

Verwendete Literatur:

- Frank, M. J., Seeberger, L. C., & O'Reilly, R. C. (2004). By Carrot or by Stick: Cognitive Reinforcement Learning in Parkinsonism. *Science*, 306(5703), 1940–1943. <https://doi.org/10.1126/science.1102941>
- Gruber, M. J., Gelman, B. D., & Ranganath, C. (2014). States of Curiosity Modulate Hippocampus-Dependent Learning via the Dopaminergic Circuit. *Neuron*, 84(2), 486–496. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.08.060>
- Gruber, M. J., & Ranganath, C. (2019). How Curiosity Enhances Hippocampus-Dependent Memory: The Prediction, Appraisal, Curiosity, and Exploration (PACE) Framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(12), 1014–1025. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.10.003>
- Lisman, J. E., Grace, A. A., & Duzel, E. (2011). A neoHebbian framework for episodic memory; role of dopamine-dependent late LTP. *Trends in Neurosciences*, 34(10), 536–547. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2011.07.006>
- Shohamy, D., & Adcock, R. A. (2010). Dopamine and adaptive memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(10), 464–472. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.08.002>

Lernen

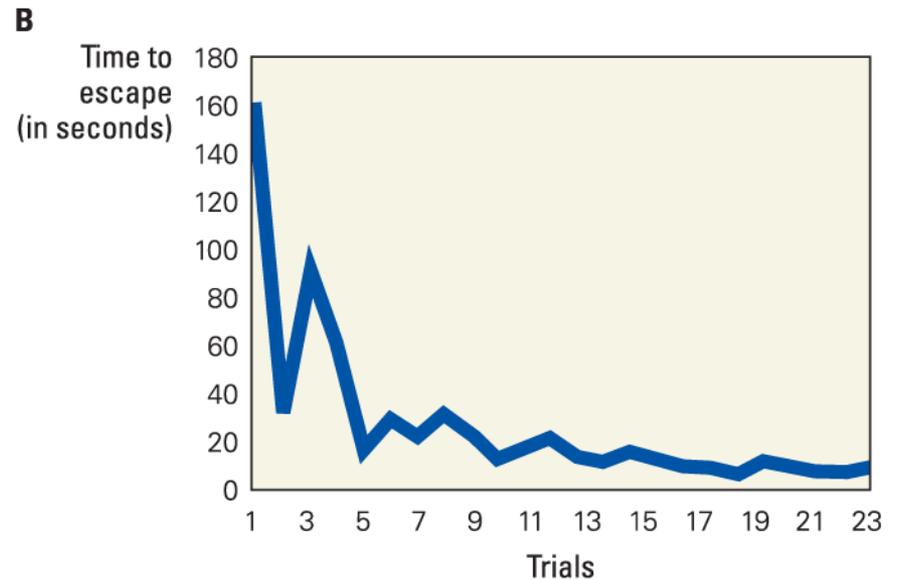
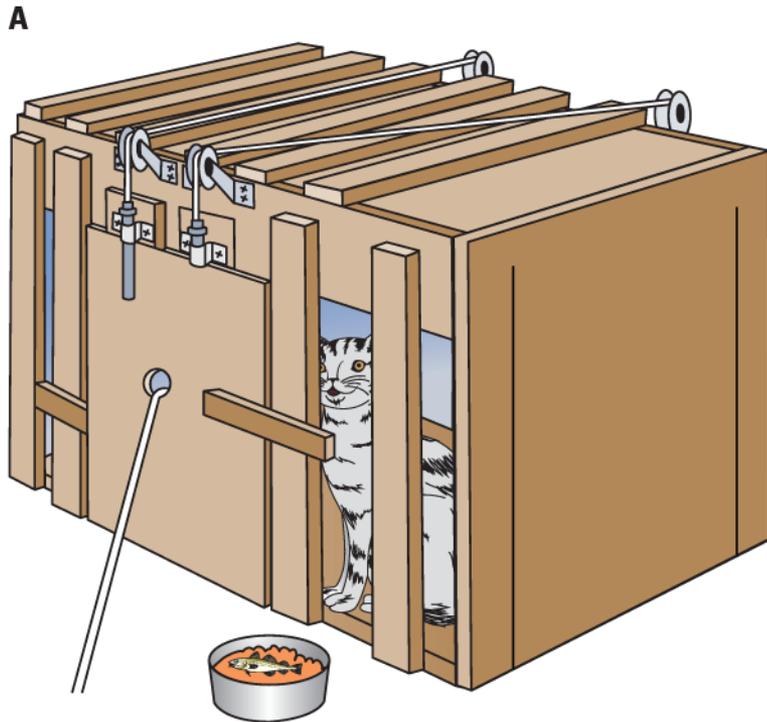


und

Motivation

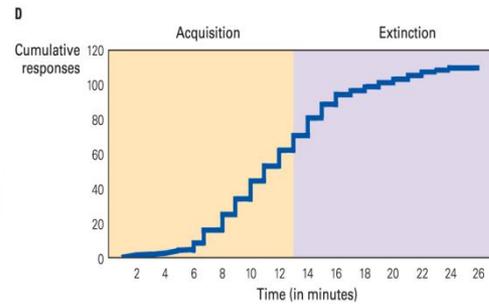
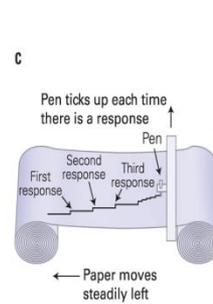
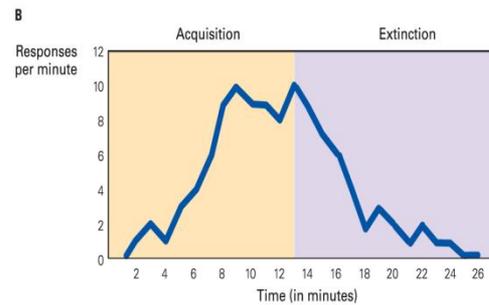
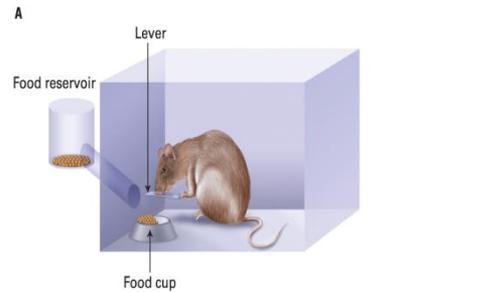


Instrumentelle Konditionierung: Thorndikes Studien zum Lernen bei Tieren



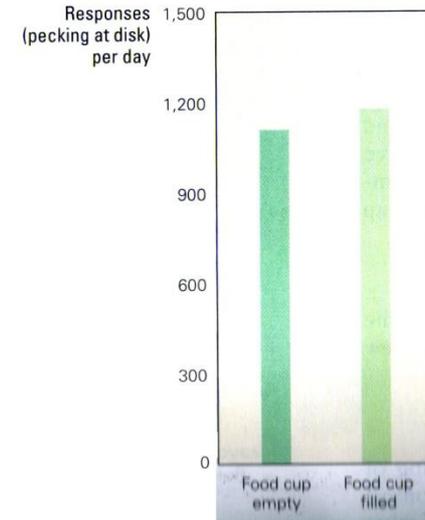
- **Operante/instrumentelle Konditionierung** ist der Prozess, durch den Organismen lernen, bestimmte Reaktionen auszuführen (oder zu unterlassen), um ein bestimmtes Ergebnis zu erreichen (oder zu vermeiden).
- Operante Konditionierung kann als dreiteilige Assoziation verstanden werden: Stimulus **S** /Diskriminativer Reiz **S^D** → Reaktion **R** → Konsequenz **C**

