



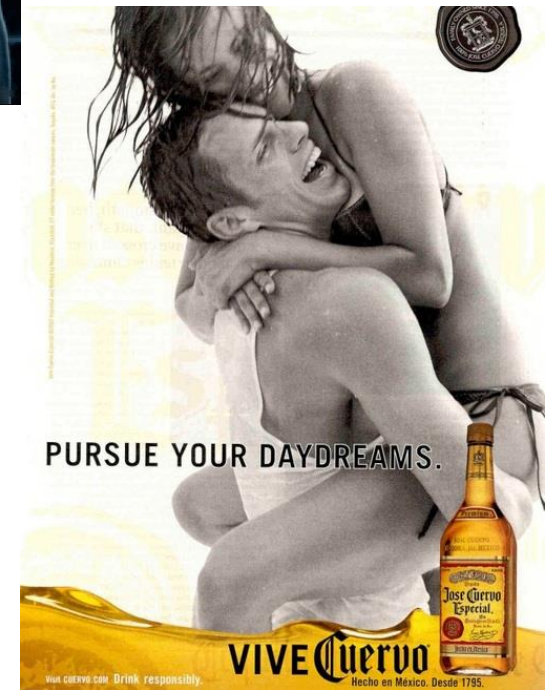
Vorlesung im WS 2014/15

Lernen und Gedächtnis

Klassisches Konditionieren I

Prof. Dr. Thomas Goschke

Alltagsbeispiele

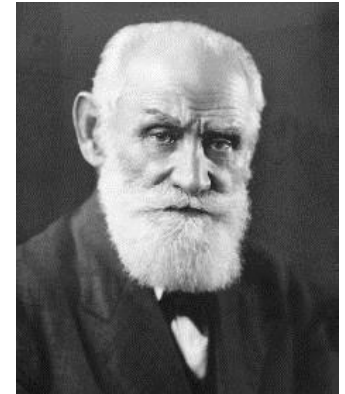


Überblick

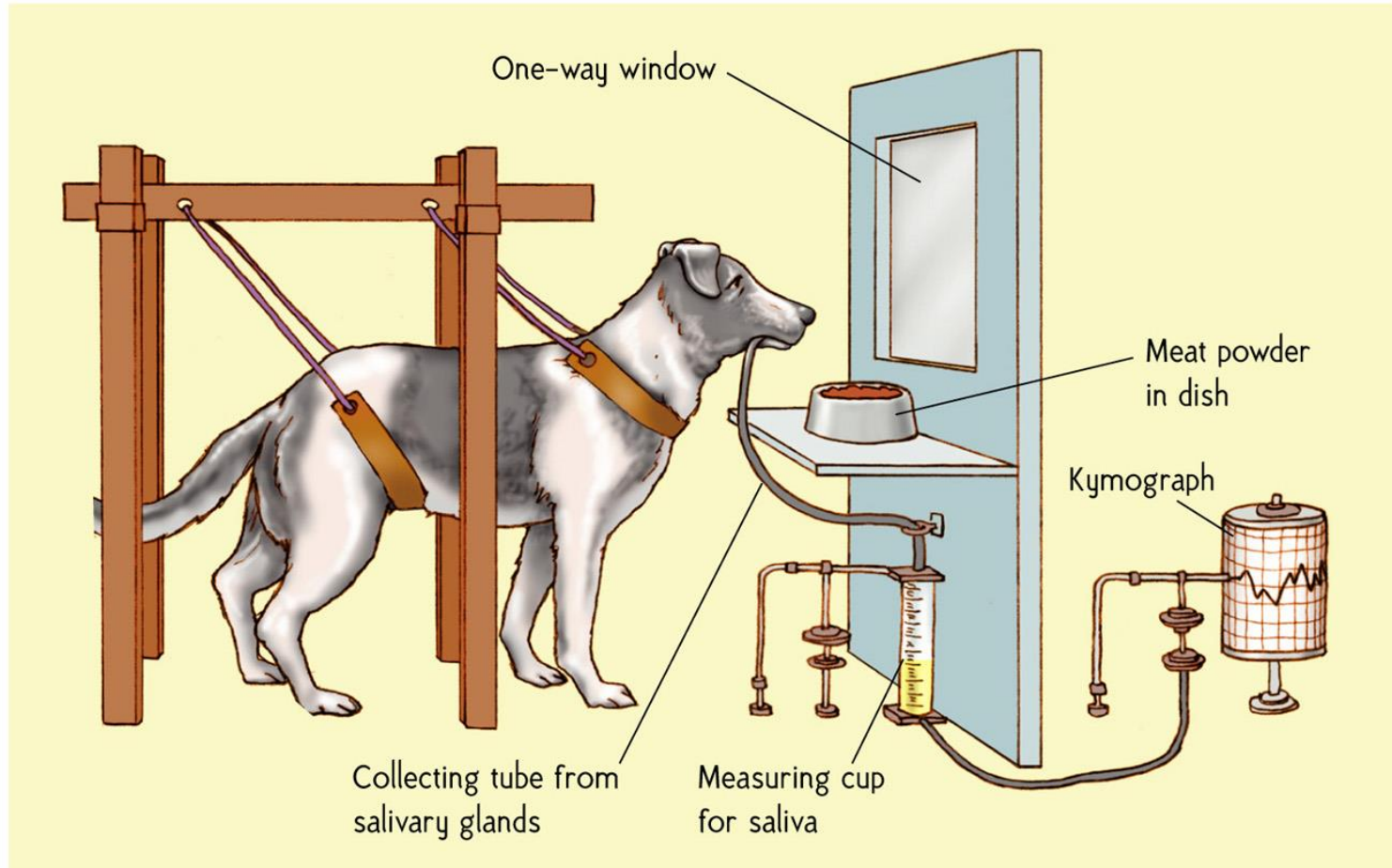
- Grundprinzip des Klassischen Konditionieren
- Varianten: Lidschlagkonditionierung u. Furchtkonditionierung
- Grundlegende Phänomene
 - Akquisition, Extinktion, Spontanerholung
 - Disinhibition, Rekonditionierung, Renewal, Reinstatement
 - Effekte der zeitlichen CS-US-Relation
 - Generalisierung und 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

Iwan Pawlow (1849-1936)

- Sohn einer russischen Priesterfamilie
- Studium der Chemie und Physiologie in Petersburg
- Forschung über Physiologie des Verdauungssystems
- 1888 Entdeckung der Nerven, die die Bauchspeicheldrüse stimulieren
- 1904 Nobelpreis Medizin für seine Arbeiten zur Verdauung



Pawlows Versuchsaufbau



Prinzip der klassischen Konditionierung

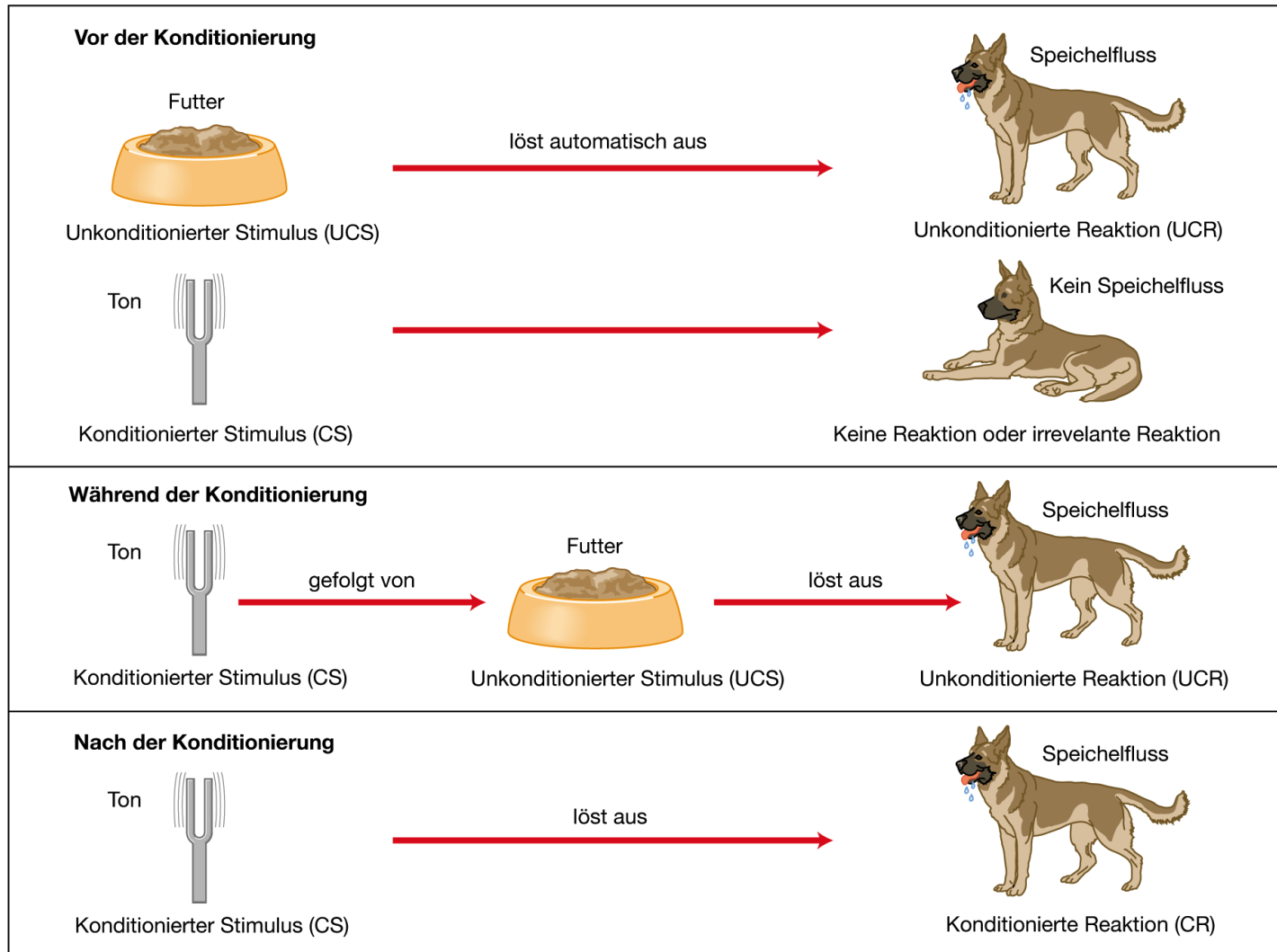
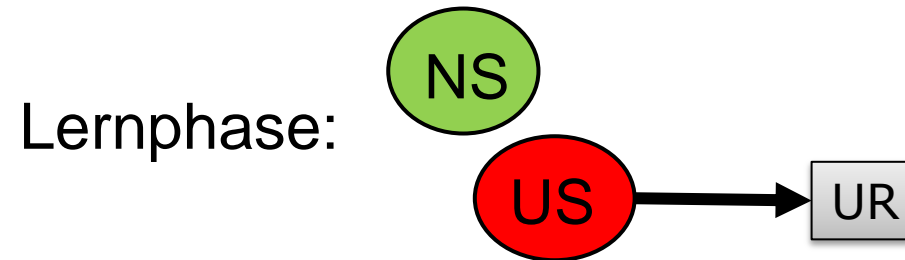


Abbildung 7.2: Grundlegende Merkmale des klassischen Konditionierens

Vor dem Konditionieren löst der unkonditionierte Stimulus (UCS) natürlicherweise die unkonditionierte 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.

