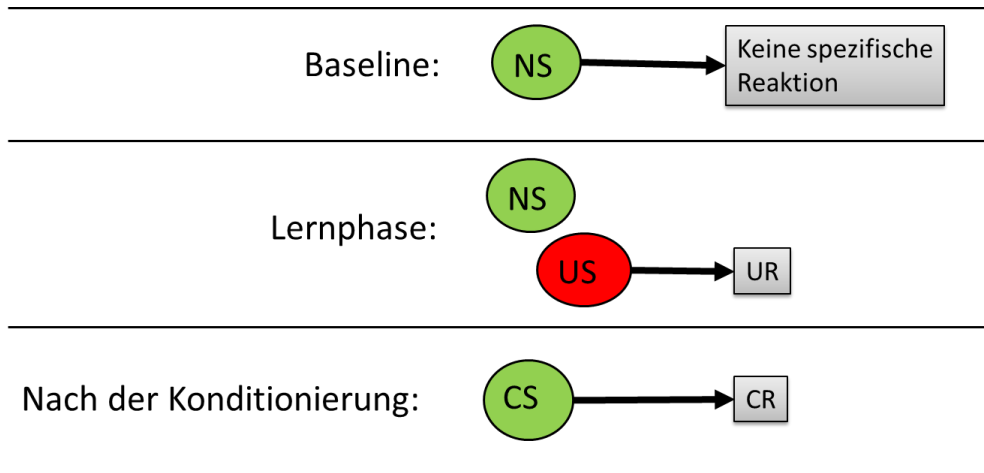
Einige Jahre zuvor Entdeckung des „bedingten Reflexes“



© Zimbardo & Gerrig (2004)

Psychological Science, 2nd Edition
Copyright © W. W. Norton & Company

Prinzip der Klassischen Konditionierung



US: unconditionierter (unbedingter) Stimulus

- löst angeborene Reaktion ohne vorheriges Lernen aus

UR: unconditionierte (unbedingte) Reaktion

- die durch den US ausgelöste Reaktion

CS: konditionierter (bedingter) Stimulus

- Reiz, der anfänglich die UR nicht auslöst und als Folge der Paarung mit einem US eine CR auslöst

CR: konditionierte (bedingte) Reaktion

- durch den CS ausgelöste Reaktion

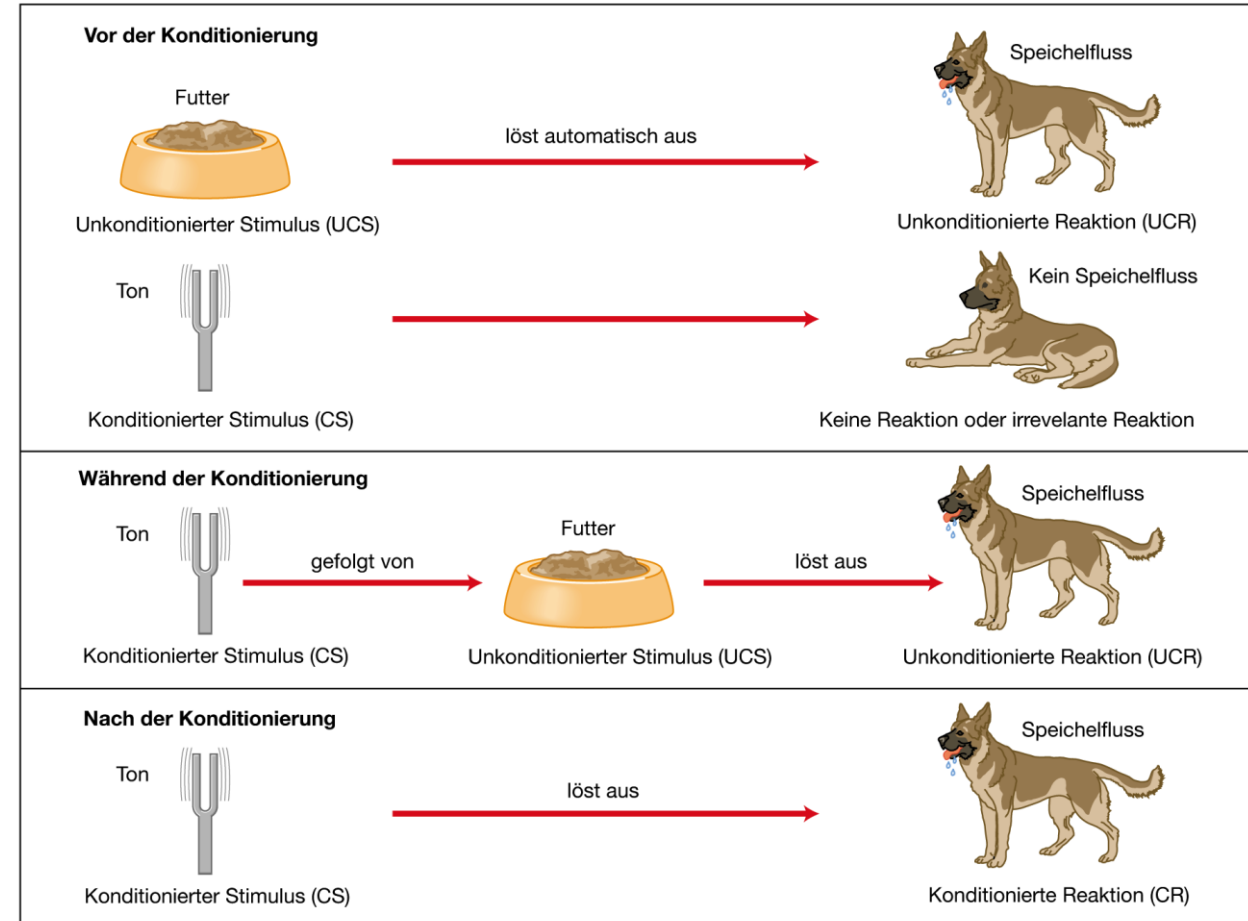
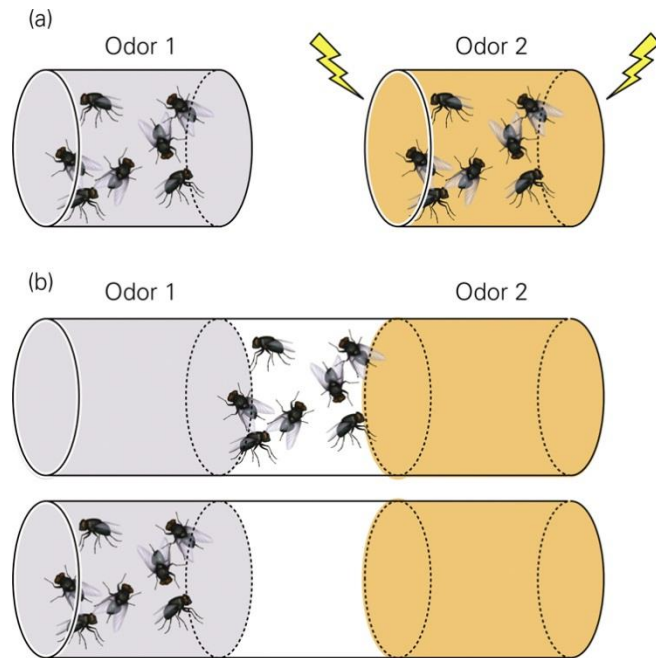


Abbildung 7.2: Grundlegende Merkmale des klassischen Konditionierens

Vor dem Konditionieren löst der unconditionierte Stimulus (UCS) natürlicherweise die unconditionierte Reaktion (UCR) aus. Ein neutraler Stimulus, beispielsweise ein Ton, besitzt keine auslösende Funktion. Während des Konditionierens wird der neutrale Stimulus mit dem UCS gepaart. Durch die Assoziation mit dem UCS wird der neutrale Stimulus zu einem konditionierten Stimulus (CS) und löst eine konditionierte Reaktion (CR) aus, die der UCR ähnlich ist.

Klassische Konditionierung ist ein phylogenetischer alter Lernmechanismus

Geruchskonditionierung bei Fliegen



Dudai et al. (1976). *PNAS*

© Worth Publ.