Freie operante Konditionierung in der Skinner-Box

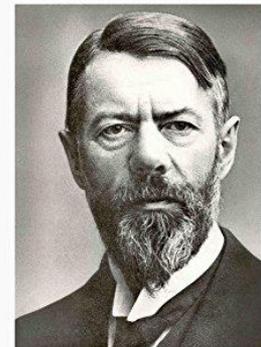


Der Protestantische Ethik-Effekt

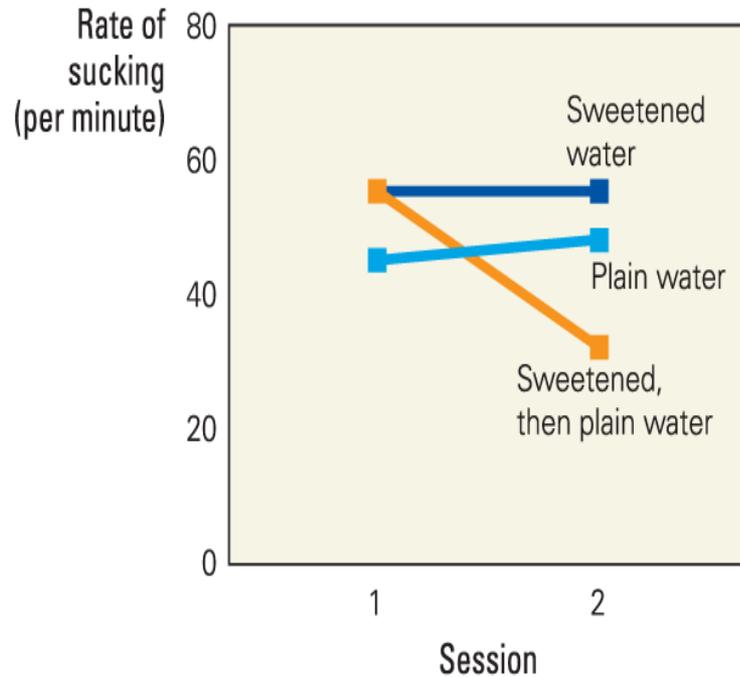
- Nachdem Tauben trainiert wurden, durch Picken Futter zu erhalten, wurde eine frei zugängliche Schale mit Futter in die Skinner-Box gestellt. Anstatt das Futter aus der Schale zu fressen, bevorzugten es die Tauben, weiterhin für ihr Futter zu “arbeiten”.
- Dieses Verhalten nennt man Protestantischer-Ethik-Effekt, in Anlehnung an den calvinistischen Grundsatz, dass Lohn verdient werden muss und Arbeit dem Müßiggang vorzuziehen ist.



Max Weber
Die protestantische Ethik
und der Geist des Kapitalismus



Der Negative Kontrast-Effekt

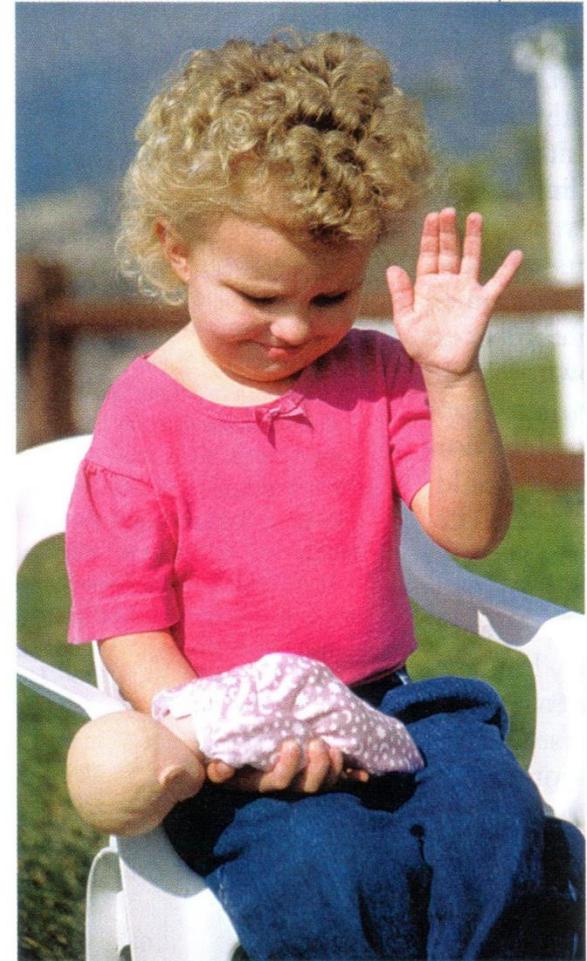


Gluck et al., *Learning and Memory*, 4e, © 2020
Worth Publishers

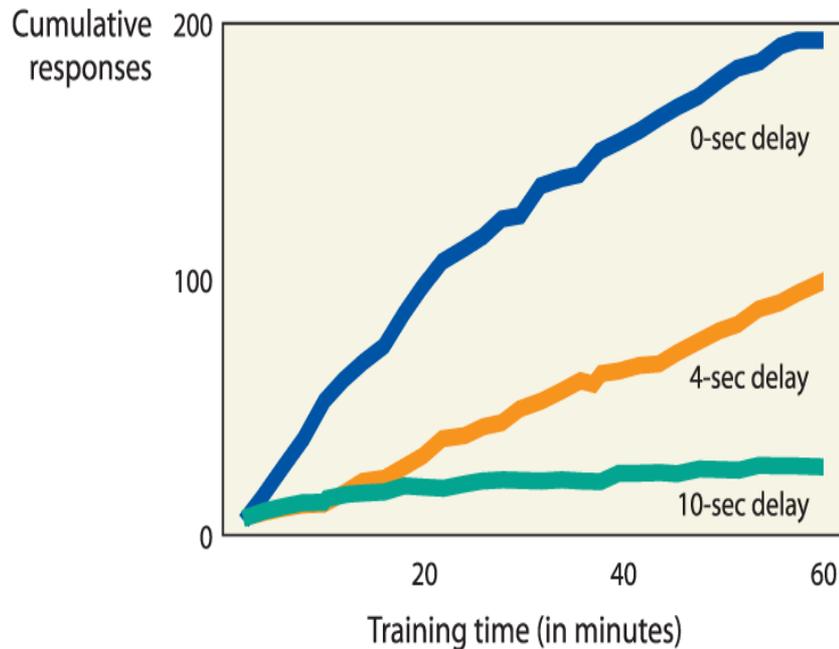
- Ein normalerweise akzeptabler Verstärker wirkt nicht, wenn ein bevorzugter Verstärker erwartet wird: Kleinkinder zeigen eine höhere Saugrate bei gesüßtem Wasser (dunkelblau) als bei ungesüßtem Wasser (hellblau). Gesüßtes Wasser ist also ein bevorzugter Verstärker.
- In einer dritten Gruppe, die in Session 1 gesüßtes Wasser erhielt und in Session 2 ungesüßtes Wasser (orange), zeigen die Kinder eine geringere Saugrate in Sitzung 2 als die Gruppe, die in beiden Sitzungen ungesüßtes Wasser erhielt.

Lernen durch Bestrafung?

- Bestrafung bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit eines (unerwünschten) Verhaltens durch eine unangenehme Konsequenz verringert wird (z.B. Geldstrafe, Gefängnis, Hausarrest, Schimpfen...)
- Anwendung von Bestrafung kann problematisch sein:
 - Bestrafung als Verstärker (Zuwendung von Aufmerksamkeit)
 - Untergrabung der Bestrafung durch konkurrierende Verstärkung (z.B. Anerkennung von Peers)
 - Diskriminative Reize für Bestrafung (z.B. Einhalten von Regeln nur bei Anwesenheit von bestimmten Personen)
- Lösungsansatz: Ignorieren von unerwünschten Verhaltensweisen und Gezielte Verstärkung von erwünschten Verhaltensalternativen (und Ignorieren von unerwünschten Verhaltensweisen)



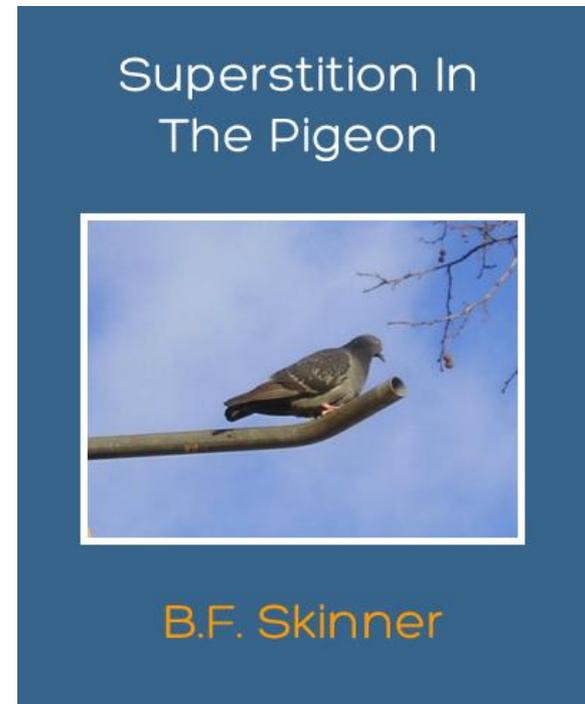
Zeitliche Verzögerung von Verhaltenskonsequenzen



- Ratten wurden trainiert, Futter durch einen Hebeldruck zu erhalten. Der Verstärker wurde entweder sofort (blau) oder mit einer kurzen Verzögerung gegeben.
- Bereits eine Verzögerung von vier Sekunden führte zu einer deutlichen Verlangsamung des Lernens (orange).
- Eine Verzögerung von 10 Sekunden führt zu einer beinahe flachen Lernkurve (grün).