Prinzip der Klassischen Konditionierung



Klassisches Konditionieren

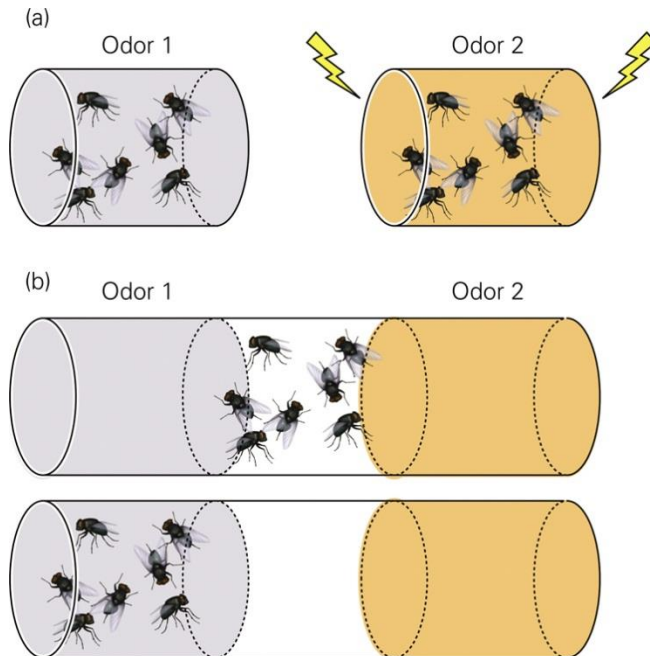
Terminologie

- **US: unconditionierter (unbedingter) Stimulus**
 - löst angeborene Reaktion ohne vorheriges Lernen aus (z.B. Futter)
- **UR: unconditionierte (unbedingte) Reaktion**
 - die durch den US ausgelöste Reaktion (z.B. Speicheln)
- **CS: konditionierter (bedingter) Stimulus**
 - anfangs neutraler Reiz, der keine spezifische Reaktion (oder bestenfalls eine Orientierungsreaktion) auslöst (z.B. Ton) und als Folge der Paarung mit einem US eine CR auslöst
- **CR: konditionierte (bedingte) Reaktion**
 - durch den CS ausgelöste Reaktion (z.B. Speicheln)

Klassische Konditionierung ist ein phylogenetischer alter Lernmechanismus

Geruchskonditionierung bei Fliegen

Dudai et al. (1976). *PNAS*



• Meeresschnecke *Aplysia*

- Kiemenrückziehreflex bei Berührung
- ist klassisch konditionierbar



© Worth Publ.

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

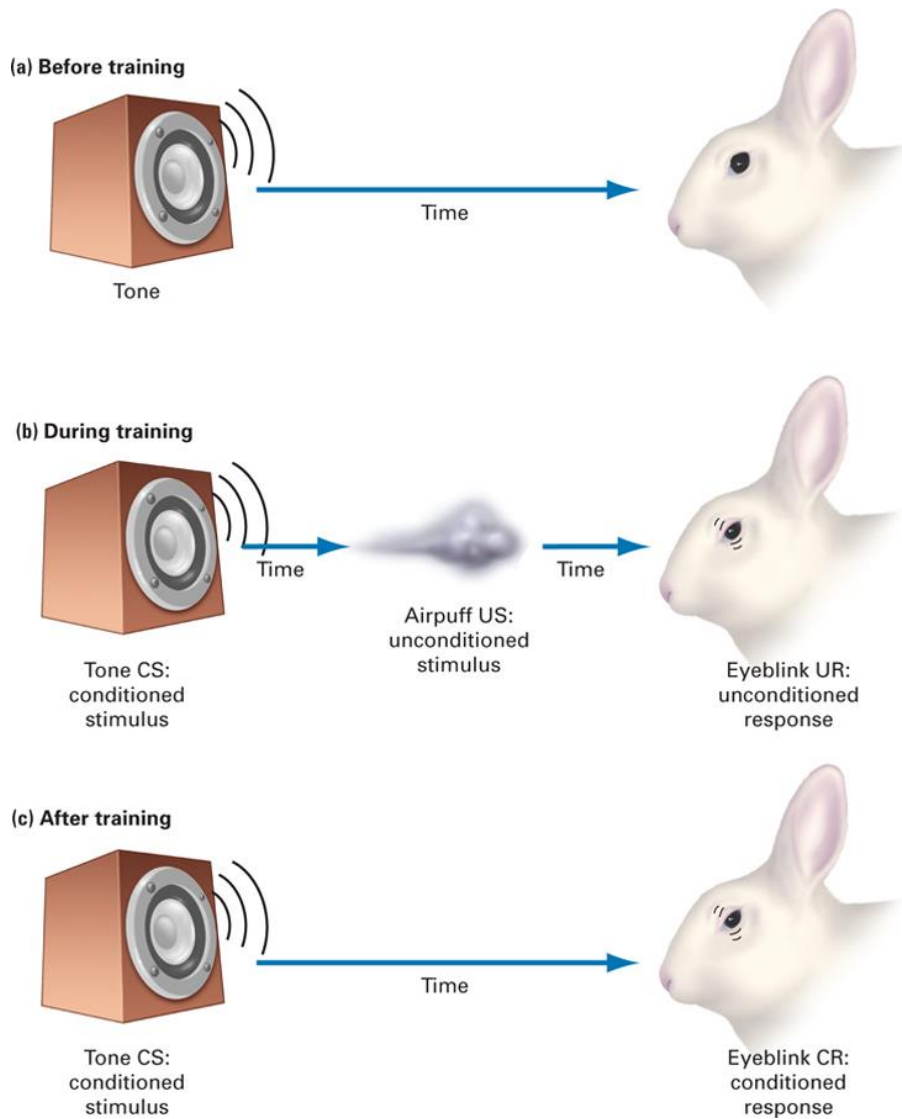
Aversive Konditionierung: Lidschlagkonditionierung

Ernest Hilgard

Clark Hull



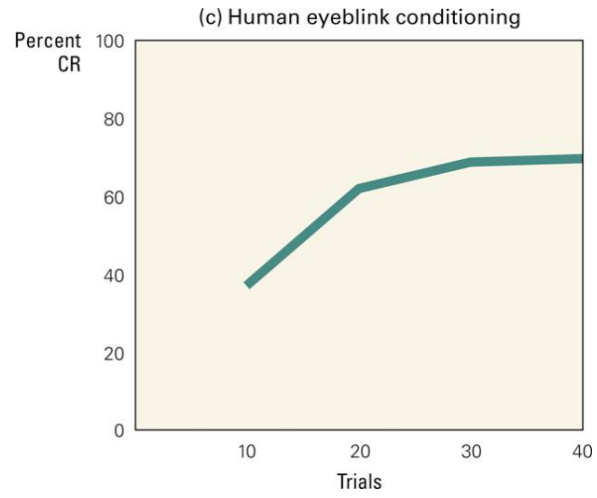
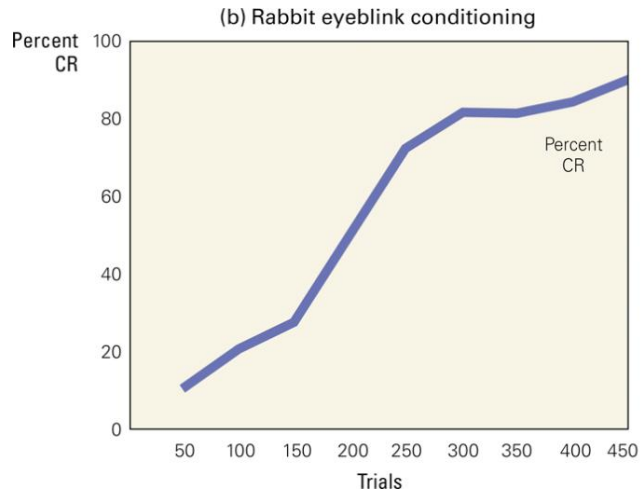
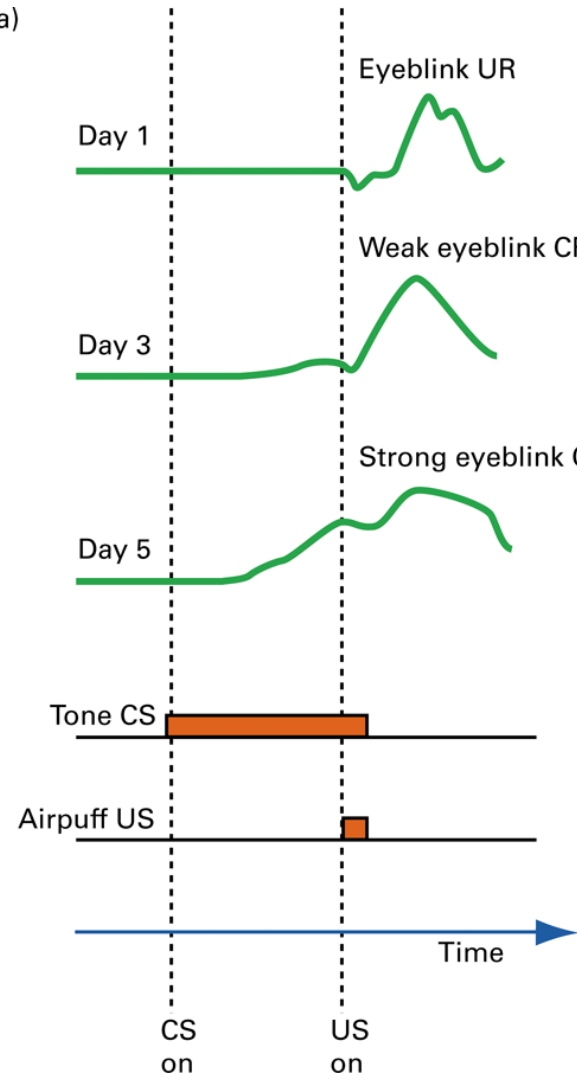
Lidschlagkonditionierung