Konditionierung des Kiemenrückziehreflexes bei der Meeresschnecke *Aplysia*



Überblick

Grundprinzip des Klassischen Konditionieren

Varianten

- **Lidschlagkonditionierung**
- Furchtkonditionierung

Grundlegende Phänomene

- Akquisition, Extinktion, Spontanerholung
- Disinhibition, Rekonditionierung, Renewal, Reinstatement
- Effekte der zeitlichen CS-US-Relation
- Generalisierung und Diskrimination

Was wird gelernt

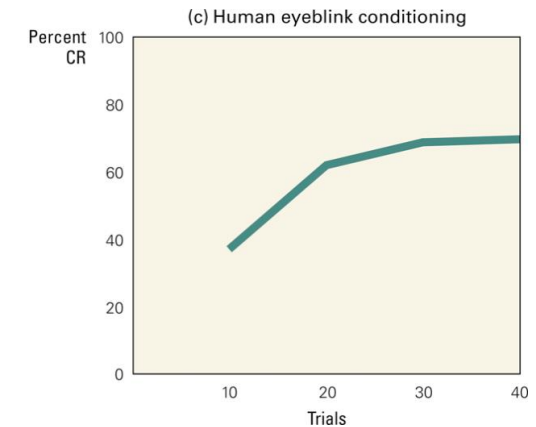
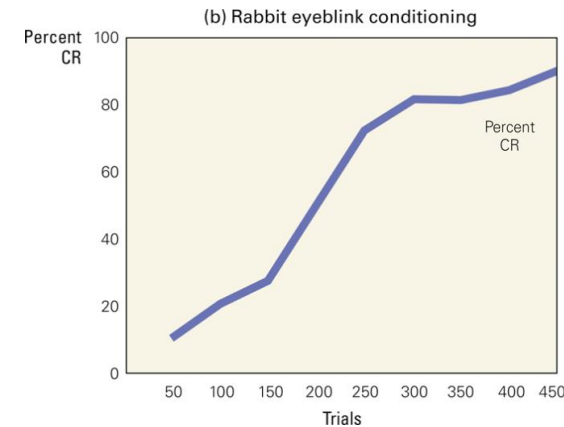
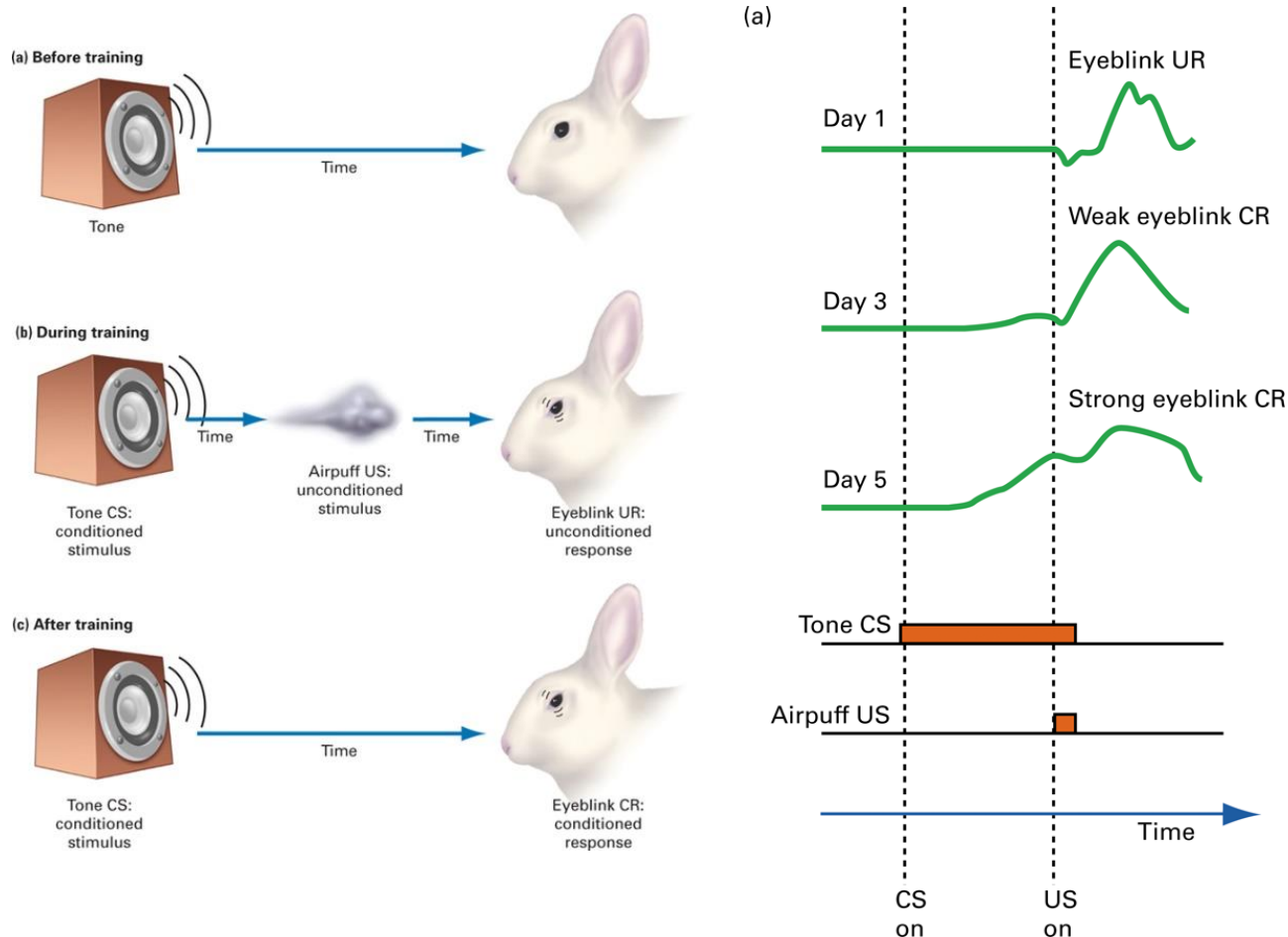
- Was ist die konditionierte Reaktion?
- S-R Lernen oder S-S Lernen?
- Kontiguität oder Kontingenz?
- Konditionierte Inhibition
- Blockierung und konfigurales Lernen

Das Rescorla-Wagner-Modell

Biologische Einschränkungen

Lidschlagkonditionierung

- Ein schwacher Luftstoß (US) aufs Auge löst Lidschlußreaktion (UR) aus
- Nach einigen Paarungen des Luftstoßes mit einem Ton (CS) löst der Ton allein den Lidschluß (CR) aus



Überblick

Grundprinzip des Klassischen Konditionieren

Varianten

- Lidschlagkonditionierung
- **Furchtkonditionierung**

Grundlegende Phänomene

- Akquisition, Extinktion, Spontanerholung
- Disinhibition, Rekonditionierung, Renewal, Reinstatement
- Effekte der zeitlichen CS-US-Relation
- Generalisierung und Diskrimination

Was wird gelernt

- Was ist die konditionierte Reaktion?
- S-R Lernen oder S-S Lernen?
- Kontiguität oder Kontingenz?
- Konditionierte Inhibition
- Blockierung und konfigurales Lernen

Das Rescorla-Wagner-Modell

Biologische Einschränkungen

Furchtkonditionierung: Konditionierte emotionale Reaktionen

Prozedur

- Phase 1: Ratte wird trainiert Hebel zu drücken, um Futter zu bekommen
- Phase 2: CS (2 Min. Ton) gefolgt von US (leichter Stromschlag)
- Phase 3: CS ohne Schock

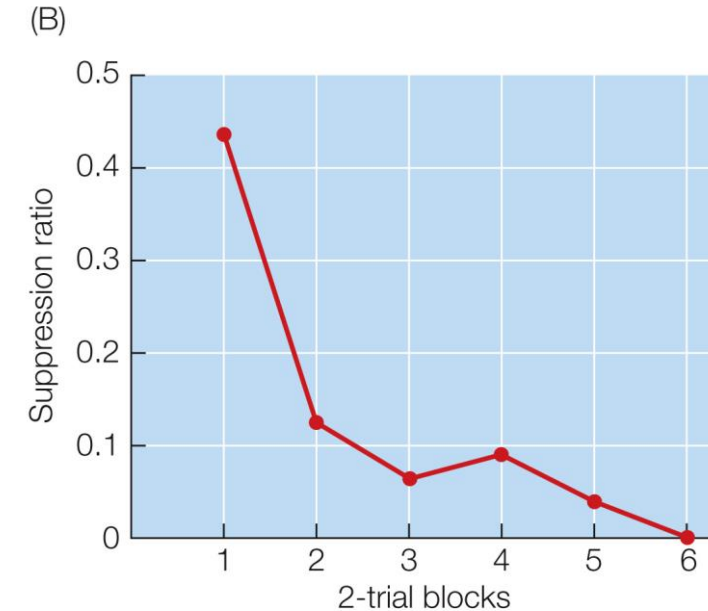
Konditionierte emotionale Reaktion

- Unterdrückung (Suppression) des aktuellen Verhaltens („Einfrieren“)