Zeitliche Verzögerung von Verhaltenskonsequenzen

- Tauben erhielten alle 15 Sekunden Futter, ohne etwas dafür tun zu müssen.
- Die Tiere entwickelten komplexe Verhaltensweisen, die sie in den Pausen der Futterausgabe ausführten.
- Aberglaube bei Menschen könnte auf ähnliche Weise durch eine zufällige Verstärkung von Verhalten entstehen (z.B. Regentanz, Glücksbringer)

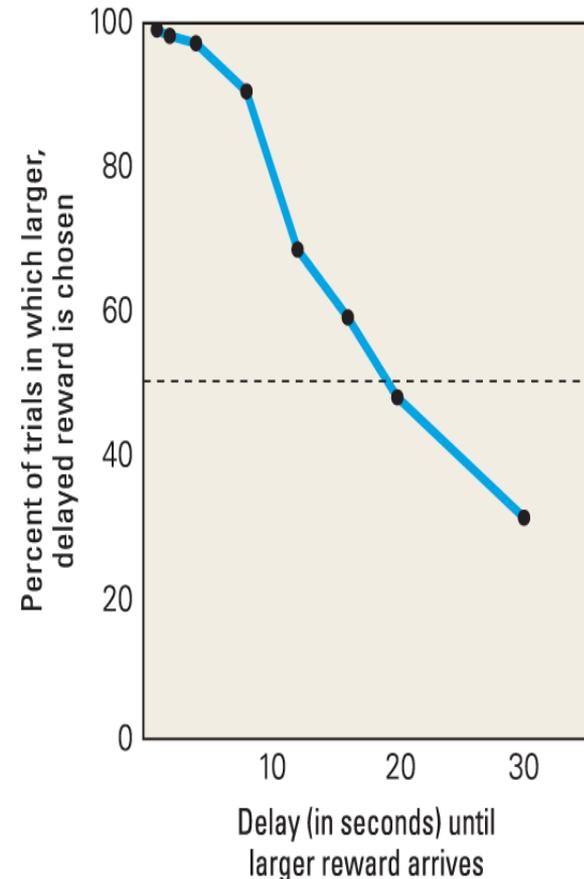


Paradigmen der instrumentellen Konditionierung

	Auftretenswahrscheinlichkeit von Verhalten wird erhöht (Verstärkung)	Auftretenswahrscheinlichkeit von Verhalten wird verringert (Bestrafung)
Konsequenz durch Hinzufügen (positiv)	Positive Verstärkung Beispiel: Zimmer aufräumen → Taschengeld erhalten	Positive Bestrafung Beispiel: Zu schnell fahren → Geldstrafe
Konsequenz durch Wegfall (negativ)	Negative Verstärkung (Flucht/Vermeidung) Beispiel: Aspirin nehmen → Kopfschmerzen verschwinden	Negative Bestrafung (Unterlassung) Beispiel: Mit anderen Kindern streiten → Auszeit vom Spielen

Delay Discounting

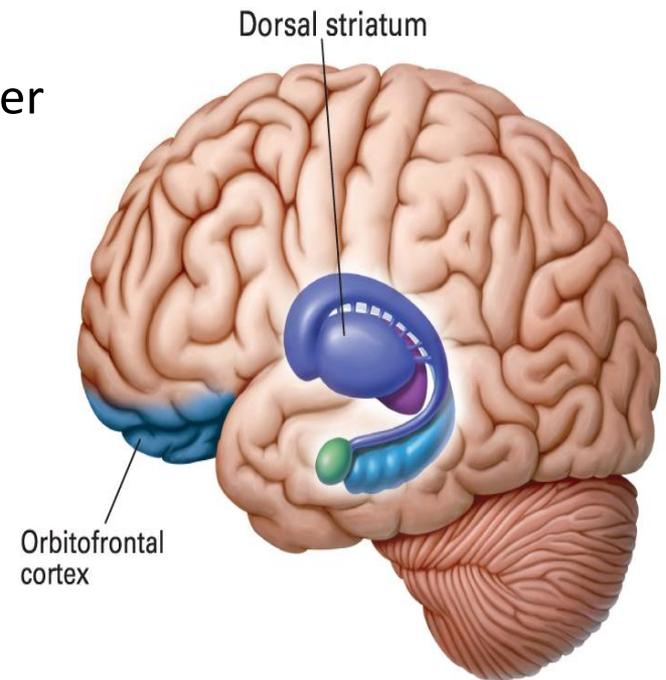
- Je länger man auf eine Belohnung warten muss, desto geringer wird der subjektive Wert dieser Belohnung
- Ratten wurde die Wahl zwischen zwei Hebeln gegeben: Der eine Hebel führte zu einer kleinen, unmittelbaren Belohnung, der anderen zu einer größeren, verzögerten Belohnung.
- Bei einer kurzen Verzögerung (0-5 Sekunden) wählten die Ratten beinahe immer die größere Belohnung. Bei einer längeren Verzögerung (20-30 Sekunden) wählten die Ratten häufiger die kleinere Belohnung.



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

Hirnsubstrate der operanten Konditionierung

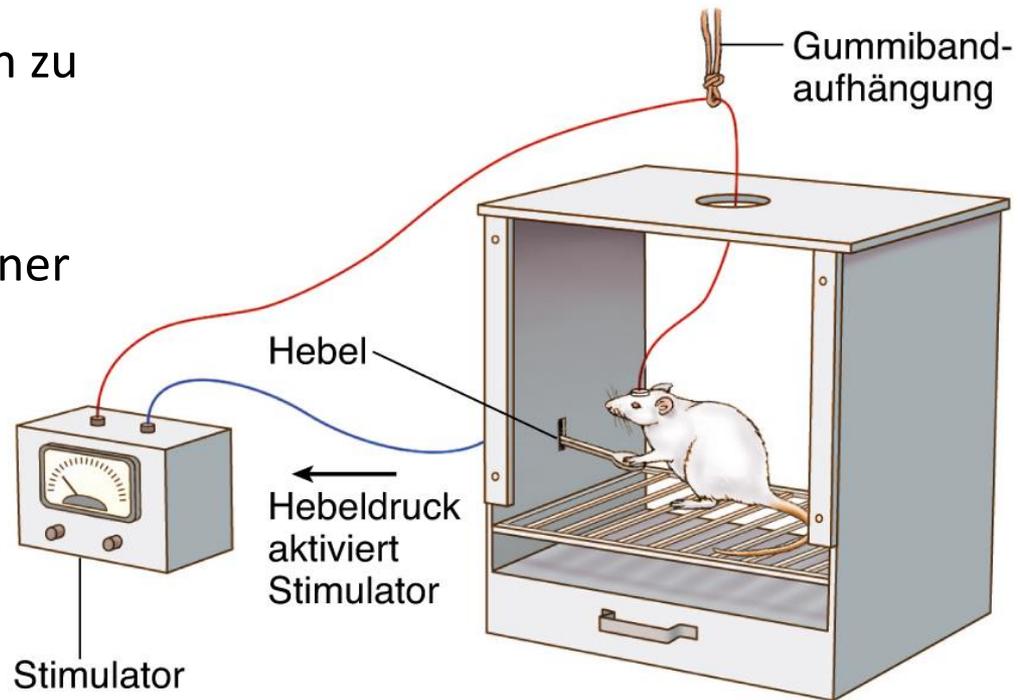
- Das dorsale Striatum spielt eine wichtige Rolle beim Lernen von S-R-Assoziationen anhand von Feedback.
- Der orbitofrontale Kortex ist beim Lernen der Verknüpfung von Reaktion und erwarteten Konsequenzen (R-C-Assoziation) beteiligt.