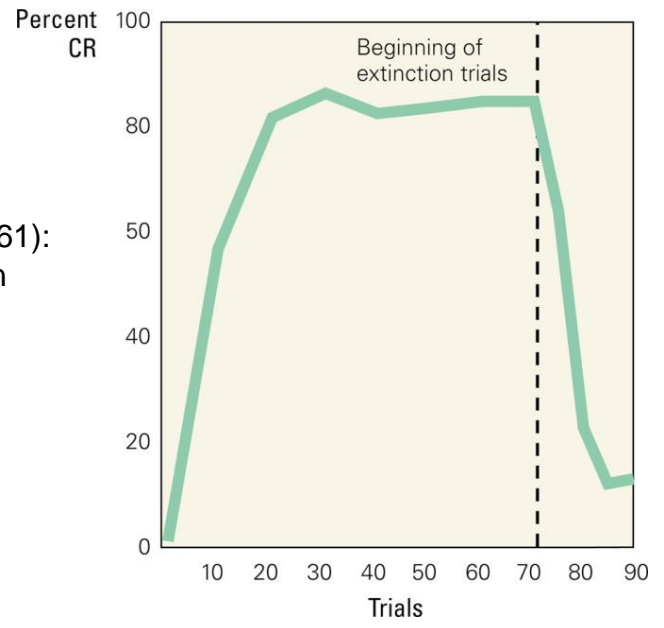
- Applikation eines schwachen Luftstoßes (US) auf das Auge löst Lidschlussreaktion (UR) aus
- Nach einigen Paarungen des Luftstoßes mit einem Ton (CS) löst der Ton allein die Lidschlussreaktion (CR) aus



Akquisition und Extinktion der Lidschlagkonditionierung



Moore & Gormezano (1961):
Akquisition und Extinktion



Lidschlagkonditionierung bei 5 Monate alten Säuglingen

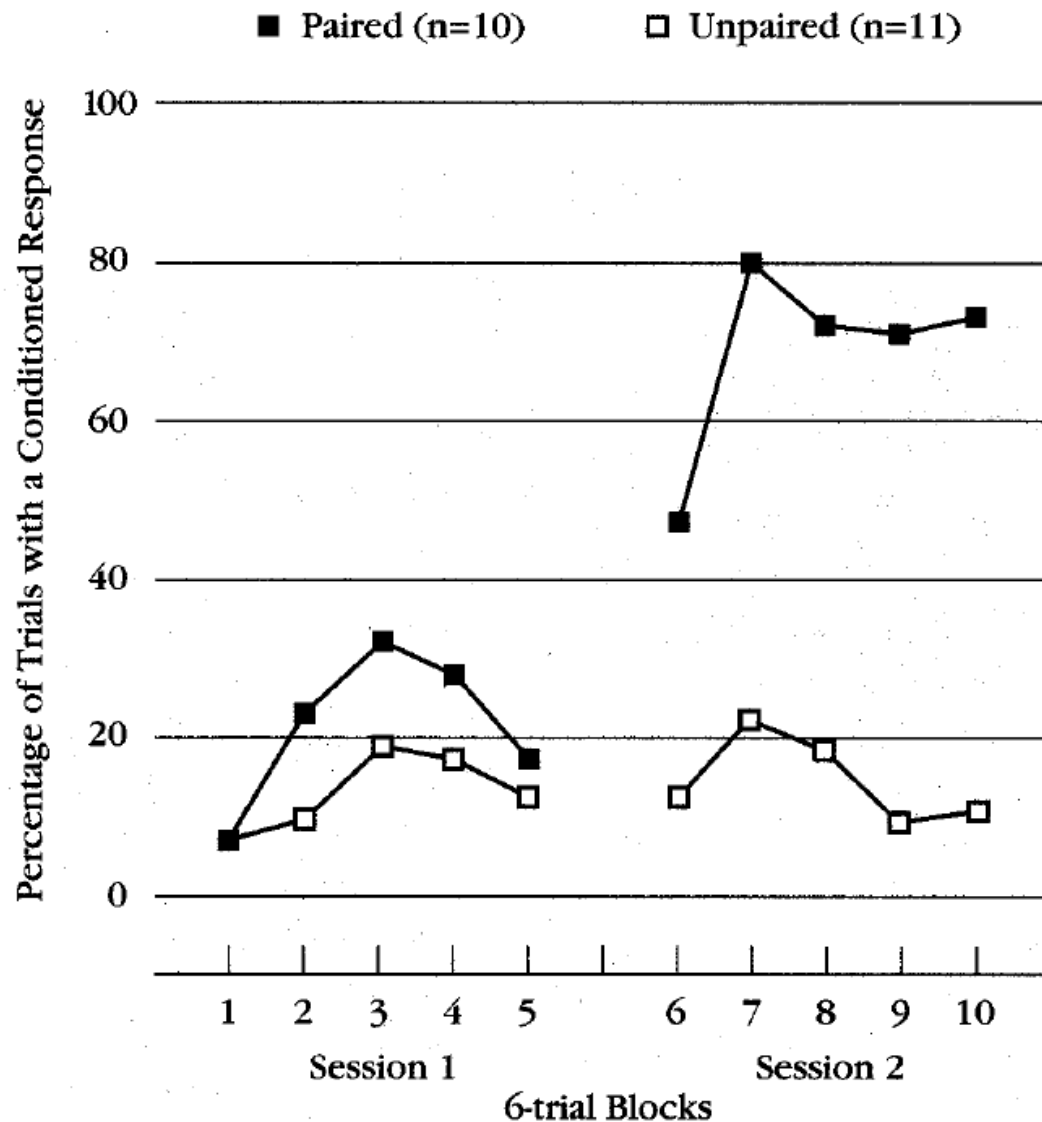
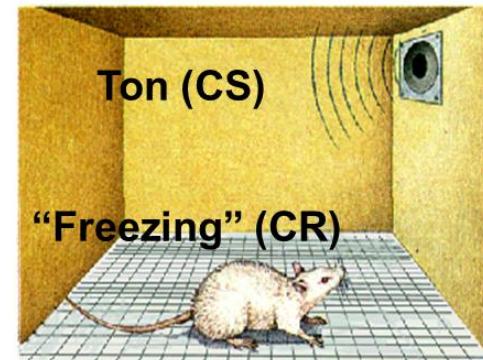
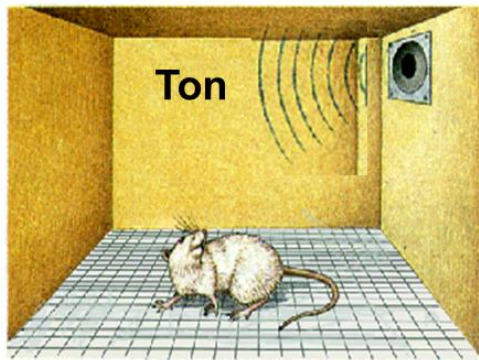


Figure 3.3 Eyeblink conditioning in 5-month-old infants. For the infants in the paired group, a tone CS ended in a gentle puff of air to the eye. For the infants in the unpaired group, the tone and air puff never occurred together. (After Ivkovich, Collins, Eckerman, Krasnegor, & Stanton, 1999.)

Furchtkonditionierung: Konditionierte emotionale Reaktionen



Prozedur

1. Ratte wird trainiert, Hebel zu drücken, um Futter zu bekommen
2. CS (Ton) für 2 min, unmittelbar gefolgt von US (leichter Stromstoß)
3. CS allein, während Ratten Hebel drücken können

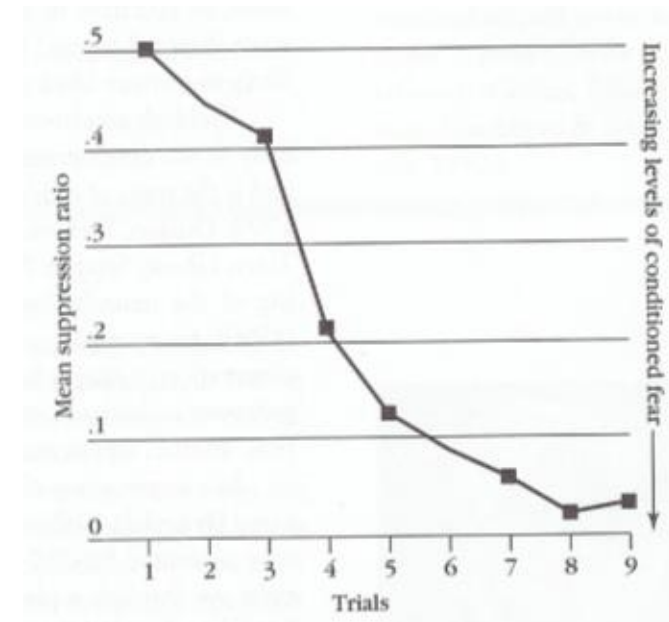
Konditionierte emotionale Reaktion

- Unterdrückung des aktuellen Verhaltens („Einfrieren“)