Suppressionsrate =

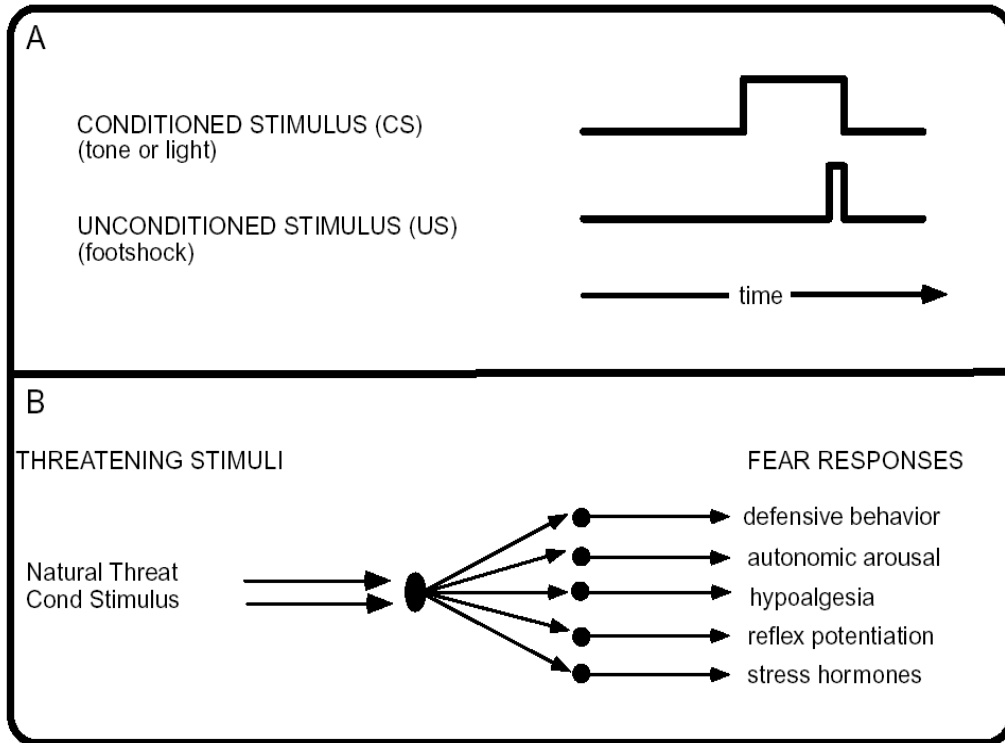
(Reaktionen während CS) / (Reaktionen während CS + Basisrate)

- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| $100/(100+100) = 0.5$ | → keine Suppression |
| $50/(50+100) = 0.33$ | → teilweise Suppression |
| $0/(0+100) = 0$ | → vollständige Suppression |

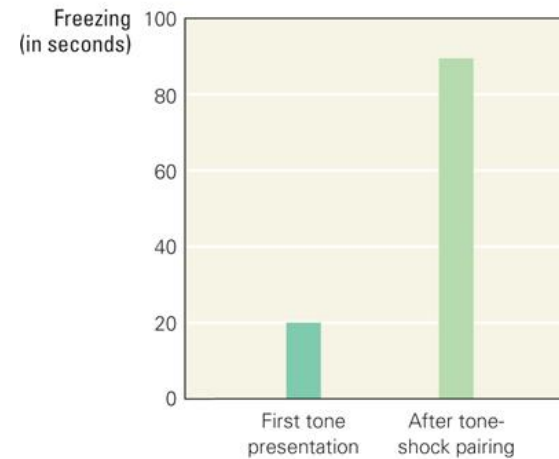


LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 3.6 (Part 2)
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

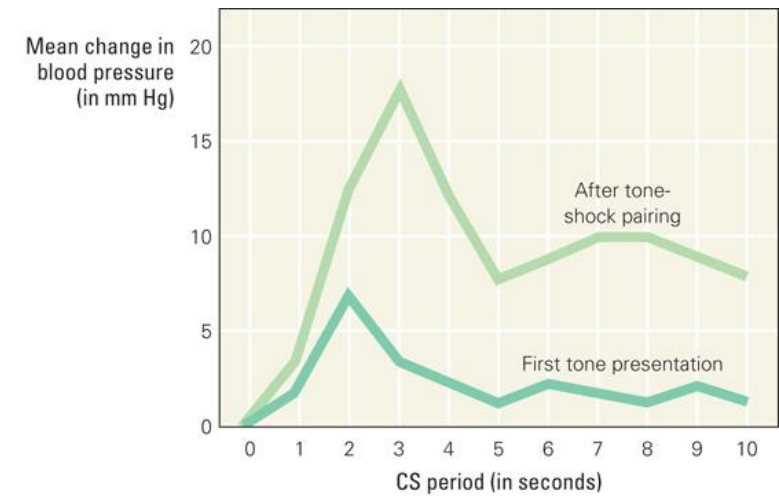
Furchtkonditionierung: Konditionierte emotionale Reaktionen



CS: 10 Sek. Ton
US: Stromstoß



(a)



(b)

Konditionierte Furchtreaktionen beim Menschen

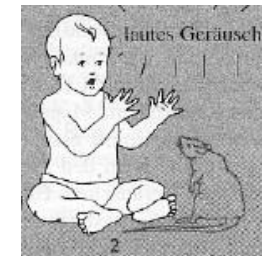
Der kleine Albert (Watson und Rayner, 1920)

Klassisches Experiment von Watson & Rayner (1920)

Nach heutigen Standards aus vielen Gründen ethisch extrem fragwürdig!

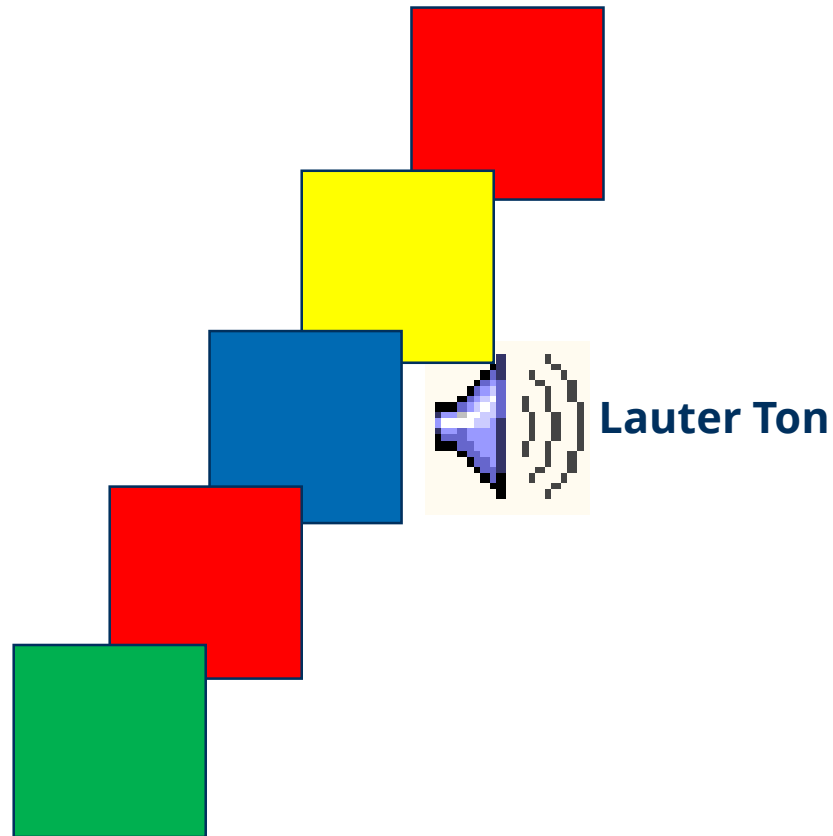
9 Monate alter Säugling, der keine Angst vor einer weißen Ratte zeigte (= NS)

- Konditionierung: weiße Ratte (CS) + lautes Geräusch (Schlag auf Eisenstange) (US)
- Nach 2 CS-US-Paarungen wollte Albert die Ratte nicht mehr anfassen
- Nach 7 Paarungen Angstreaktion auf die Ratte (Albert schreit, versucht weg zu krabbeln) (CR)
- Generalisierung: Angstreaktion auch auf Hasen, Hund, Nikolausmaske, Pelzmantel
- Angstreaktion auch noch nach 1 Monat



Konditionierte emotionale Reaktionen

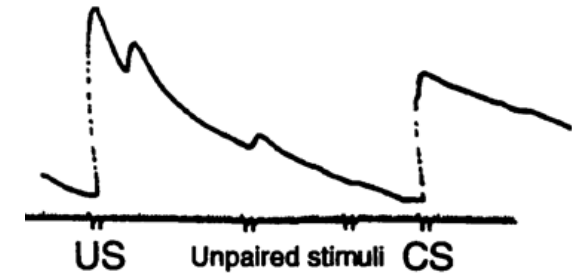
Konditionierung der elektrodermalen Reaktion



Lernphase



Kein Ton



Erhöhte elektrodermale Reaktion (CR) auf das blaue Dia (CS) = Indikator für körperliche Erregungsreaktion

Testphase

Vier Paradigmen des klassischen Konditionierens

Widely used classical conditioning procedures

	Appetitive conditioning			
	Unconditioned stimulus, US	Unconditioned response, UR	Conditioned stimulus, CS	Conditioned response, CR
Pavlov's dog	Food	Salivation	Bell	Salivation

	Aversive conditioning			
	Unconditioned stimulus, US	Unconditioned response, UR	Conditioned stimulus, CS	Conditioned response, CR
Fly shock	Shock	Attempt to escape	Odor	Attempt to escape
Conditioned emotional response	Shock	Freezing	Tone	Freezing
Eyeblink conditioning	Airpuff	Blink	Tone	Blink

Welche Stimuli können als CS oder US fungieren?