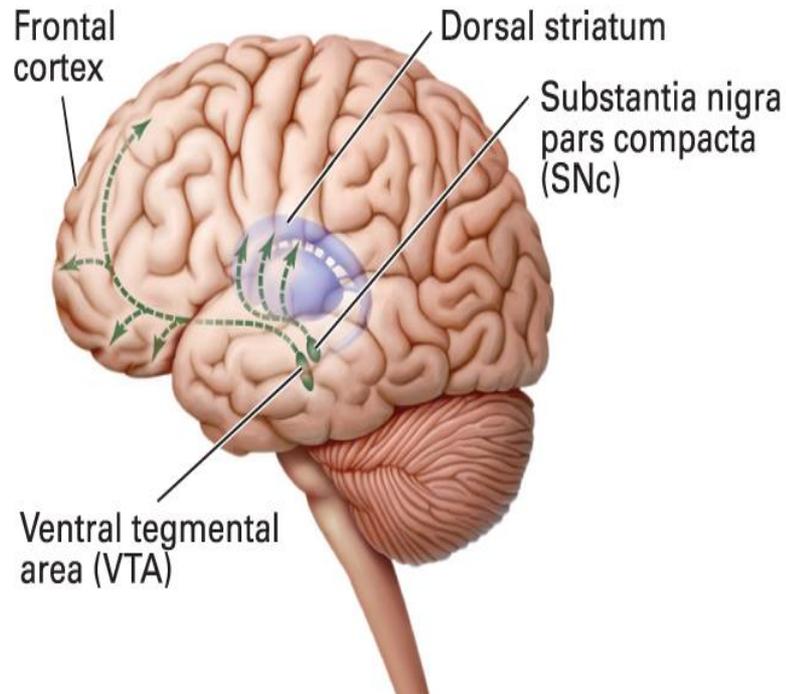
Gluck et al., *Learning and Memory*, 4e, © 2020 Worth Publishers

“Wollen” und “Mögen” im Gehirn

- Ratten sind bereit, für eine elektrische Stimulation in bestimmten Gehirnregionen zu “arbeiten”.
- Insbesondere im ventralen tegmentalen Areal (VTA), einer Region im Hirnstamm von Ratten, Menschen und anderen Säugetieren.



“Wollen” und “Mögen” im Gehirn



- Ratten sind bereit, für eine elektrische Stimulation in bestimmten Gehirnregionen zu “arbeiten”.
- Insbesondere im ventralen tegmentalen Areal (VTA), einer Region im Hirnstamm von Ratten, Menschen und anderen Säugetieren.

Die zwei Bahnen des mesotelencephalen Dopaminsystems

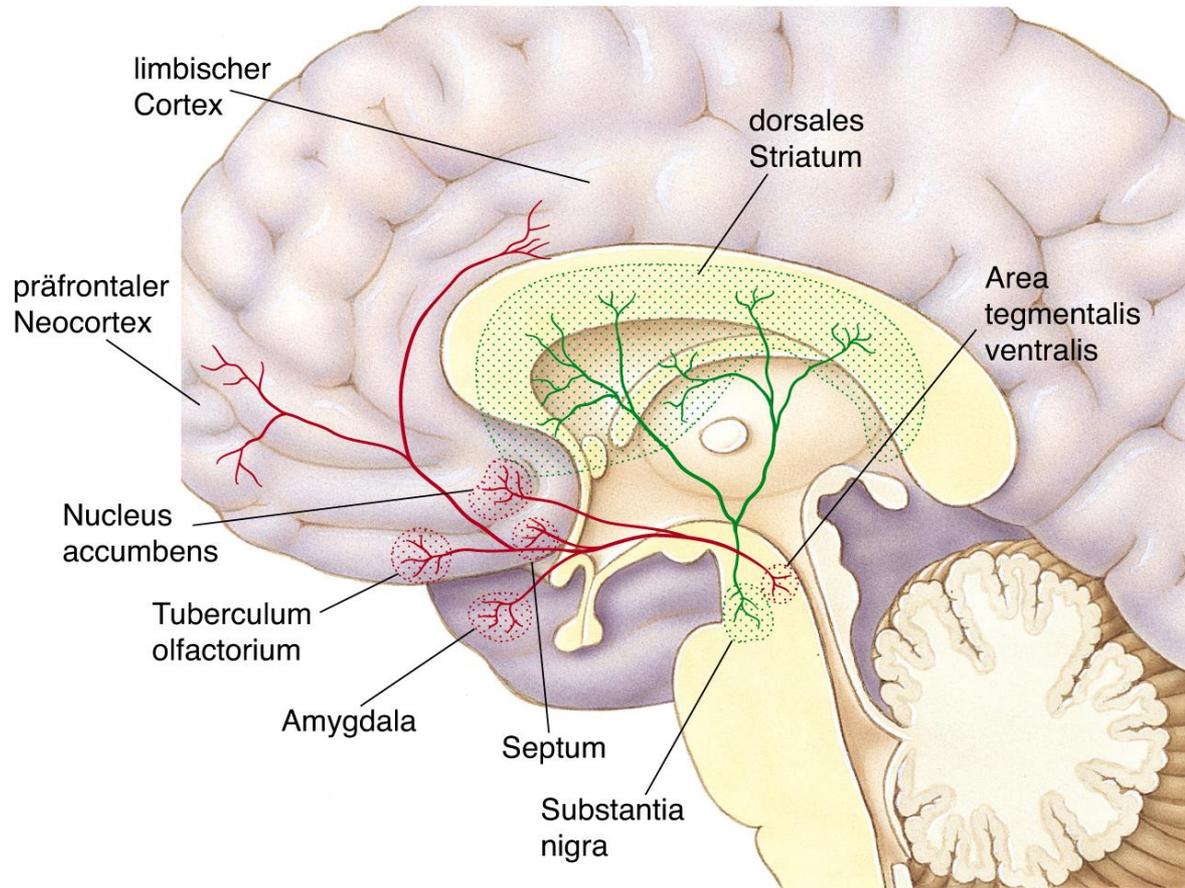
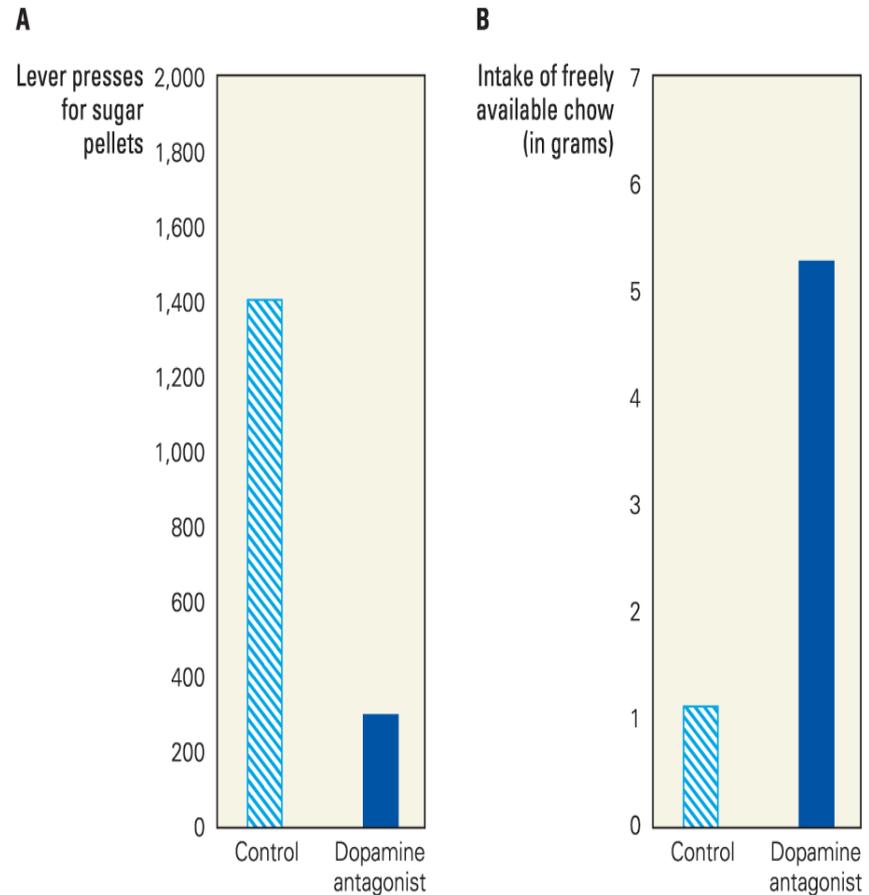


Abbildung 15.8: Das mesotelencephale Dopaminsystem im menschlichen Gehirn, bestehend aus der nigrostriatalen Bahn (grün) und der mesocorticolimbischen Bahn (rot) (adaptiert nach Klivington, 1992).