Suppressionsrate =

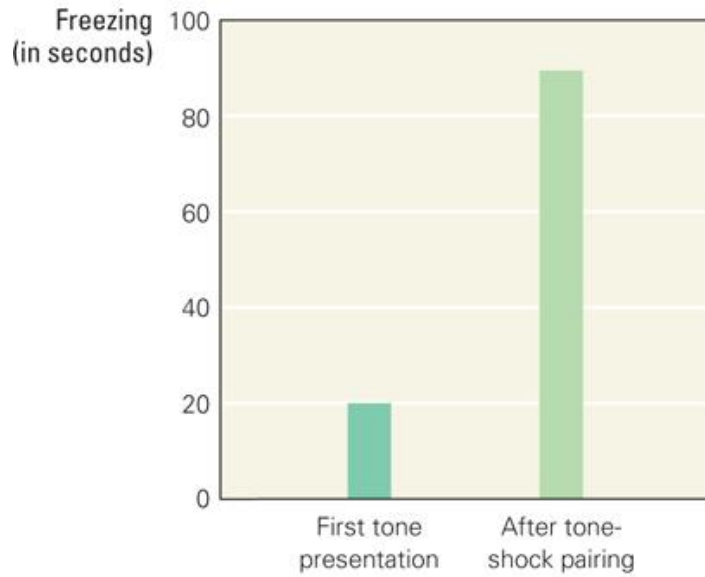
(Reaktionen während CS) / (Reaktionen während CS + Basisrate)

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

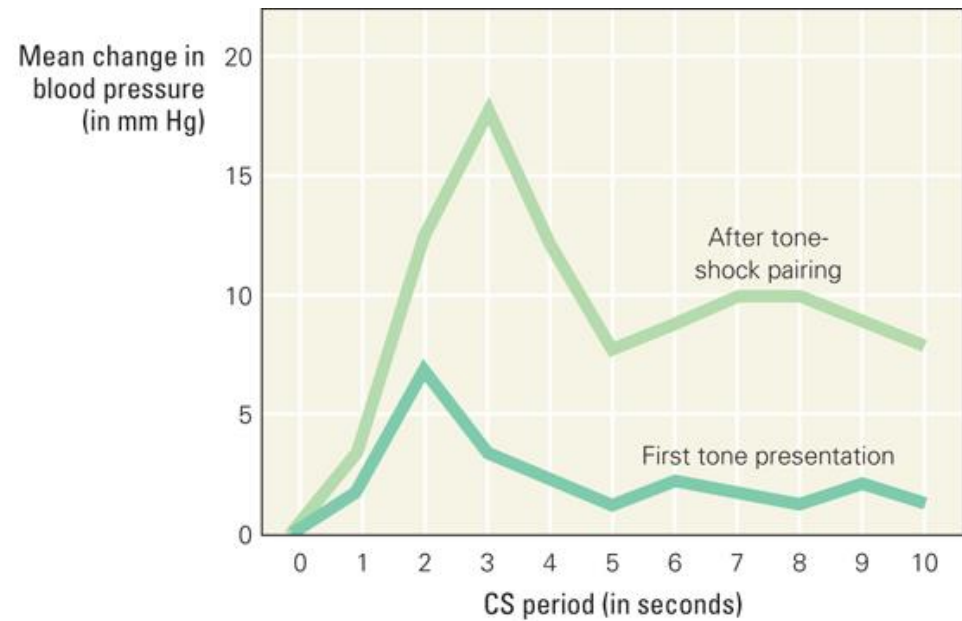


Furchtkonditionierung: Konditionierte emotionale Reaktionen

CS: 10 Sek. Ton
US: Stromstoß

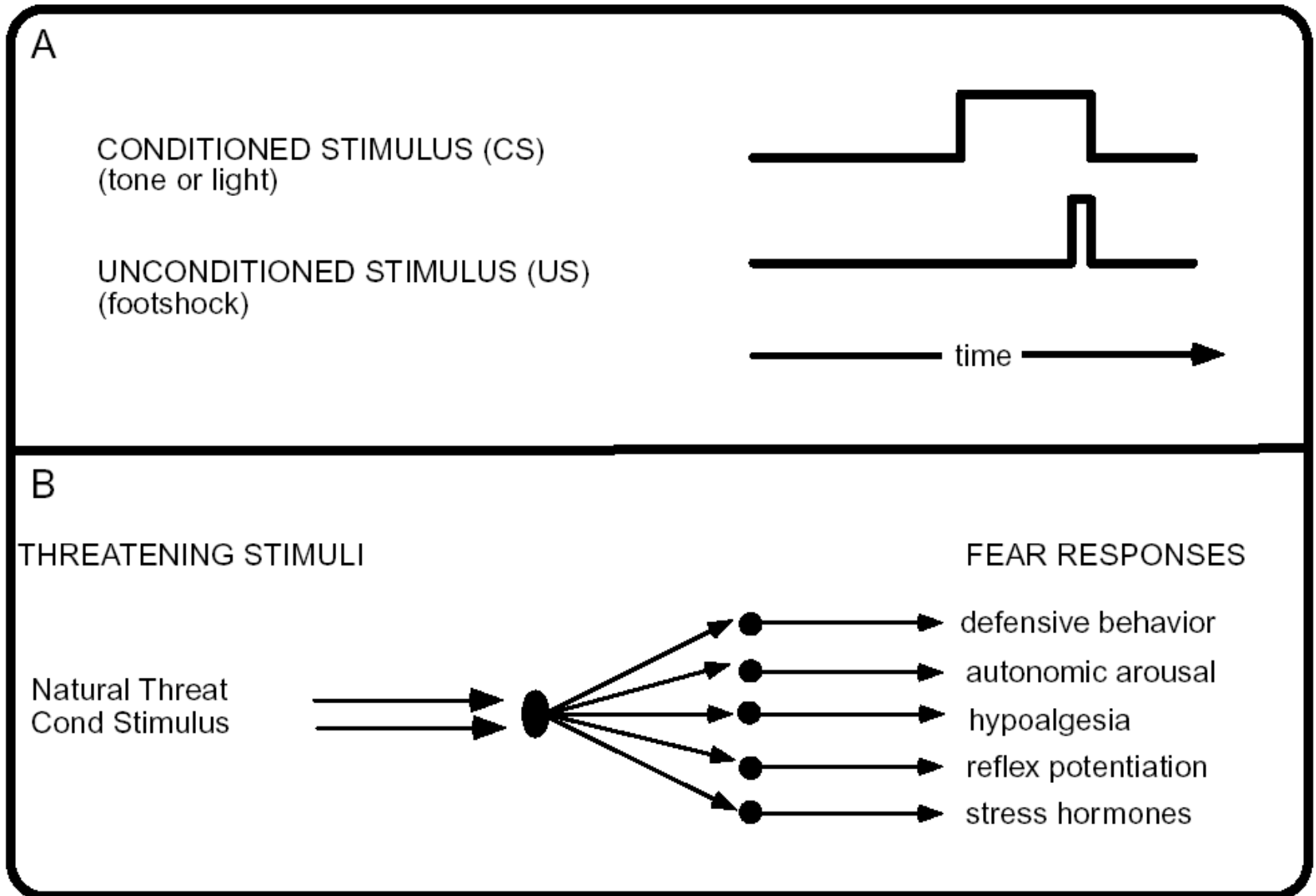


(a)



(b)

Konditionierte emotionale Reaktion



Konditionierte Furcht beim Menschen

- Emotionale Reaktionen wie Angst können über klassisches Konditionieren mit neutralen Reizen assoziiert werden
- Klassisches Experiment von Watson & Rayner (1920): „Kleiner Albert“

Nach heutigen Standards aus vielen Gründen ethisch extrem fragwürdig!

Der kleine Albert

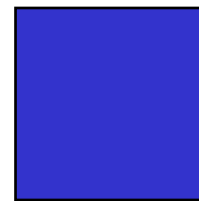
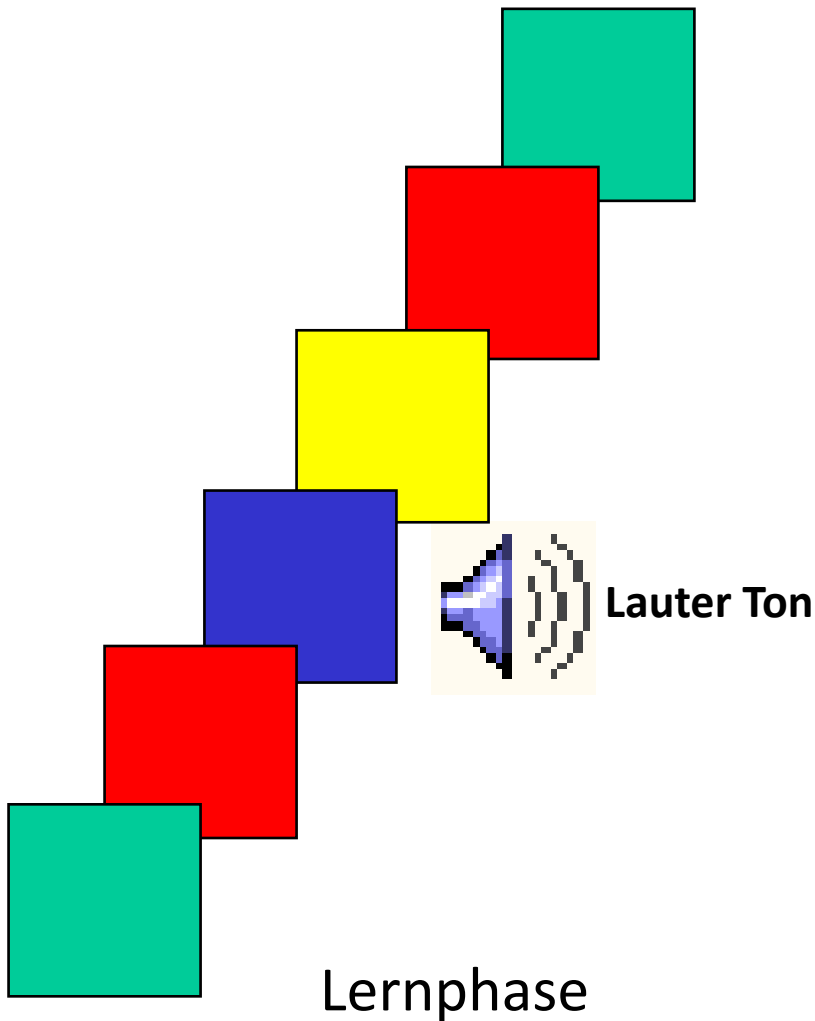
(Watson und Rayner, 1920)

- 9 Monate alter Säugling, der keine Angst vor einer weißen Ratte zeigte (= NS)
- Konditionierung: weiße Ratte (CS) + unerwartetes lautes Geräusch (Schlag auf Eisenstange) (= US)
- Nach 2 CS-US-Paarungen wollte Albert die Ratte nicht mehr anfassen
- Nach 7 Paarungen starke Angstreaktion auf die Ratte (Albert schreit, versucht weg zu krabbeln) (= CR)
- Generalisierung: Angstreaktion auch auf einen Hasen, einen Hund, eine Nikolausmaske, einen Pelzmantel
- Angstreaktion auch noch nach 1 Monat