- US: biologisch relevante Reize, die angeborenermaßen appetitiv (z.B. Futter) oder aversiv (z.B. Elektroschock) sind
- CS: nahezu beliebige Stimuli in der Umwelt

Alltagsrelevanz des klassischen Konditionierens

Viele menschliche Reaktionen lassen sich auf klassische Konditionierungen zurückführen

- Konditionierte Furcht: Berühren einer heißen Herdplatte
- Konditionierte Geschmacksaversion: Sie essen ein verdorbenes Pilzrisotto und Ihnen wird entsetzlich übel
- Spezifische Phobien
- Reizinduziertes Verlangen (cue-induced craving) und Bildung von Habits (S-R-Assoziationen) bei Drogensucht
- Klassische Konditionierung des Immunsystems



Überblick

Grundprinzip des Klassischen Konditionieren

Varianten: Lidschlagkonditionierung u. Furchtkonditionierung

Grundlegende Phänomene

- **Akquisition, Extinktion, Spontanerholung**
- Disinhibition, Rekonditionierung, Renewal, Reinstatement
- Effekte der zeitlichen CS-US-Relation
- Generalisierung und Diskrimination

Was wird gelernt

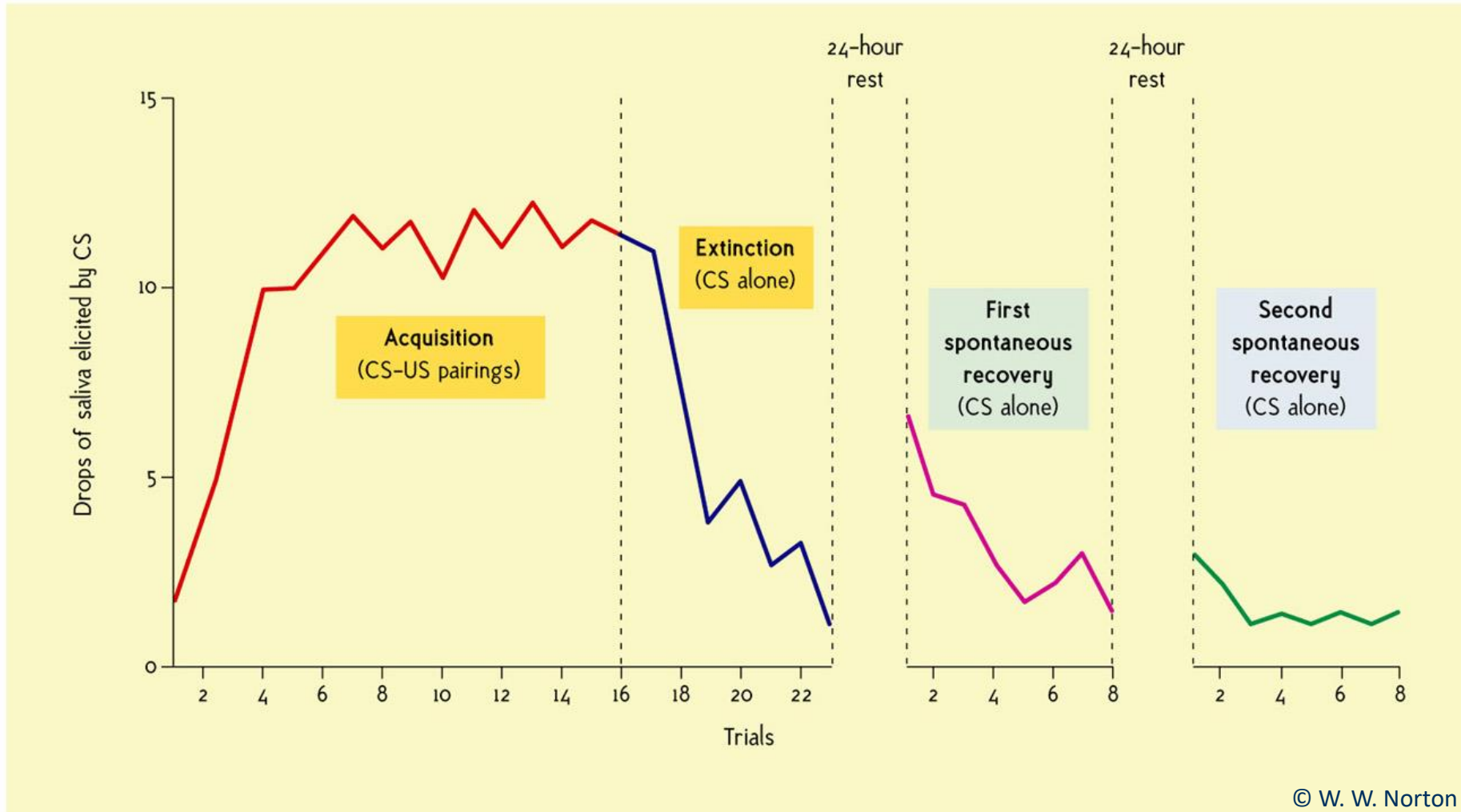
- Was ist die konditionierte Reaktion?
- S-R Lernen oder S-S Lernen?
- Kontiguität oder Kontingenz?
- Konditionierte Inhibition
- Blockierung und konfigurales Lernen

Das Rescorla-Wagner-Modell

Biologische Einschränkungen

Akquisition, Extinktion und Spontanerholung

Extinktion: Reduktion einer konditionierten Reaktion auf einen Stimulus als Folge davon, dass der Stimulus nicht länger mit dem US gepaart wird



© W. W. Norton

Spontanerholung: Theoretische Erklärungen

Inhibition (Konorski, 1948)

- Während der Extinktion wird eine inhibitorische Assoziation ($CS \rightarrow \neg US$) aufgebaut
- Diese inhibitorische Assoziation zerfalle schneller als die exzitatorische CS-US-Assoziation

Selektive Aufmerksamkeit

- In der Extinktionsphase lernt das Lebewesen, dem CS keine Aufmerksamkeit mehr zu schenken
- Nach längerer Pause erregt der CS für kurze Zeit wieder Aufmerksamkeit

Ambiguität und Kontextabhängigkeit (Capaldi, 1966)

- CS wird ein ambiger Reiz, der sowohl mit der An- und der Abwesenheit des US assoziiert ist
- Ob der CS die CR auslöst oder nicht, hängt vom Kontext ab

Weitere Evidenz dafür dass Extinktion nicht zur Auslöschung der CS-US-Assoziation führt

Disinhibition

Rekonditionierung

Kontextabhängige Erneuerung (renewal)

Reinstatement

Überblick

Grundprinzip des Klassischen Konditionieren

Varianten: Lidschlagkonditionierung u. Furchtkonditionierung

Grundlegende Phänomene

- Akquisition, Extinktion, Spontanerholung
- **Disinhibition, Rekonditionierung, Renewal, Reinstatement**
- Effekte der zeitlichen CS-US-Relation
- Generalisierung und Diskrimination

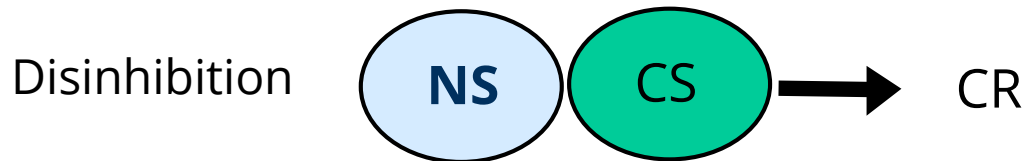
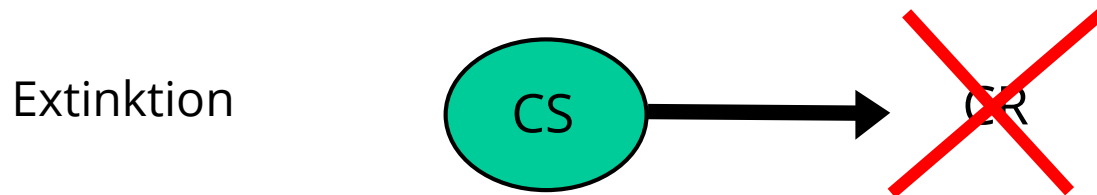
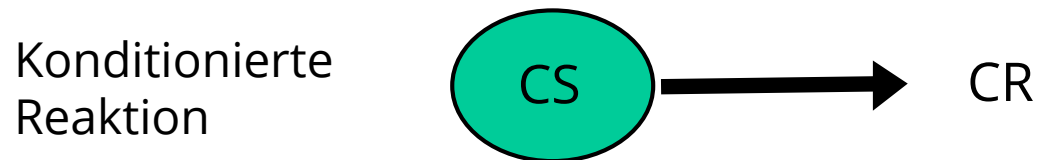
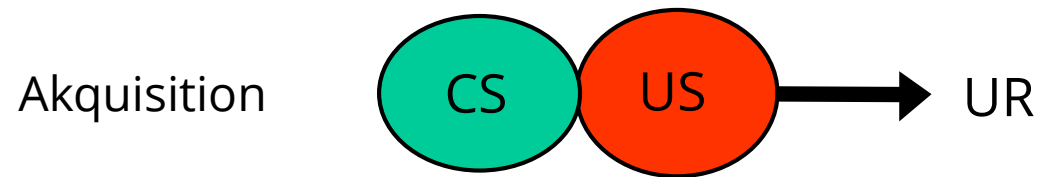
Was wird gelernt