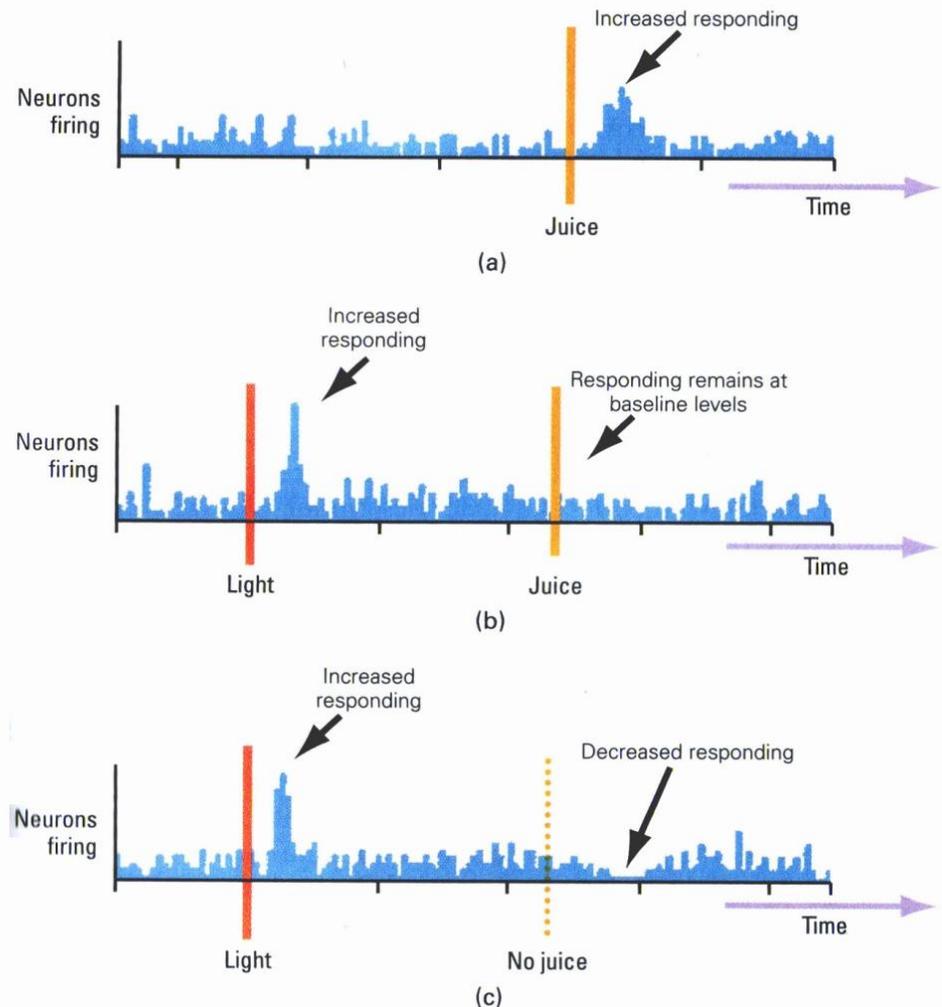
Dopamin: Die Anreizhervorhebungshypothese

- Dopamin signalisiert die Motivation, eine Belohnung zu erhalten (“Wollen”)
- Dopaminmangel führt demnach zu einer verringerten Motivation
- Der “Protestantische-Ethik-Effekt” verschwindet!



Dopamin: Die Belohnungserwartungshypothese

- Dopamin signalisiert Abweichungen von erwarteten Belohnungen (reward prediction errors)
- **Reward prediction error:** Abweichung zwischen erwarteter und tatsächlicher Belohnung
- Dopamin signalisiert...
 - Überraschende Belohnung
 - Erwartung von Belohnung
 - Überraschendes Ausbleiben von Belohnung

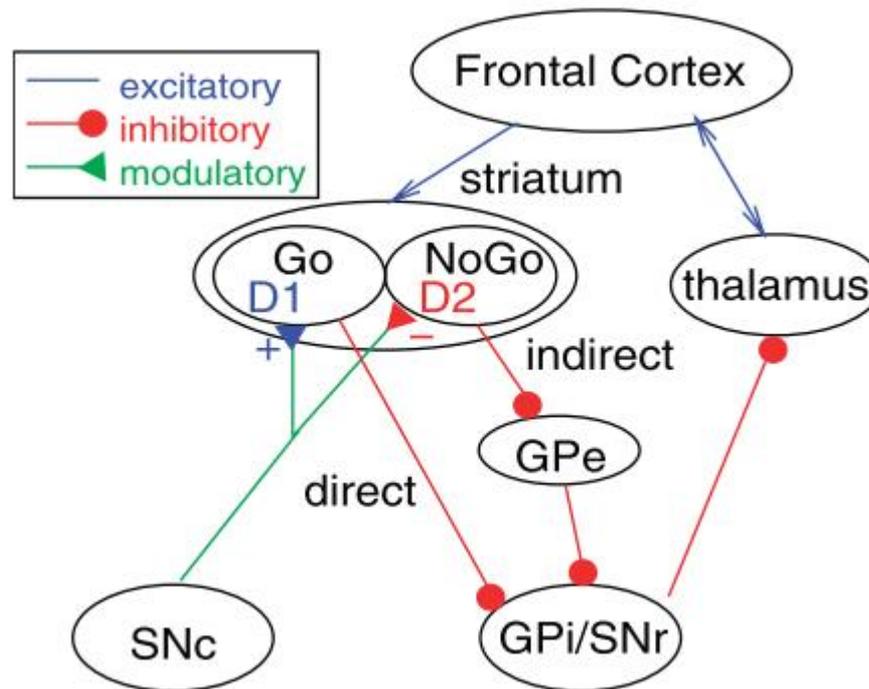


Zuckerbrot oder Peitsche: Die Rolle von Dopamin beim Lernen durch Verstärkung und Bestrafung

	Auftretenswahrscheinlichkeit von Verhalten wird erhöht (Verstärkung)	Auftretenswahrscheinlichkeit von Verhalten wird verringert (Bestrafung)
Konsequenz durch Hinzufügen (positiv)	Positive Verstärkung Beispiel: Zimmer aufräumen → Taschengeld erhalten	Positive Bestrafung Beispiel: Zu schnell fahren → Geldstrafe



Dopamin und motorische Kontrolle in den Basalganglien



Zuckerbrot oder Peitsche: Die Rolle von Dopamin beim Lernen durch Verstärkung und Bestrafung

Probabilistisches Lernen bei Patienten mit Morbus Parkinson (PD), einer neurodegenerativen Erkrankung, die zum Absterben von dopaminergen Neuronen im Mittelhirn führt

Probabilistische Selektionsaufgabe

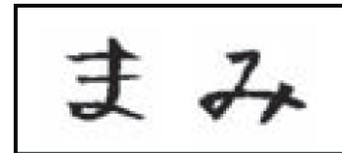
- Trial and Error Lernen bis Kriterium erreicht

Transferaufgabe

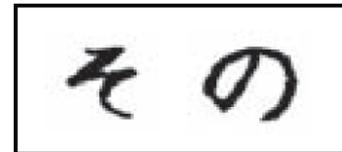
- Kein Feedback
- A – C – E bzw. B – D – F gepaart mit neuen Reizen.

? Wähle A vs. vermeide B

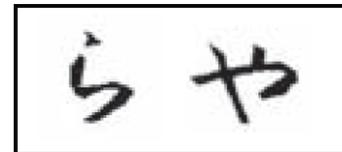
A Probabilistic Selection



A (80%) B (20%)



C (70%) D (30%)

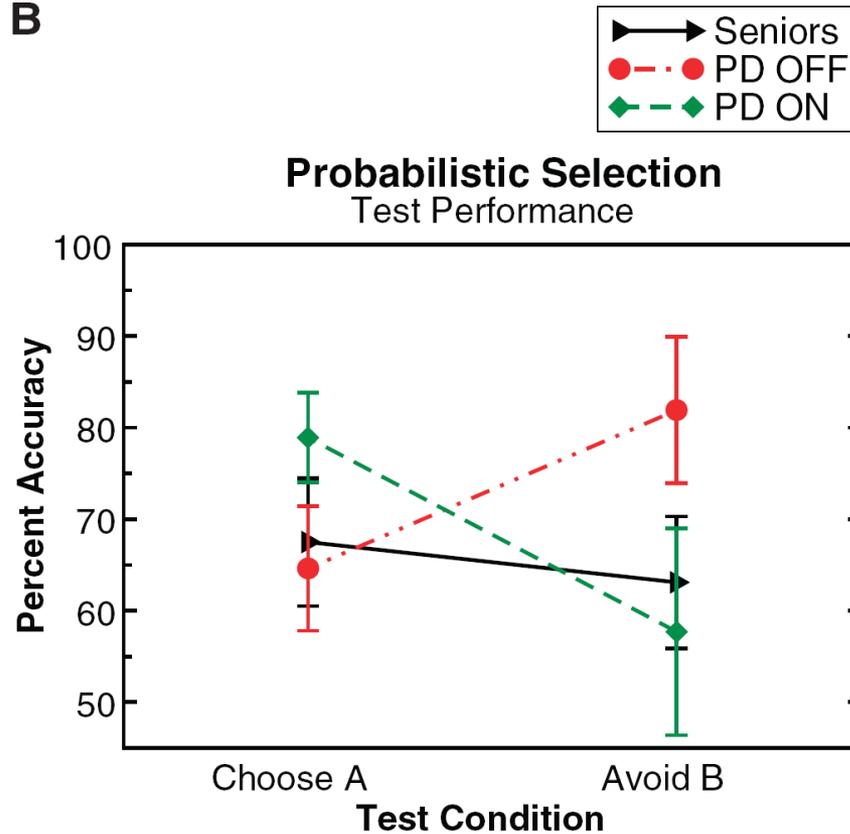


E (60%) F (40%)