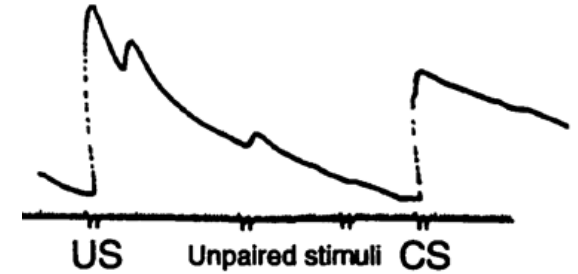


Konditionierte emotionale Reaktionen

Konditionierung der elektrodermalen Reaktion



Kein Ton



Erhöhte elektrodermale Reaktion (Aktivität d. Schweißdrüsen) = Indikator für körperliche Erregung

Testphase

Vier Paradigmen des klassischen Konditionierens

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

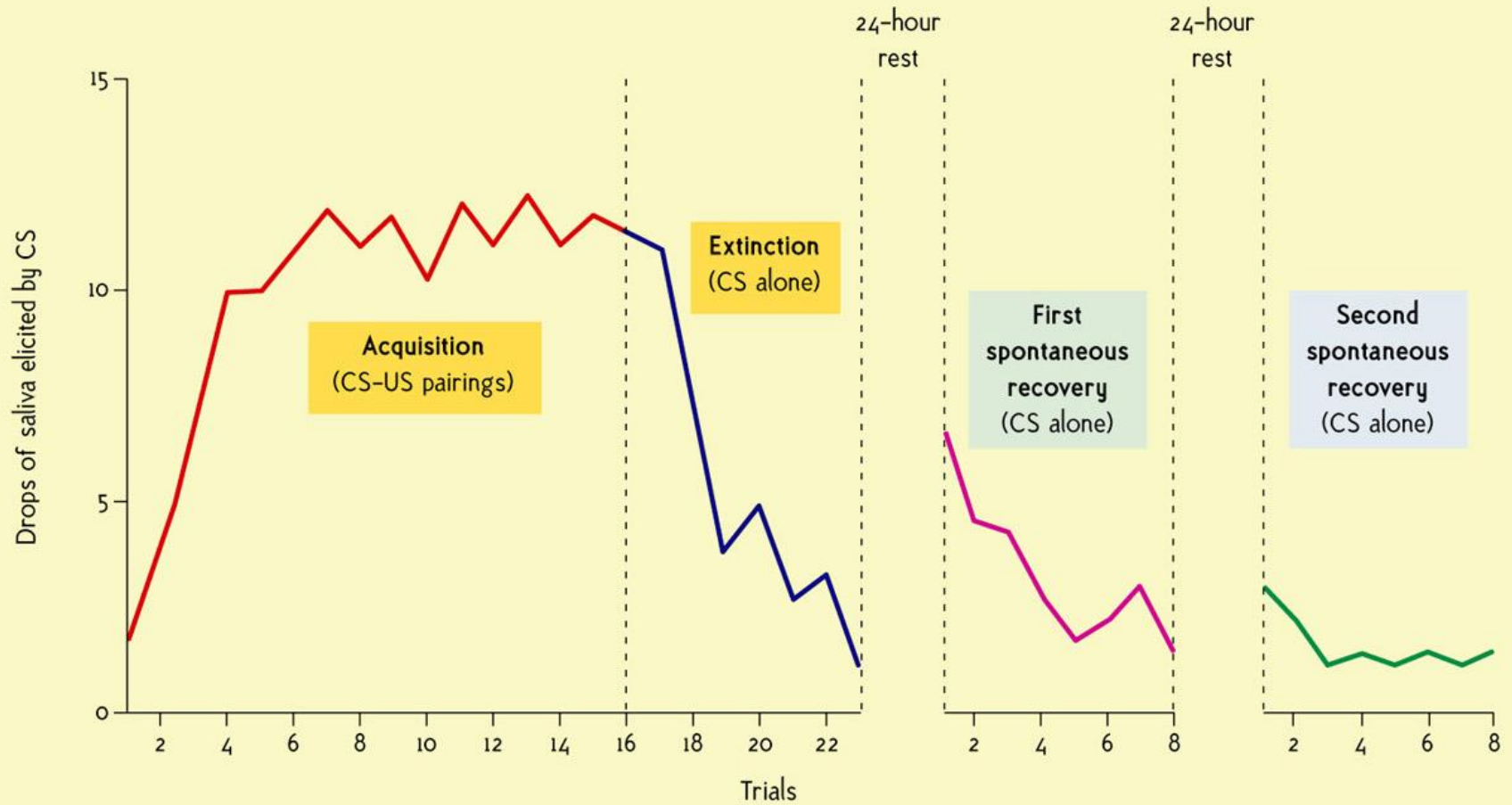
Aversive conditioning				
Fly shock	Shock	Attempt to escape	Odor	Attempt to escape
Conditioned emotional response	Shock	Freezing	Tone	Freezing
Eyeblink conditioning	Airpuff	Blink	Tone	Blink

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

Grundlegende Phänomene

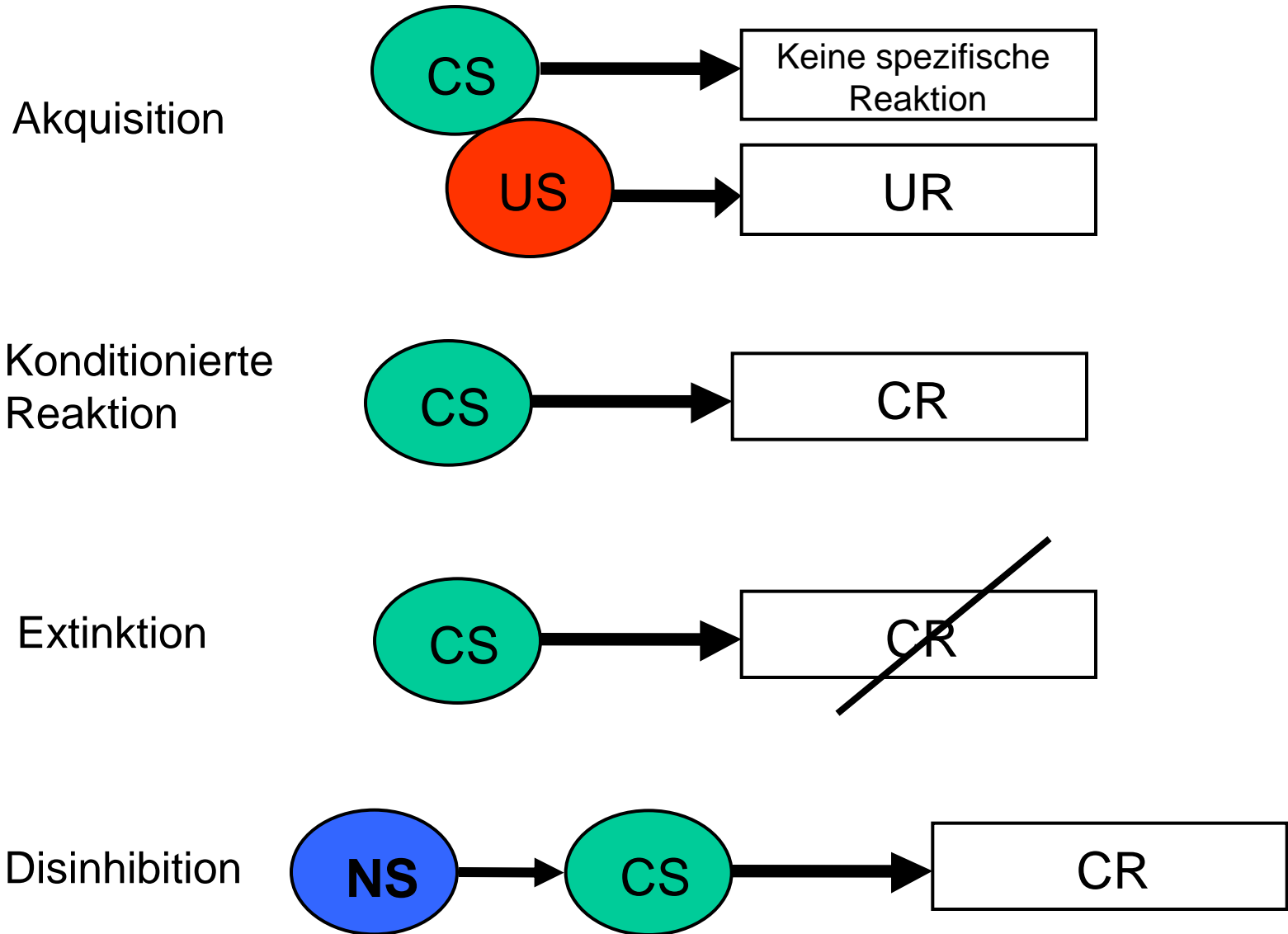
Akquisition, Extinktion und Spontanerholung



Spontanerholung: Theoretische Erklärungen

- Inhibition (Konorski, 1948)
 - Akquisition → exzitatorische (CS → US) Assoziation
 - Extinktion → inhibitorische Assoziation (CS → -US)
 - Inhibitorische Assoziation zerfällt schneller mit Zeit
- Aufmerksamkeit
 - Extinktion: Organismus lernt, dem CS keine Aufmerksamkeit mehr zu schenken
 - Nach Pause erregt CS für kurze Zeit wieder Aufmerksamkeit
- Ambiguität und Kontextabhängigkeit (Capaldi, 1966)
 - CS wird ein ambiger Reiz, der sowohl mit US und -US assoziiert ist
 - Ob der CS die CR auslöst oder nicht, hängt vom Kontext ab