- Was ist die konditionierte Reaktion?
- S-R Lernen oder S-S Lernen?
- Kontiguität oder Kontingenz?
- Konditionierte Inhibition
- Blockierung und konfigurales Lernen

Das Rescorla-Wagner-Modell

Biologische Einschränkungen

Disinhibition



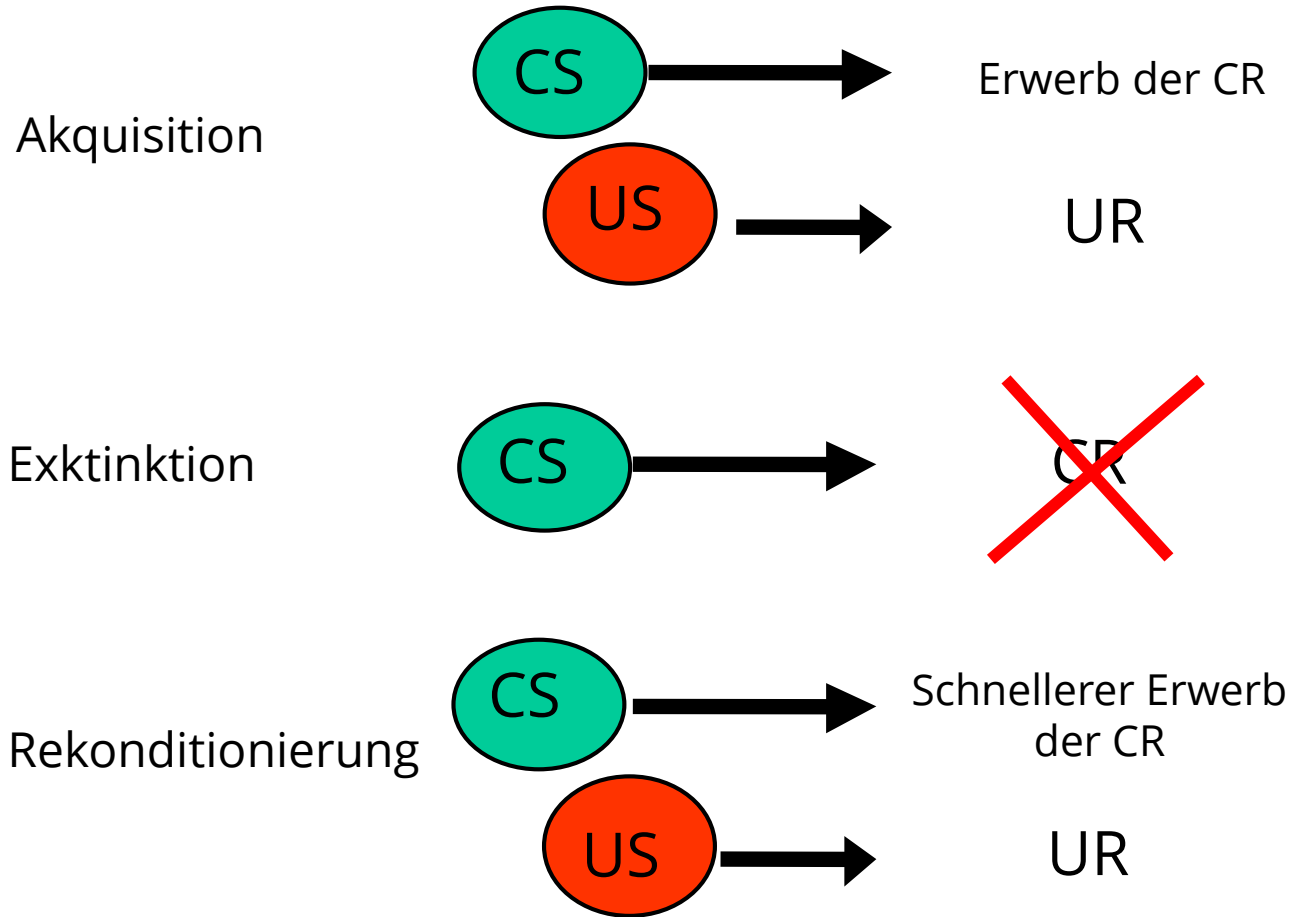
Neuer neutraler Reiz

Wird nach der Extinktion der CS mit einem neuen neutralen Stimulus gepaart, löst er die CR wieder aus

→ Spricht gegen die Annahme, dass die CS-US-Assoziation während der Extinktion ausgelöscht wurde

→ Spricht eher dafür, dass das Lebewesen während der Extinktion lernt, dem CS keine Aufmerksamkeit mehr zuzuwenden

Rekonditionierung



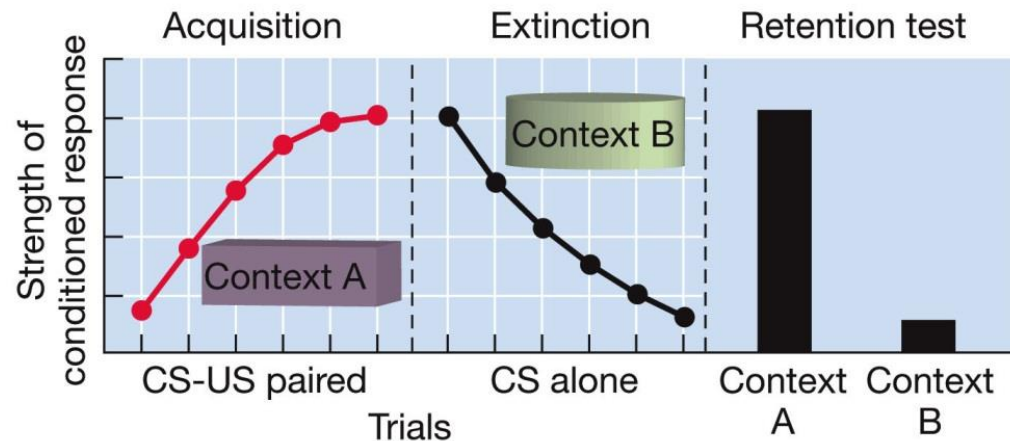
Wird nach Extinktion der CS erneut mit dem US gepaart, wird die CR schneller erworben als bei der ursprünglichen Konditionierung

→ Spricht gegen die Annahme, dass die CS-US-Assoziation während der Extinktion ausgelöscht wurde

Weitere Evidenz, dass Extinktion nicht zur permanenten Löschung der CS-US-Assoziation führt

Kontextabhängige Erneuerung (*renewal*)

(B) Renewal effect

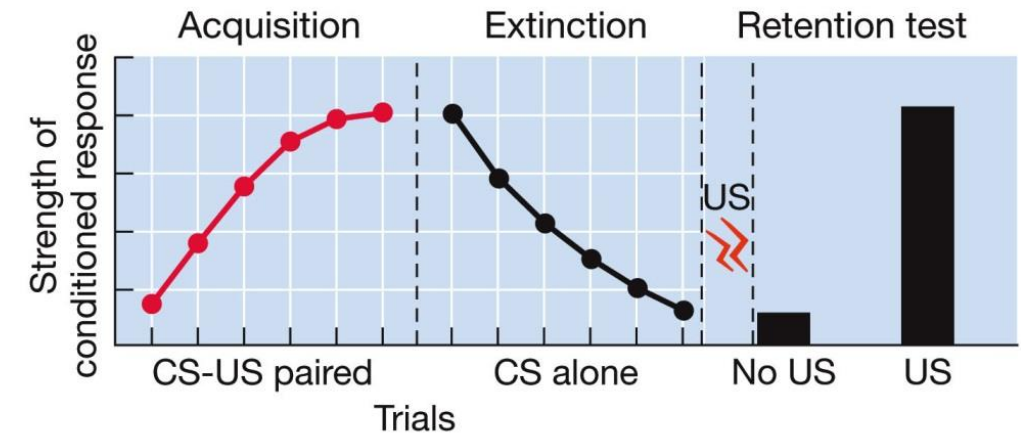


Neurobiology of Learning and Memory, Figure 16.10 (Part 2)

© 2008 Sinauer Associates, Inc.