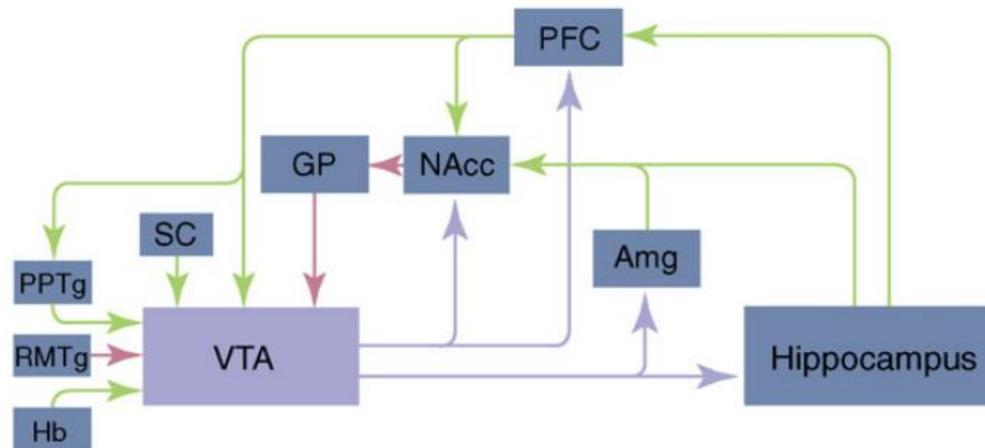
Zuckerbrot oder Peitsche?

Probabilistisches Lernen bei Parkinson Patienten

B



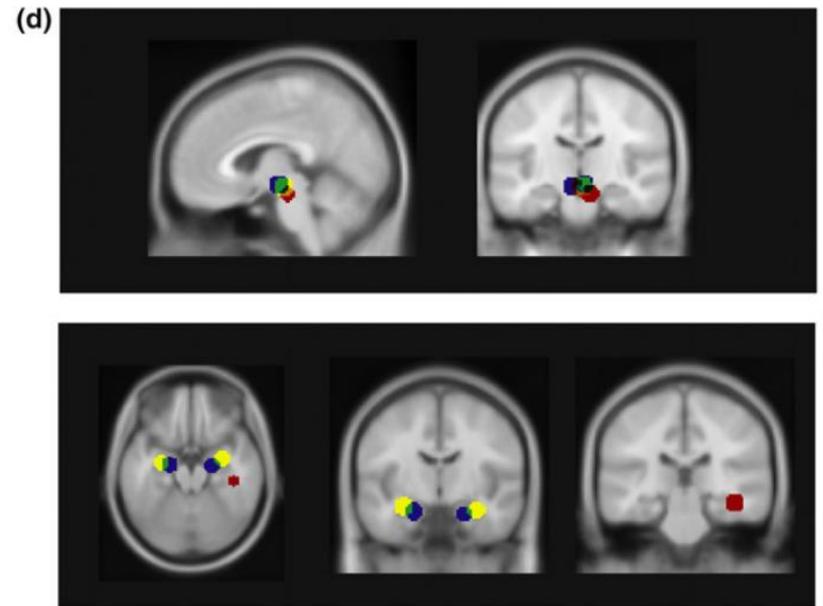
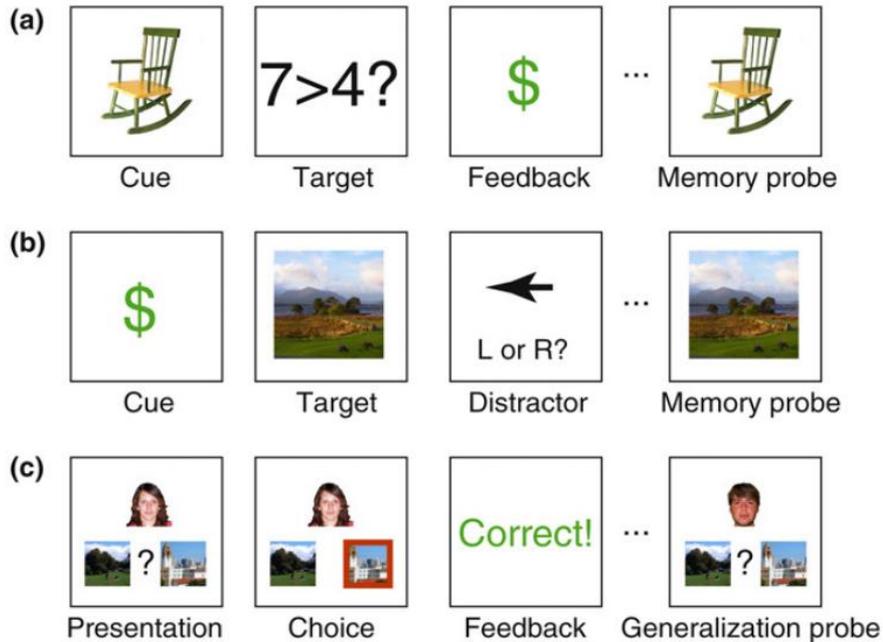
Dopamin und adaptives Gedächtnis



TRENDS in Cognitive Sciences

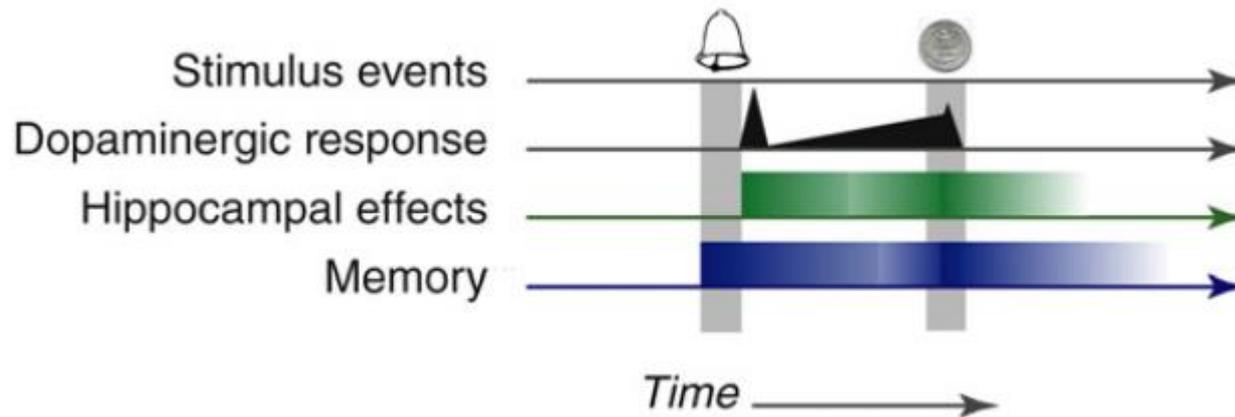
- Dopaminsignale werden auch an den Hippocampus weitergeleitet, der eine wichtige Rolle bei der Bildung und beim Abruf von deklarativen Gedächtnisspuren hat
- Dopamin unterstützt die Langzeitpotenzierung im Hippocampus (Lisman, Grace, & Düzel, 2011)
- Durch diesen Mechanismus können gezielt Gedächtnisspuren gestärkt werden, die mit Belohnung assoziiert sind (“adaptives Gedächtnis”)