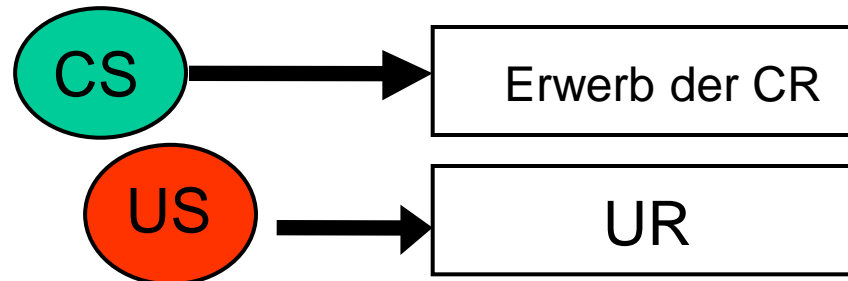
Disinhibition



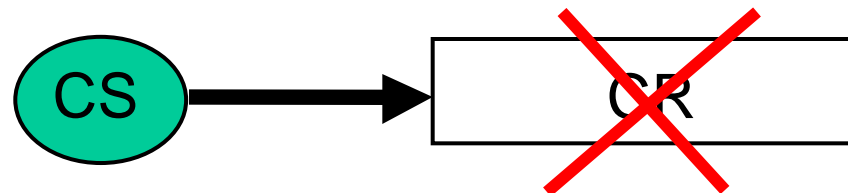
Rekonditionierung

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

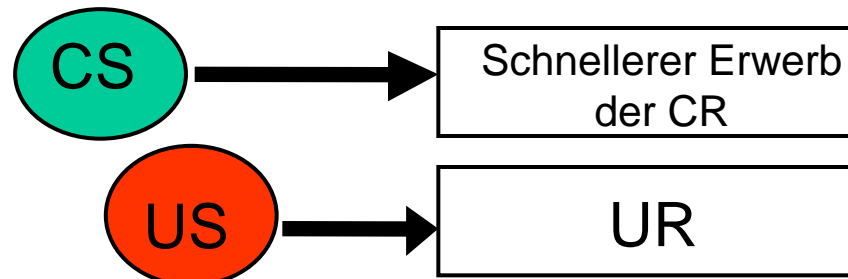
Akquisition



Exktinktion

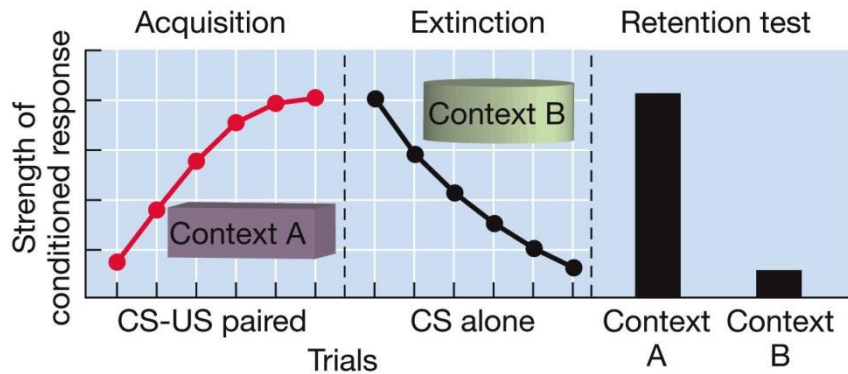


Rekonditionierung



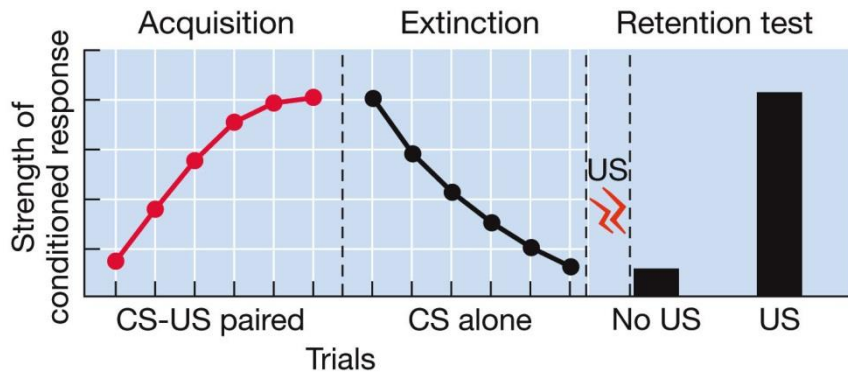
Weitere Evidenz, dass Extinktion nicht zur permanenten Löschung der CS-US-Assoziation führt

(B) Renewal effect



Kontextabhängige Erneuerung (*renewal*)

(C) Reinstatement effect



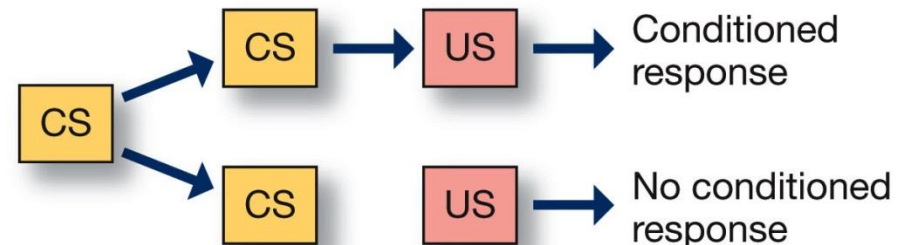
Wiederherstellung (*reinstatement*) nach erneuter Darbietung des US

Grundlegende Phänomene

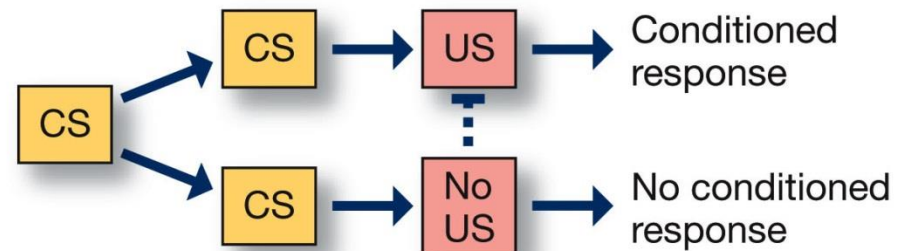
Schlussfolgerungen für das Konzept der Löschung

- Extinktion führt nicht zur Auslöschung der gelernten Assoziationen
 - Spontanerholung
 - Disinhibition
 - Rekonditionierung
 - Renewal und Reinstatement
- Mögliche Erklärung: Aufbau einer neuen Assoziationen (CS → kein US) und Hemmung der ursprünglichen CS-US-Assoziation
 - Erklärt warum z.B. konditionierte Furchtreaktionen nach Extinktion wieder auftauchen können (z.B. unter Stress)
 - Der orbitofrontale Kortex scheint an der Hemmung konditionierter Furchtreaktionen beteiligt zu sein (LeDoux, 2000)

(A) Associative loss hypothesis



(B) Competing memory hypothesis

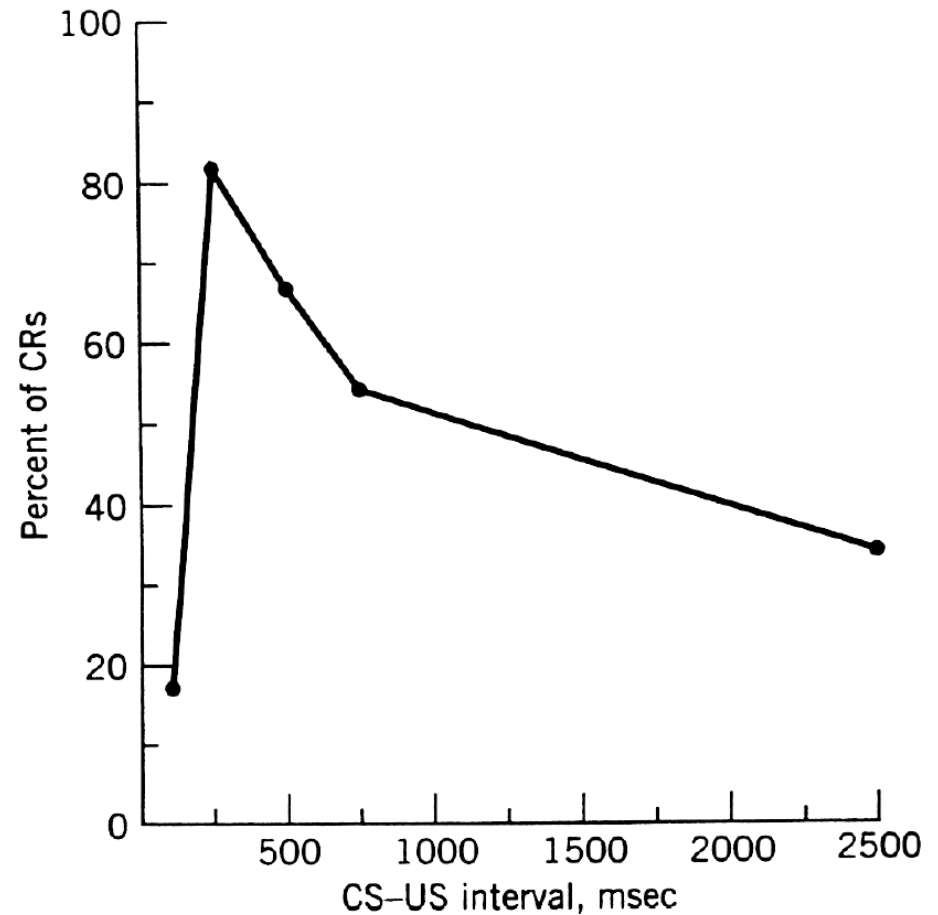


Rudy, 2008, *Neurobiology of learning and memory*. Sinauer Ass.

