

## Fragen und Antworten zur Wiederholung

### Kapitel 10 – Kognitive und neuronale Grundlagen von Motivation, Belohnung und Selbstkontrolle

**1. Was sind zentrale Herausforderungen, die Lebewesen bei der zielgerichteten Handlungssteuerung bewältigen müssen, und welche adaptiven Funktionen erfüllen motivationale Mechanismen?**

Antwort:

Antworten Lebewesen müssen unter unsicheren und sich verändernden Umständen Verhalten auswählen, das es ihnen erlaubt, wichtige Bedürfnisse zu befriedigen. Dabei benötigen sie einerseits kognitive Mechanismen, mit deren Hilfe sie aus Erfahrung lernen können, welche Konsequenzen ein bestimmtes Verhalten wahrscheinlich haben wird. Andererseits benötigen sie motivationale Mechanismen, die es ihnen gestatten, die Wichtigkeit und Dringlichkeit ihrer Bedürfnisse einzuschätzen und auf diese Weise festzulegen, wie viel physische oder kognitive Anstrengung erforderlich ist, um diese Bedürfnisse zu befriedigen. Motiviertes Verhalten ist nach diesem Modell das Ergebnis einer Kosten-Nutzen-Abwägung, bei der der erwartete subjektive Wert von Zielzuständen mit den Kosten verrechnet wird, die mit dem zur Zielerreichung notwendigen Verhalten verbunden sind.

**2. Was sind Bedürfnisse und wie beeinflussen sie Verhalten?**

Antwort:

Unter Bedürfnissen versteht man Abweichungen von physiologischen Sollwerten, z. B. ein Mangel an Futter, Wasser oder Schlaf. Solche Sollwertabweichungen setzen automatisch verschiedene körperliche Reaktionen in Gang, die die Funktion haben, die Sollwerte wiederherzustellen und einen überlebenswichtigen Gleichgewichtszustand, der nach Walter Cannon (1915) als Homöostase bezeichnet wird, herbeizuführen. Wenn die automatischen Regulationsmechanismen nicht ausreichen, um die Sollwertabweichungen zu beheben, führen Bedürfnisse zu aversiven Triebzuständen, die Lebewesen zu Verhalten motivieren, das es ihnen erlaubt, ihre Bedürfnisse zu stillen.

### 3. Was versteht man unter dem Saliennetzwerk und welche Funktionen hat es?

#### Antwort:

Das Saliennetzwerk, das sich aus der Amygdala und einigen weiteren Hirnstrukturen zusammensetzt, ermöglicht die Verarbeitung motivational und emotional bedeutsamer Reize, indem es solche Reize in der Umwelt wahrnimmt und Hirnregionen, die an kognitiven Kontrollprozessen beteiligt sind, mobilisiert.

### 4. Was sind Belohnungen und welche Komponenten von Belohnungsprozessen werden in der Theorie der Anreizsalienz unterschieden?

#### Antwort:

In behavioristischen Theorien wird das Konzept der Belohnung operational definiert, was bedeutet, dass jegliche Reize, die die Häufigkeit oder Intensität eines Verhaltens, das zu einer Belohnung geführt hat, erhöhen, als Belohnungen angesehen werden. Aus evolutionärer Perspektive werden Belohnungen hingegen als Reize definiert, die wichtige Bedürfnisse befriedigen. Dies umfasst primäre Belohnungen, die physiologische Bedürfnisse direkt befriedigen (z. B. Nahrung und Wasser), sowie sekundäre Belohnungen, die ihren Wert dadurch erhalten, dass sie über Lernprozesse mit primären Belohnungen assoziiert werden (z. B. Geld). In der Theorie der Anreizsalienz lassen sich drei Komponenten von Belohnungsprozessen unterscheiden. Diese können funktional voneinander abgegrenzt werden und beruhen teilweise auf separaten neuronalen Schaltkreisen:

- Die positiven hedonistischen Reaktionen, die durch den Erhalt einer Belohnung ausgelöst werden.
- Das Verlangen, eine Belohnung zu erhalten, und die Bereitschaft, dafür Anstrengung aufzubringen.
- Das Erlernen von Beziehungen zwischen Hinweisreizen und Belohnungen sowie zwischen Reaktionen und ihren belohnenden (oder bestrafenden) Konsequenzen.