Wiederherstellung (*reinstatement*) nach erneuter Darbietung des US

(C) Reinstatement effect



Neurobiology of Learning and Memory, Figure 16.10 (Part 3)

© 2008 Sinauer Associates, Inc.

Schlussfolgerungen für das Konzept der Löschung

Extinktion $\neq$ Auslöschung gelernter Assoziationen

Evidenz:

- Spontanerholung
- Disinhibition
- Rekonditionierung
- Renewal und Reinstatement

Mögliche Erklärung:

- Aufbau einer neuen Assoziation (CS $\rightarrow$ $\neg$ US)
- Hemmung der alten CS-US-Assoziation

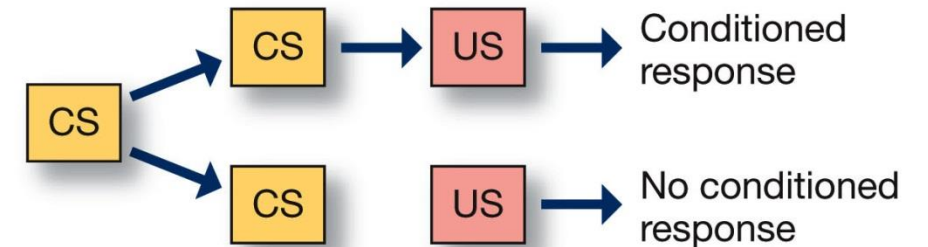
Anwendung im Alltag

- Erklärt z.T., warum konditionierte Furchtreaktionen nach Extinktion wieder auftauchen können (z.B. unter Stress)
- Erklärt z.T., warum es zu Rückfall bei Substanzabhängigkeit kommen kann

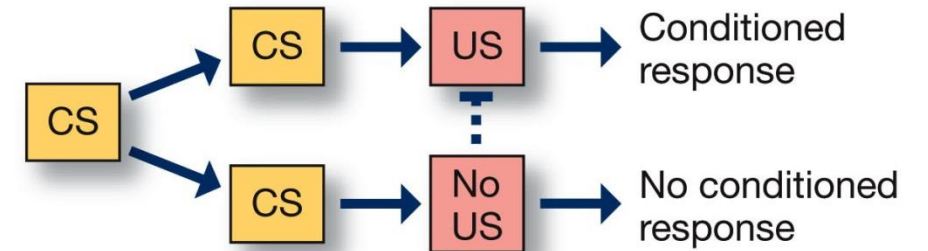
Neuronale Mechanismen

- Orbitofrontaler Kortex ist an Hemmung konditionierter Furchtreaktionen beteiligt (LeDoux, 2000)
- Hippokampales System ist an kontextabhängiger Konditionierung beteiligt

(A) Associative loss hypothesis



(B) Competing memory hypothesis



Neurobiology of Learning and Memory, Figure 16.9

© 2008 Sinauer Associates, Inc.

Überblick

Grundprinzip des Klassischen Konditionieren

Varianten: Lidschlagkonditionierung u. Furchtkonditionierung

Grundlegende Phänomene

- Akquisition, Extinktion, Spontanerholung
- Disinhibition, Rekonditionierung, Renewal, Reinstatement
- **Effekte der zeitlichen CS-US-Relation**
- Generalisierung und Diskrimination

Was wird gelernt

- Was ist die konditionierte Reaktion?
- S-R Lernen oder S-S Lernen?
- Kontiguität oder Kontingenz?
- Konditionierte Inhibition
- Blockierung und konfigurales Lernen

Das Rescorla-Wagner-Modell

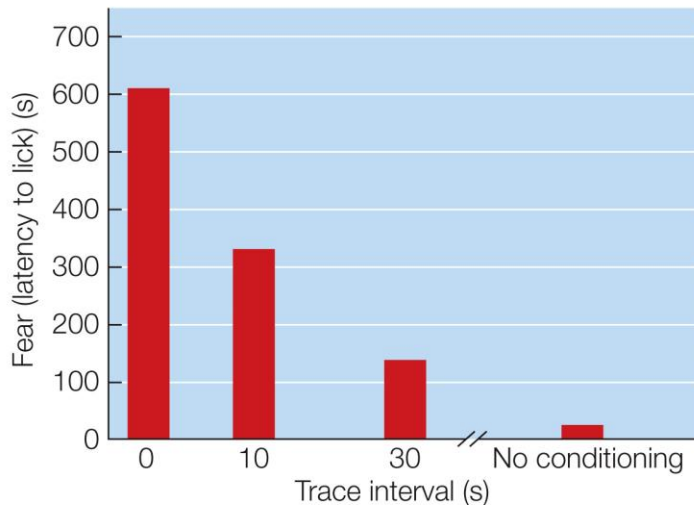
Biologische Einschränkungen

Effekte des CS-US Intervalls auf die Konditionierung

Furchtkonditionierung in Ratten

Ton wurde mit Schock gepaart, der nach unterschiedlichen Zeitintervallen auf den Ton folgte

(A) Fear conditioning in rats



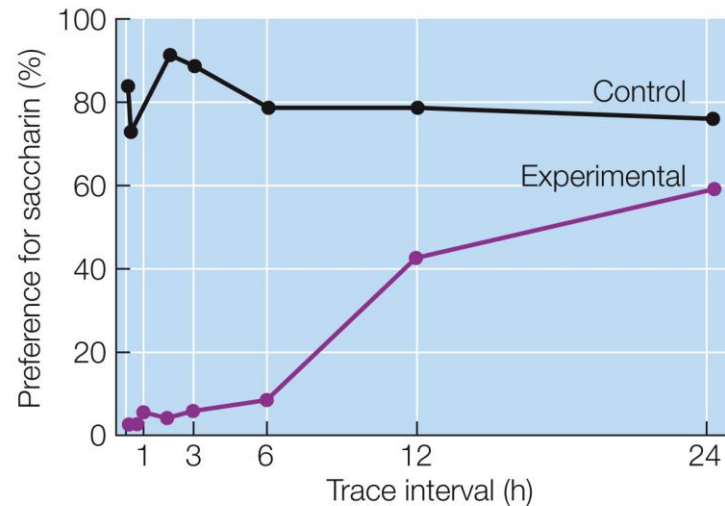
LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 2.16 (Part 1)
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

(Marlin, 1981)

Geschmacksaversionslernen

- Ratten erhielten Zuckerlösung allein oder Zuckerlösung, die nach unterschiedlichen Zeitintervallen von einer induzierten Übelkeit gefolgt wurde
- Im Test konnten die Ratten zwischen Zuckerlösung und Wasser wählen

(C) Taste aversion in rats

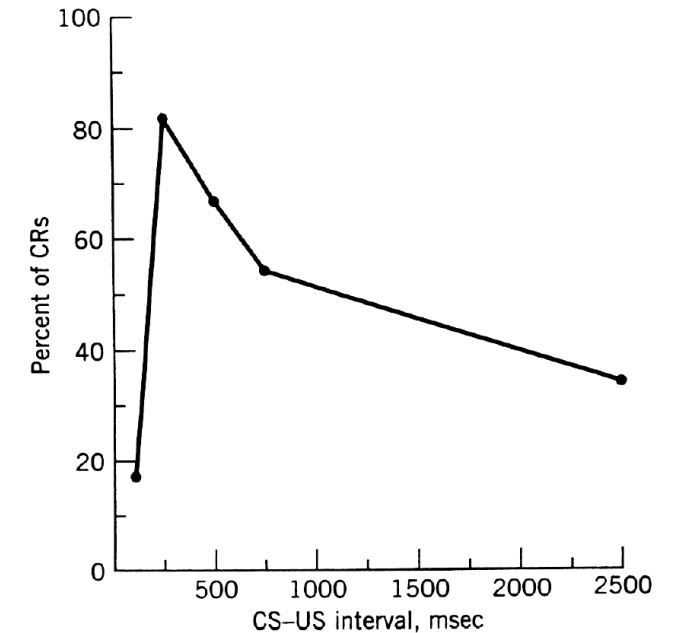


LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 2.16 (Part 3)
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

(Smith & Roll, 1967)