Überblick

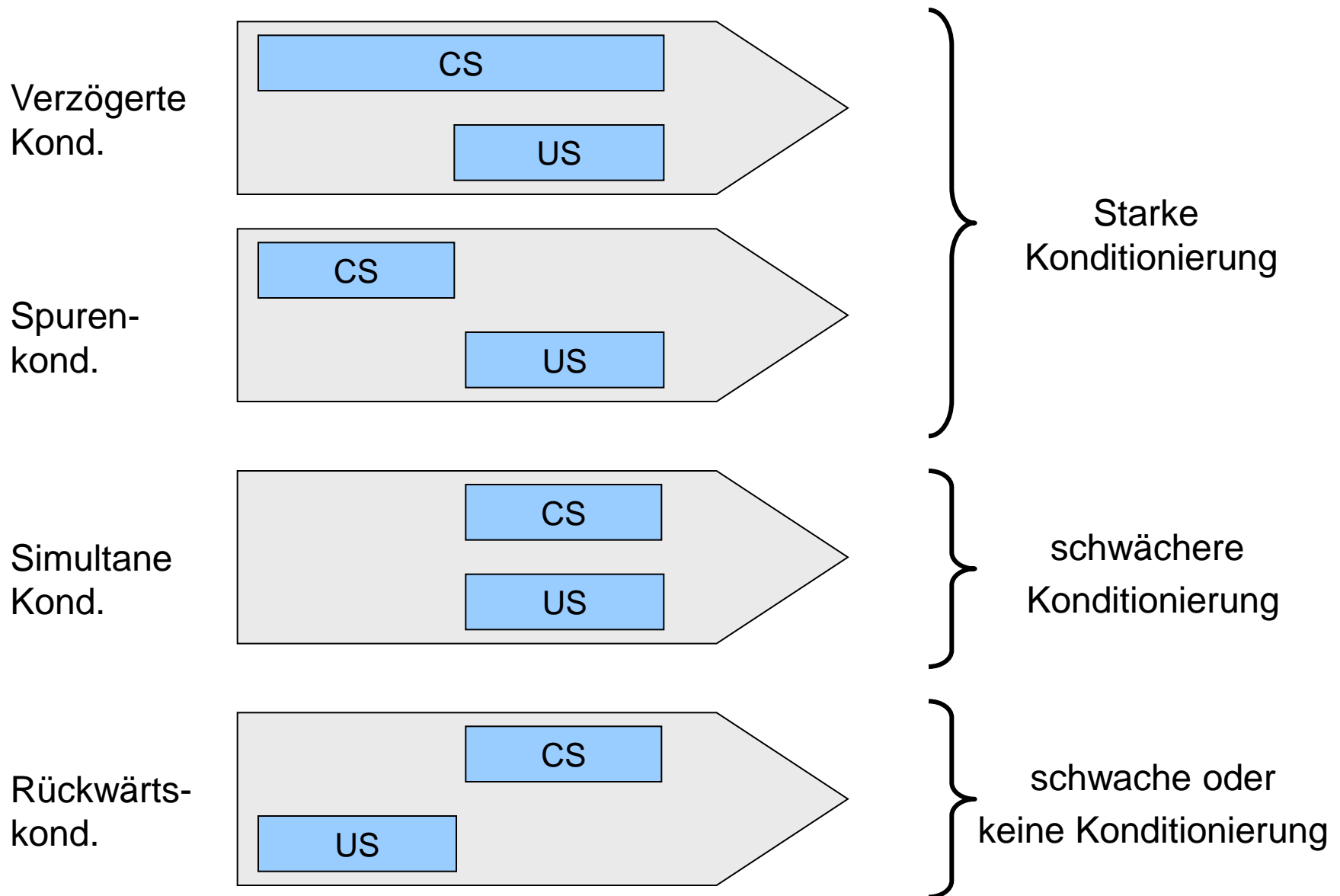
- Grundprinzip des Klassischen Konditionieren
- Varianten: Lidschlagkonditionierung u. Furchtkonditionierung
- Grundlegende Phänomene
 - Akquisition, Extinktion, Spontanerholung
 - Disinhibition, Rekonditionierung, Renewal, Reinstatement
 - **Effekte der zeitlichen CS-US-Relation**
 - Generalisierung 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

CS-US Intervall und Lidschlagkonditionierung



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

Zeitliche Relationen zwischen CS und US



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

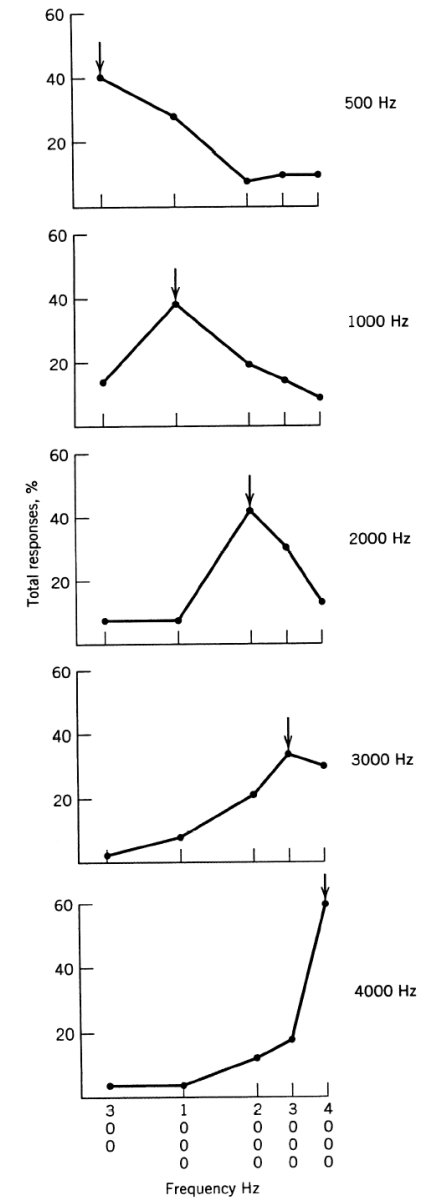
- Auch ein dem CS ähnlicher Reiz löst die CR aus
- Bsp.: Summton statt Glockenton als CS
- Stärke der CR hängt von Ähnlichkeit der Reize ab

▪ Reizdiskrimination

- Nur ganz bestimmter CS wird von US gefolgt
- Ähnliche CS → kein US
- Lebewesen lernt, immer feiner zwischen Reizen zu unterscheiden

Reizgeneralisierung

- Lidschlussreaktion beim Kaninchen wurde auf Ton einer bestimmten Frequenz konditioniert
- Wird CR auch durch Töne einer anderen Frequenz ausgelöst?
- Ergebnis: Generalisierungsgradienten



Siegel et al. (1968). *Journal of Experimental Psychology*, 78, 171-174.