Dopamin und adaptives Gedächtnis



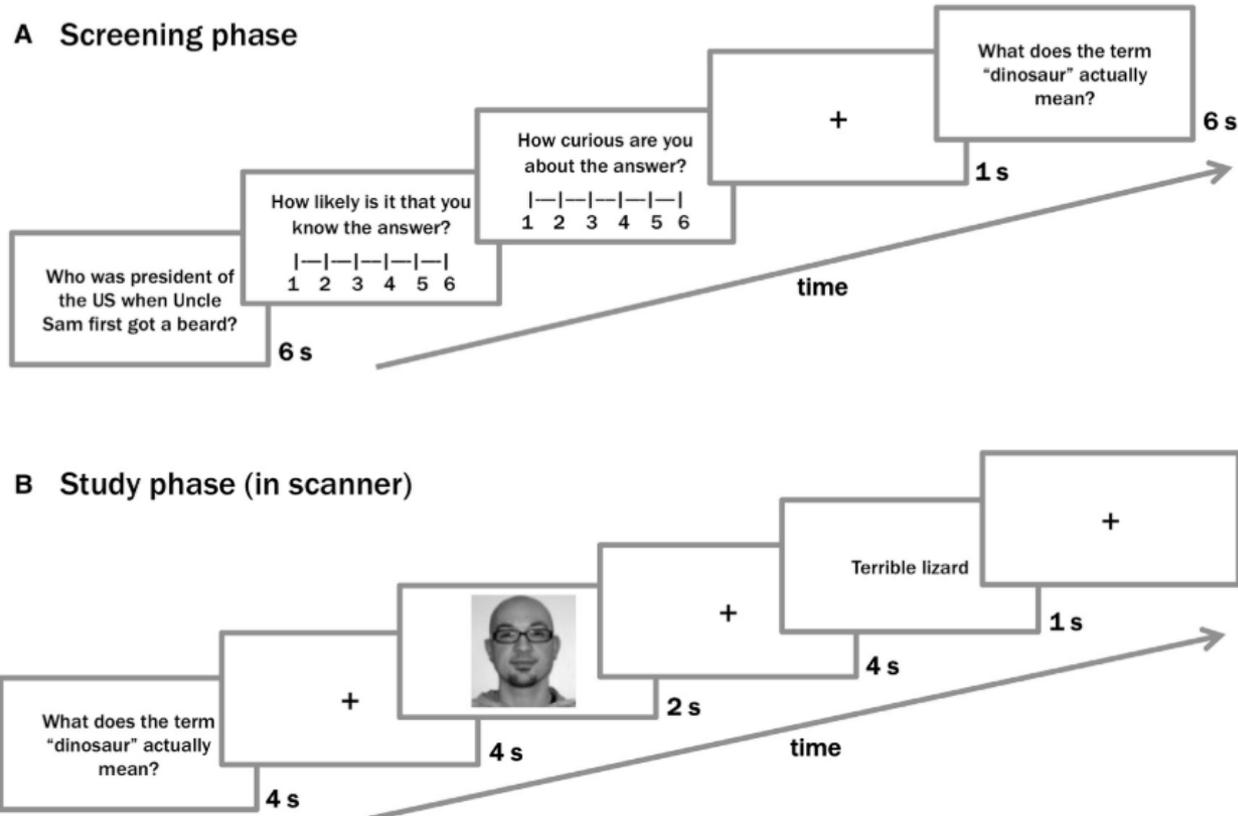
TRENDS in Cognitive Sciences

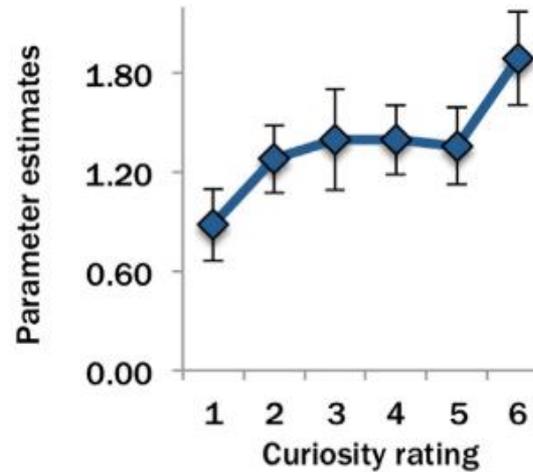
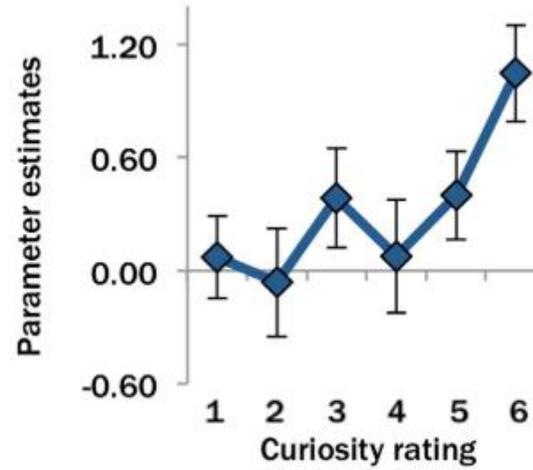
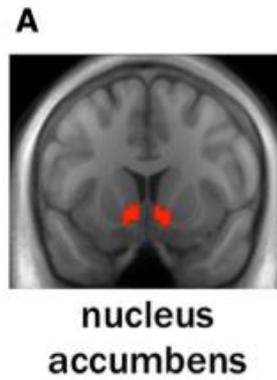
Dopamin und adaptives Gedächtnis

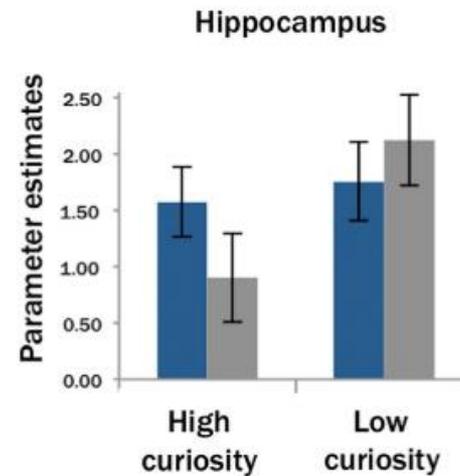
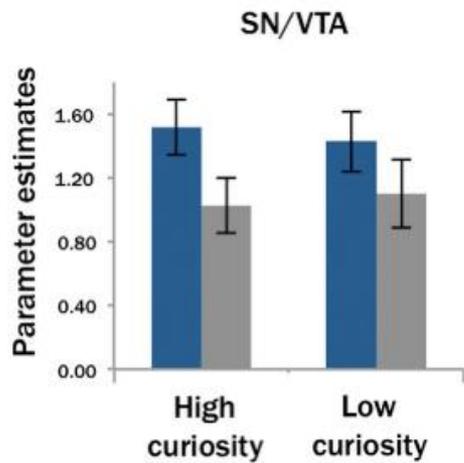
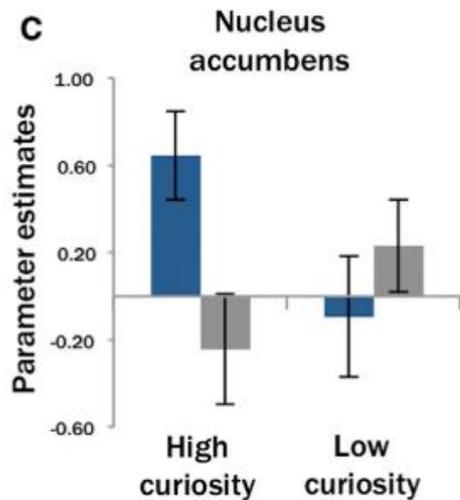
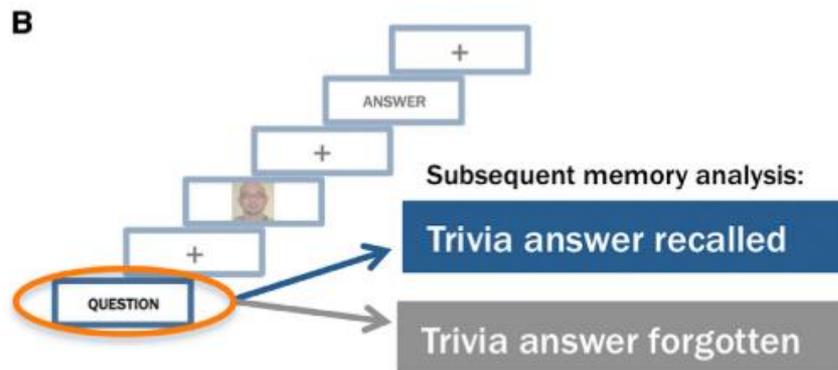
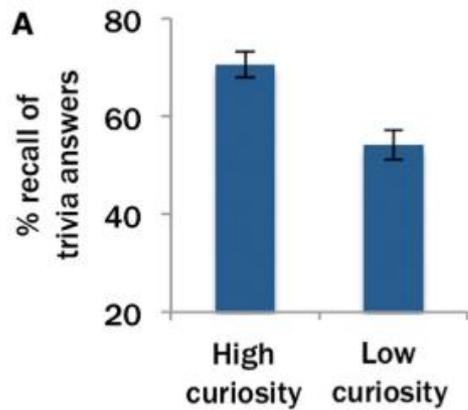