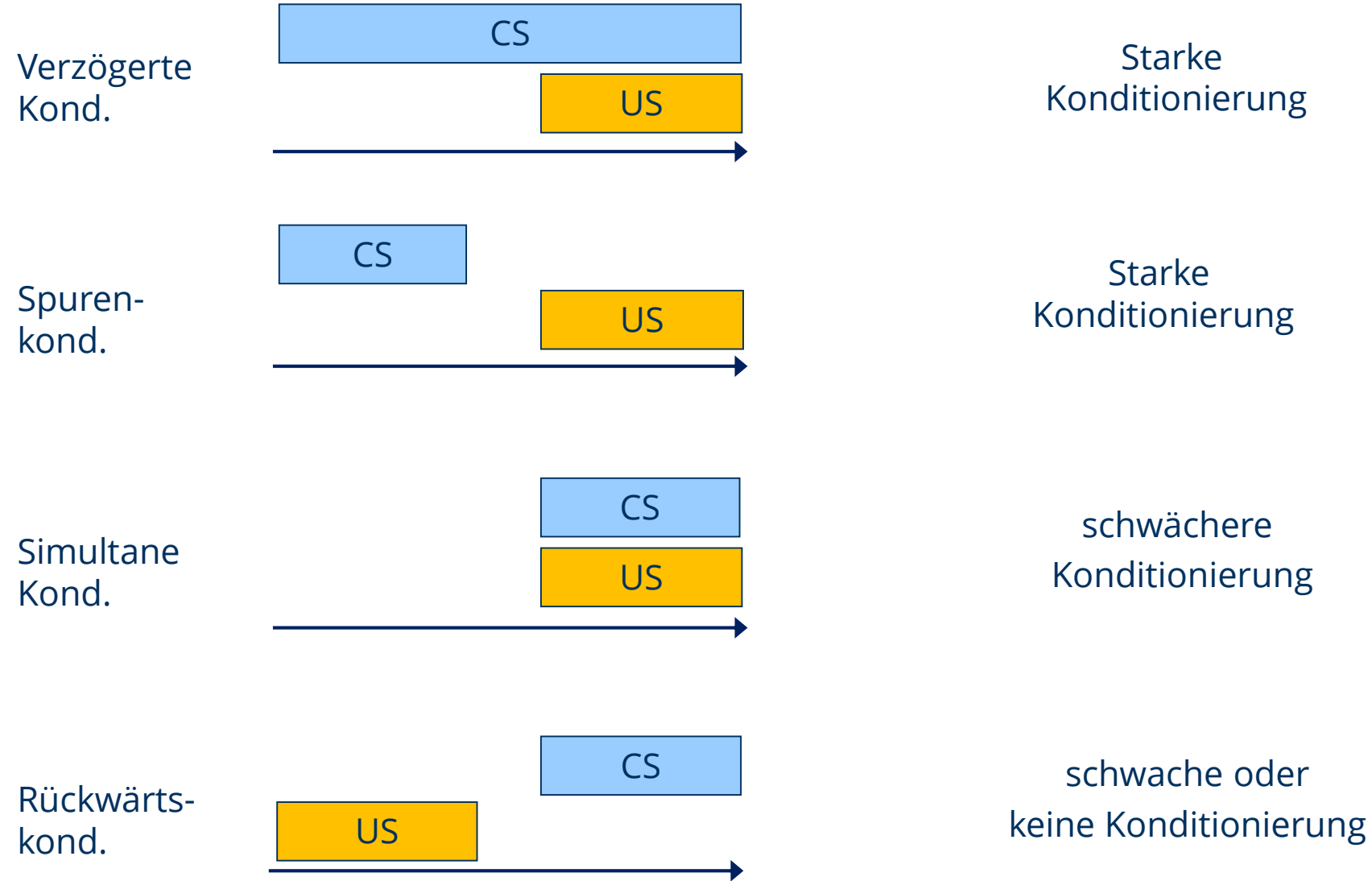
Lidschlusskonditionierung

Optimales CS-US-Interval variiert je nach Stimuli, Reaktionen und Lebewesen zwischen 0,5 bis > 30 sec

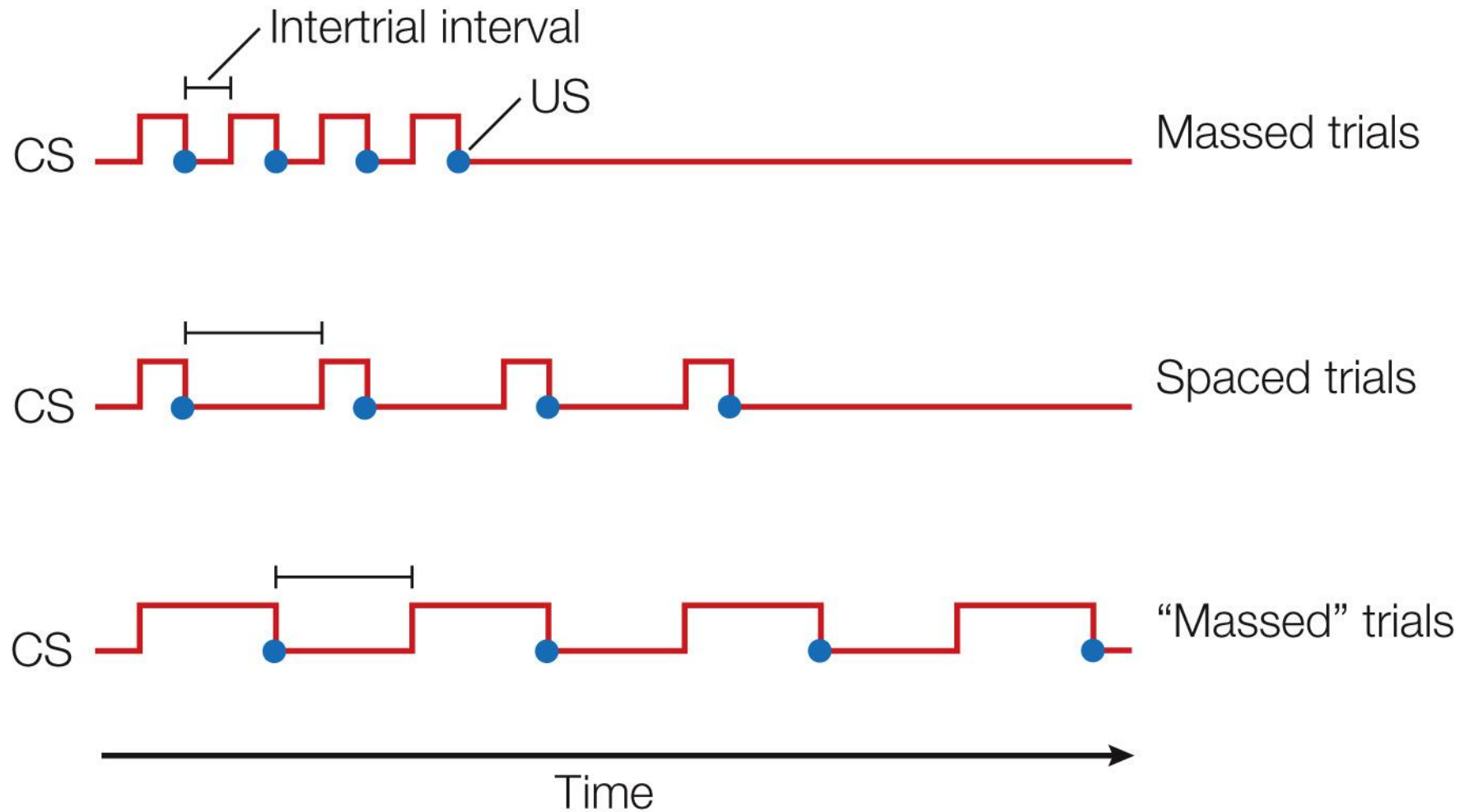


McAllister (1953). *J Exp Psych*, 45, 417-422.

Effekte der zeitlichen Relation zwischen CS und US



Effekt des zeitlichen Abstands der Lernepisoden



LEARNING AND BEHAVIOR 2e, Figure 3.10
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

Überblick

Grundprinzip des Klassischen Konditionieren

Varianten: Lidschlagkonditionierung u. Furchtkonditionierung

Grundlegende Phänomene

- Akquisition, Extinktion, Spontanerholung
- Disinhibition, Rekonditionierung, Renewal, Reinstatement
- Effekte der zeitlichen CS-US-Relation
- **Generalisierung und Diskrimination**

Was wird gelernt

- Was ist die konditionierte Reaktion?
- S-R Lernen oder S-S Lernen?
- Kontiguität oder Kontingenz?
- Konditionierte Inhibition
- Blockierung und konfigurales Lernen