Generalisierungsgradienten

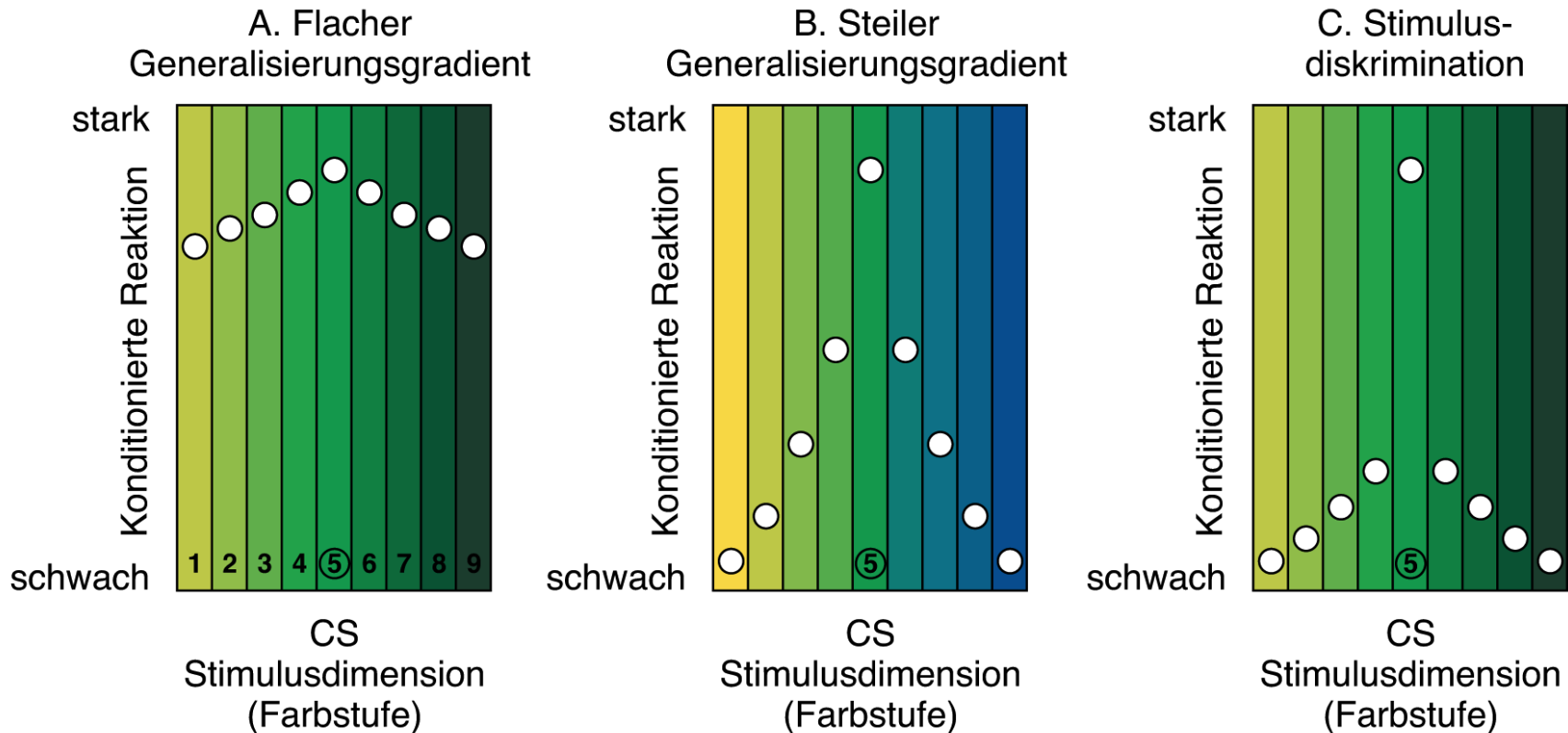


Abbildung 7.5: Reizgeneralisierungsgradienten

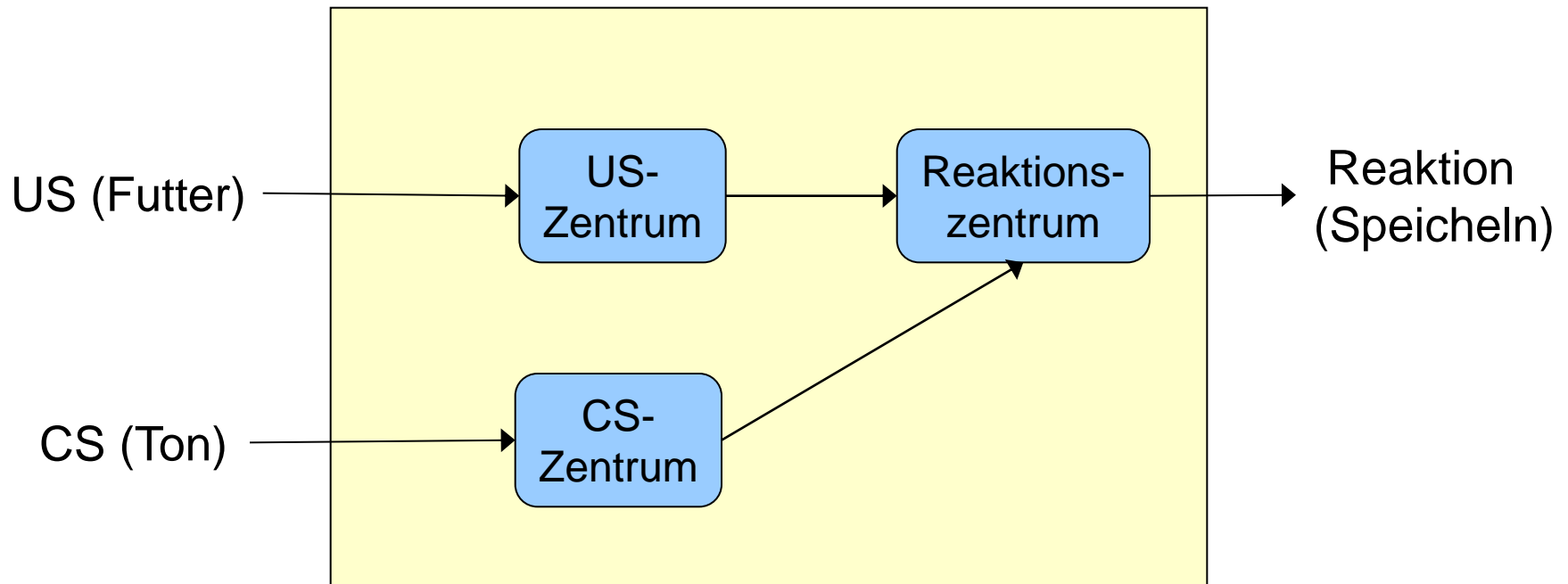
Wird zunächst auf einen mittelgrünen Stimulus konditioniert, so reagieren die Probanden nahezu genauso stark auf Stimuli ähnlicher Farbstufe. Dies zeigt der flache Generalisierungsgradient in Teil A der Abbildung. Wird den Probanden eine breitere Palette farbiger Stimuli präsentiert, so werden die Reaktionen 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

Reiz-Substitutions-Hypothese

- Reiz-Substitutions-Hypothese (Pawlow)
 - auf den CS wird so reagiert, *als ob* er der US wäre
 - CS aktiviert eine neuronale Repräsentation des US, die reflexhaft die UR (=CR) auslöst



Was ist die konditionierte Reaktion?

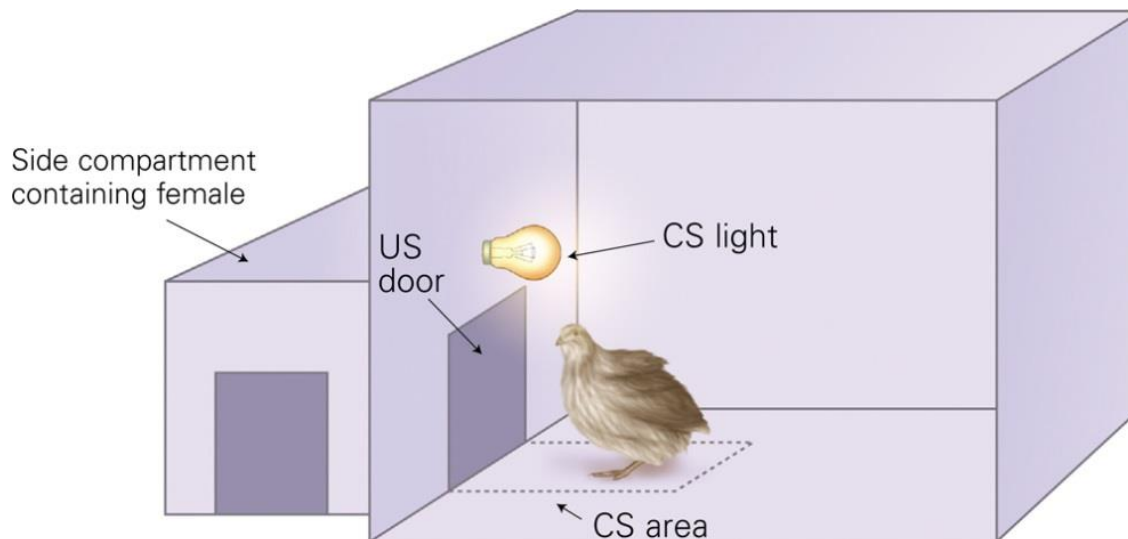
Probleme der Reiz-Substitutions-Theorie

- **CR und UR sind oft unterschiedlich (Stärke, zeitliches Muster)**
 - Z.B. konditionierte Lidschlussreaktion oft schwächer und langsamer als UR
- **CR umfasst nicht alle Komponenten der UR**
 - Z.B. reagiert Hund auf Futter (US) nicht nur mit Speichelfluss, sondern Kauen und Schlucken → ist nicht Bestandteil der CR
- **CR kann Komponenten beinhalten, die nicht Teil der UR sind**
 - Z.B. reagieren Hunde auf Glocke oft mit Kopfdrehung und Hinschauen → ist nicht Bestandteil der UR auf das Futter
- **CR kann mitunter ganz verschieden von der UR sein**
 - Z.B. steigt bei Meerschweinchen Herzfrequenz als Reaktion auf Elektroschock, aber sinkt in Reaktion auf den CS (Black, 1965)
 - „konditionierte kompensatorische Reaktion“

Was ist die konditionierte Reaktion?

Probleme der Reiz-Substitutions-Theorie

- Experiment mit männlichen Wachteln
 - US: Zugang zu Weibchen
 - CS: Schaumstoffblock mit zwei orangefarbenen Federn , in dessen Nähe das Weibchen auftauchte
 - UR = Werbe- und Paarungsverhalten
 - CR = Suchverhalten (spricht für Bildung einer Erwartung bzgl. des Auftauchens des US)



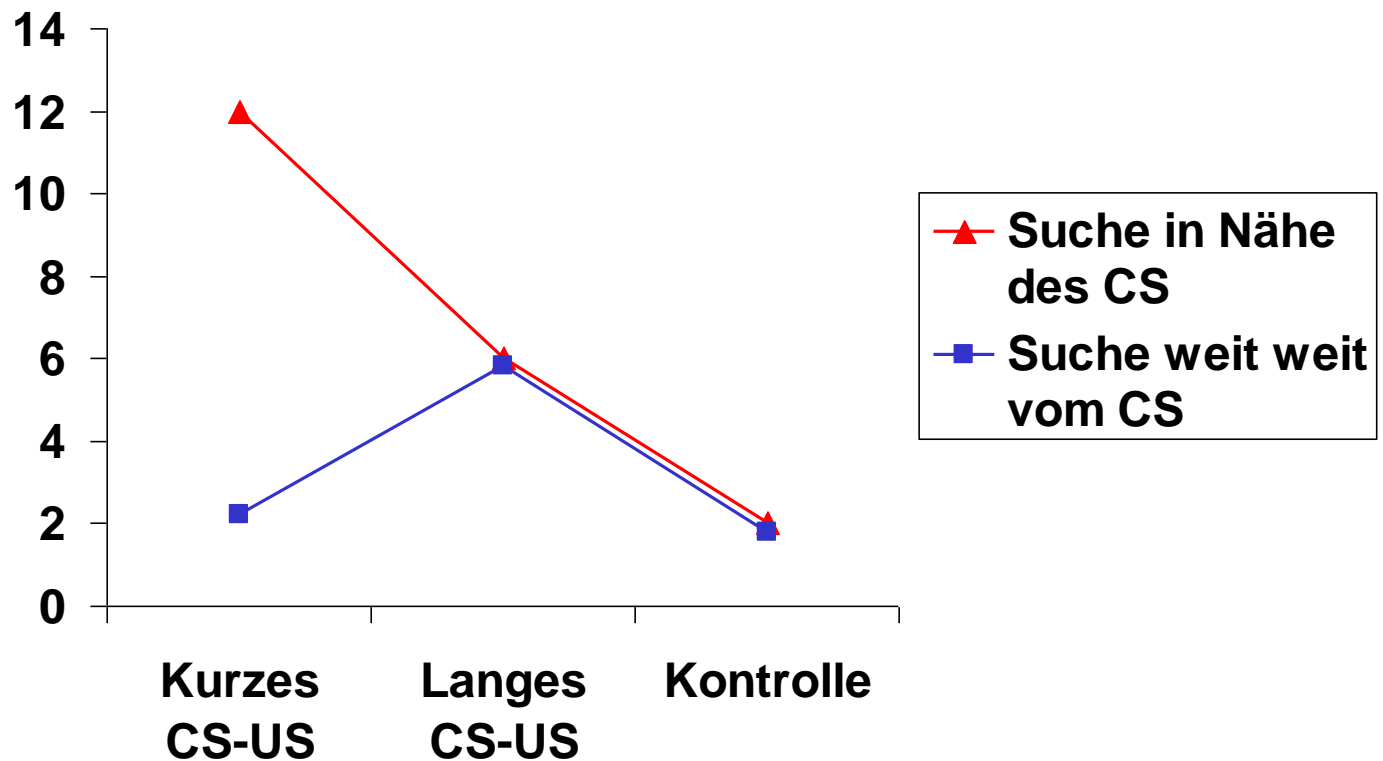
Anm: Der CS in der Studie war kein Licht (wie in der Abb.), sondern ein Schaumstoffblock mit farbigen Federn, der sichtbar wurde, wenn sich die Tür zum Käfig des Weibchens öffnete

Was ist die konditionierte Reaktion?

Probleme der Reiz-Substitutions-Theorie

Manipulation des CS-US-Intervalls

- 1 Minute: Wachteln suchten in der Nähe der Schaumstoffblocks
 - 20 Minuten: Wachteln suchten ungerichtet im ganzen Käfig
- Die CR variiert je nach Bedingung!



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