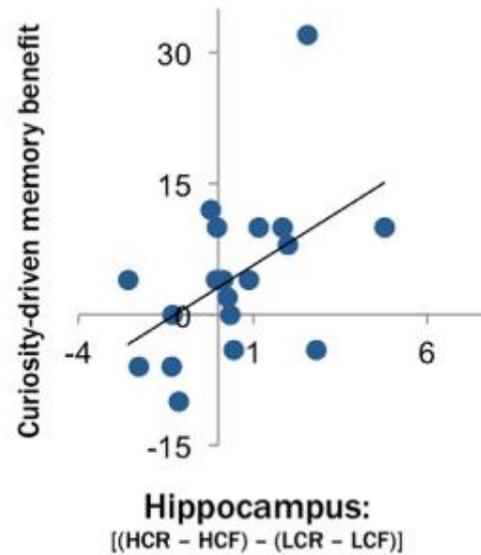
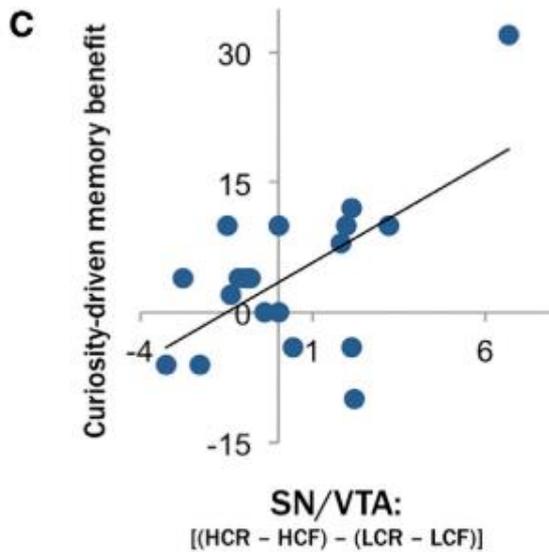
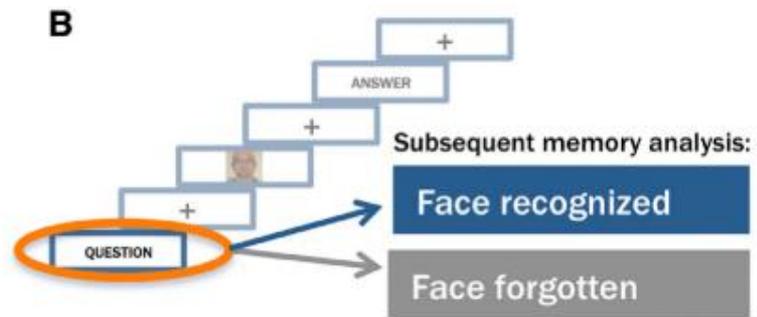
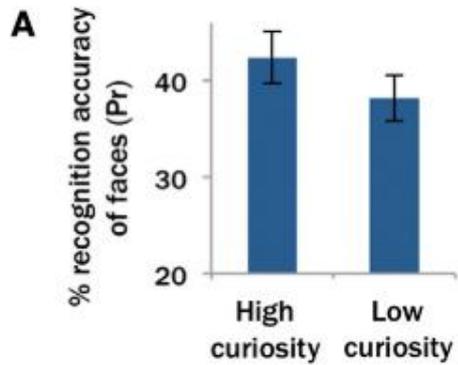
- **Tonische** Dopaminsignale: Lang anhaltende Zunahme der Feuerrate von dopaminergen Neuronen, signalisieren Anizipation, Motivation oder Erwartung
- **Phasische** Dopaminsignale: Kurzzeitige Zunahme oder Abnahme der Feuerrate von dopaminergen Neuronen, signalisieren *reward prediction errors*

Neugierde und Gedächtnis: Ein besonderer Fall von Belohnungsmotivation?

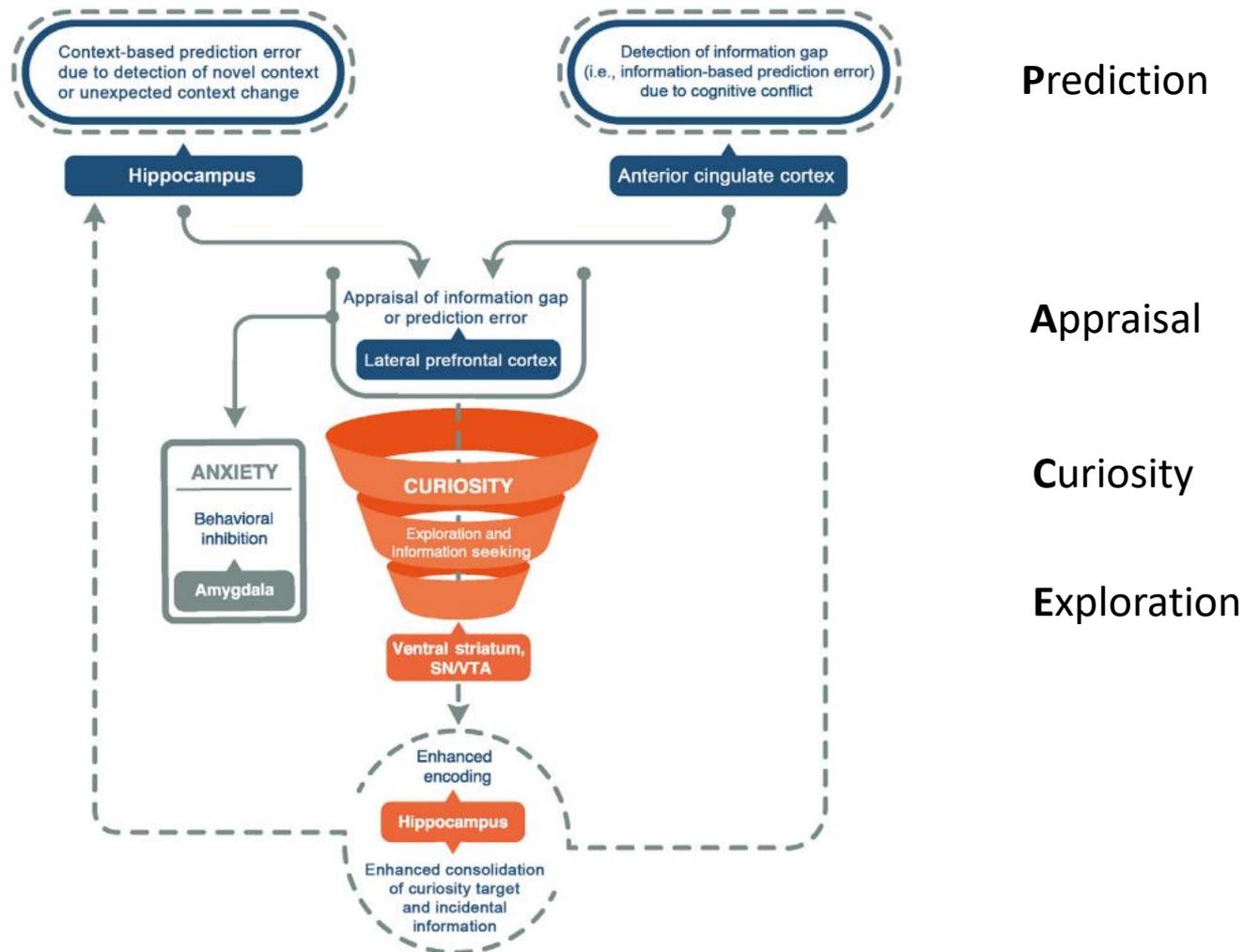








Wie Neugierde das Gedächtnis beeinflusst: Das PACE framework



Danke für ihre Aufmerksamkeit!



HI & LOIS ©1992 by King Features Syndicate, Inc. World rights reserved