Das Rescorla-Wagner-Modell

Biologische Einschränkungen

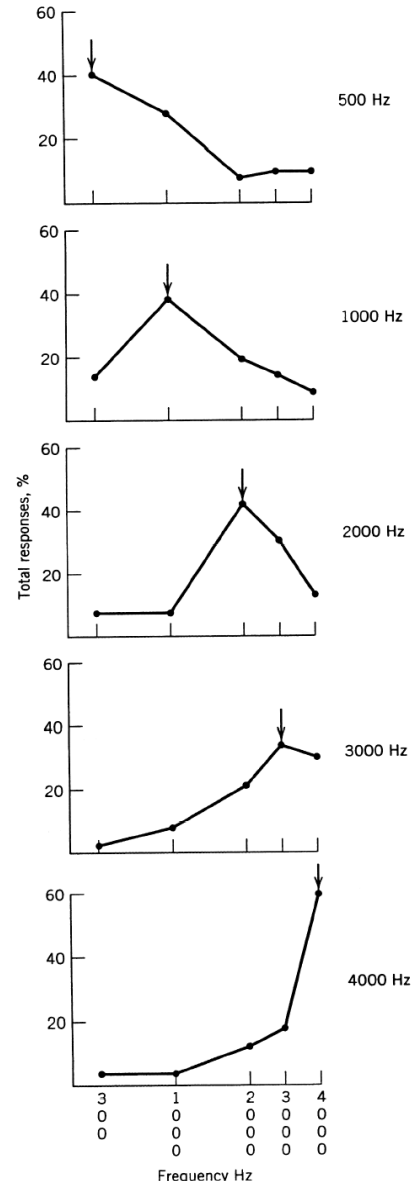
Generalisierung und Diskrimination

Reizgeneralisierung

- Auch dem CS ähnliche Reize lösen eine CR aus
- Stärke der CR hängt von der Ähnlichkeit der Reize zum ursprünglichen CS ab

Generalisierungsgradienten

- Lidschlussreaktion von Kaninchen wurde auf einen Ton (CS) einer bestimmten Frequenz konditioniert
- Danach wird die CR auch durch Töne einer anderen Frequenz ausgelöst
- CR wird umso kleiner, je mehr die Frequenz der Töne von der des ursprünglichen CS abweicht



Reizdiskrimination

- Nur ganz bestimmter CS wird von US gefolgt
- Ähnliche CS lösen keine CR aus
- Lebewesen lernt, immer feiner zwischen Reizen zu unterscheiden

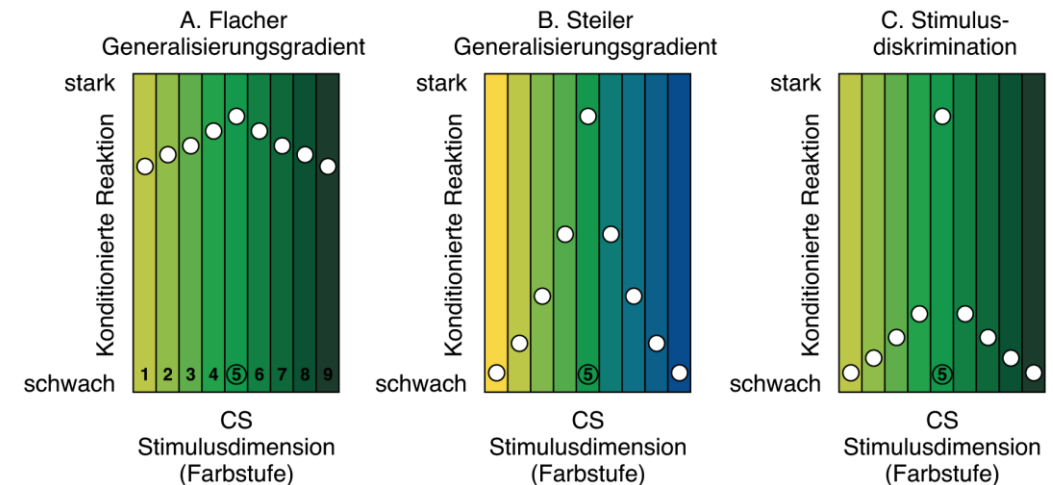


Abbildung 7.5: Reizgeneralisierungsgradienten

Wird zunächst auf einen mittelgrünen Stimulus konditioniert, so reagieren die Probanden nahezu genauso stark auf Stimuli ähnlicher Farbstufe. Dies zeigt der flache Generalisierungsgradient in Teil A der Abbildung. Wird den Probanden eine breitere Palette farbiger Stimuli präsentiert, so werden die Reaktionen mit abnehmender Ähnlichkeit zwischen Trainings- und Teststimulus schwächer. Der Generalisierungsgradient wird sehr steil, was Teil B der Abbildung zeigt. Der Versuchsleiter kann den Generalisierungsgradienten aus Teil A der Abbildung in jenen von Teil C überführen, wenn die Probanden ein Diskriminationstraining durchlaufen. In diesem Fall würde nur der mittelgrüne Stimulus immer mit dem UCS gepaart werden, nicht aber die Stimuli aller anderen Farbstufen.

Überblick

Grundprinzip des Klassischen Konditionieren

Varianten: Lidschlagkonditionierung u. Furchtkonditionierung

Grundlegende Phänomene

- Akquisition, Extinktion, Spontanerholung
- Disinhibition, Rekonditionierung, Renewal, Reinstatement
- Effekte der zeitlichen CS-US-Relation
- Generalisierung und Diskrimination

Was wird gelernt

- **Was ist die konditionierte Reaktion?**
- S-R Lernen oder S-S Lernen?
- Kontiguität oder Kontingenz?
- Konditionierte Inhibition
- Blockierung und konfigurales Lernen

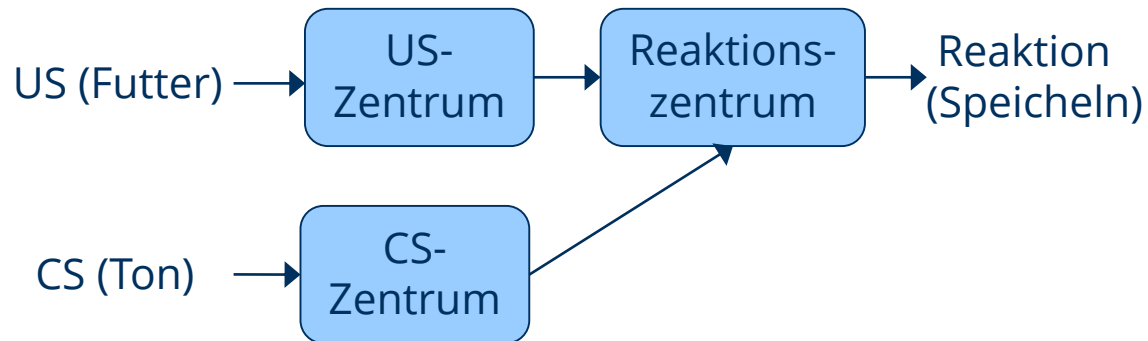
Das Rescorla-Wagner-Modell

Biologische Einschränkungen

Was ist die konditionierte Reaktion?

Pawlows Reiz-Substitutions-Theorie

- Das Lebewesen reagiert auf den CS so, als ob er der US wäre
- Der CS aktiviert eine neuronale Repräsentation des US, die reflexhaft die CR (= UR) auslöst



Probleme der Reiz-Substitutions-Theorie

CR und UR sind oft verschieden

- z.B. konditionierte Lidschlussreaktion ist oft schwächer und langsamer als UR

UR hat Komponenten, die nicht Teil der CR sind

- z.B. reagiert Hund auf Futter (US) mit Kauen und Schlucken → ist nicht Bestandteil der CR

CR hat Komponenten, die nicht Teil der UR sind

- z.B. reagieren Hunde auf Glocke mit Kopfdrehung → ist nicht Bestandteil der UR auf das Futter

CR kann ganz verschieden von der UR sein

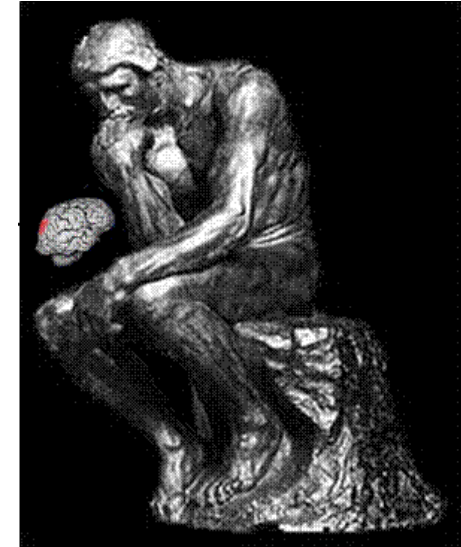
- Bei Meerschweinchen steigt Herzfrequenz als Reaktion auf Elektroschock, aber sinkt in Reaktion auf CS (Black, 1965)

Konditionierte Reaktionen als Vorbereitung auf einen erwarteten US

Die CR ist eine Vorbereitung auf den US

- CS liefert Information über den US und ermöglicht dem Organismus, das Auftreten des US zu antizipieren (Rescorla, 1988)
- CR ist eine Vorbereitung auf den US, nicht eine Reaktion auf ihn
- konditionierte Speichelreaktion ist eine Vorbereitung auf das Fressen
- Lidschluss-CR ist eine Vorbereitung auf den Luftstoß

Die Funktion des klassischen Konditionierens ist die Selektion adaptiver Reaktionen aufgrund von Prädiktionen biologisch relevanter Reize



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