### 5. Welche neuronalen Schaltkreise vermitteln „Mögen“ und „Wollen“?

#### Antwort:

„Mögen“-Reaktionen werden über das endogene Opioidsystem vermittelt. Tierstudien haben konkret gezeigt, dass sie durch ein Netzwerk relativ kleiner „hedonischer Hotspots“ in diversen Gehirnregionen, die an Belohnungsprozessen beteiligt sind, vermittelt werden. „Wollen“-Reaktionen werden im Gegensatz dazu durch die Freisetzung von Dopamin im mesolimbischen Dopaminsystem und speziell im Nucleus accumbens vermittelt.

## 6. Welche Befunde sprechen dafür, dass „Mögen“ und „Wollen“ separate Komponenten von Belohnungsprozessen sind und auf unterschiedlichen neuronalen Schaltkreisen beruhen?

### Antwort:

In Tierexperimenten ist es über die Beobachtung von Verhaltensindikatoren für „Mögen“-Reaktionen (z. B. charakteristische mimische Reaktionen auf süße und bittere Geschmacksreize) möglich, „Mögen“ und „Wollen“ voneinander zu unterscheiden. Ratten mit geschädigten dopaminergen Neuronen zeigen etwa nach wie vor die typischen Anzeichen des Mögens, wenn sie eine Belohnung erhalten (Berridge & Robinson, 1998; Nguyen et al., 2021). Zudem fressen sie auch weiterhin Futter, wenn es ihnen direkt verabreicht wird. Allerdings sind solche Ratten nicht mehr motiviert, Anstrengung aufzuwenden und instrumentelles Verhalten auszuführen, um eine Belohnung zu erlangen. Darüber hinaus ziehen Ratten, denen ein Dopaminantagonist verabreicht wurde, weiterhin Zuckerkügelchen gewöhnlichem Rattenfutter vor, wenn sie frei verfügbar sind. Wenn sie aber einen Hebel drücken müssen, um die Zuckerkügelchen zu erhalten, begnügen sich solche Ratten meist mit dem weniger attraktiven Futter, wenn sie letzteres ohne Anstrengung erlangen können (Salamone et al., 2002).

## 7. Was sind die zentralen Annahmen von Theorien des Verstärkungslernens, z. B. des Rescorla-Wagner-Modells, und welche funktionale Rolle spielen Belohnungsvorhersagefehler in diesem Modell?

### Antwort:

Theorien des Verstärkungslernens basieren auf der Annahme, dass Dopamin eine zentrale Rolle beim belohnungsbasierten Lernen spielt. Dabei signalisieren Belohnungsvorhersagefehler („reward prediction errors“) Diskrepanzen zwischen einer vorhergesagten und einer tatsächlich eintretenden Belohnung. Solche Fehler können sowohl positiv als auch negativ sein und Lebewesen lernen mit Hilfe der Fehlersignale, Belohnungen vorherzusagen, Zuständen in ihrer Umwelt einen subjektiven Wert zuzuweisen und Verhalten auszuwählen, dass zu Zuständen mit einem positiven Wert führt. Das Rescorla-Wagner-Modell nimmt an, dass jede Paarung eines konditionierten Stimulus (CS) mit einem unkonditionierten Stimulus (US) zu einer Stärkung der Assoziation zwischen den beiden Stimuli führt. Die Stärke dieser Assoziation in einem Lerndurchgang verändert sich dabei proportional zur Differenz zwischen der erwarteten und der tatsächlichen Intensität des US (z. B. der Menge oder Attraktivität des verabreichten Futters).

## 8. Was sind die zentralen Annahmen des Modells des zeitlichen Differenzlernens?

### Antwort:

Das Modell des zeitlichen Differenzlernens („temporal difference learning“) erklärt, wie Lebewesen Beziehungen zwischen zeitlich vorgelagerten Hinweisreizen und erst später verfügbaren Verstärkern erlernen können. Es beruht auf der Annahme, dass Lebewesen stets versuchen vorherzusagen, welche zukünftigen Belohnungen ausgehend von ihrem aktuellen Zustand erreicht werden können. Wenn ein Tier etwa unerwarteterweise in einer neuen Umwelt das erste Mal einen Zustand erlebt, der als Belohnung wahrgenommen wird, resultiert ein positiver Vorhersagefehler. Das Modell des zeitlichen Differenzlernens nimmt an, dass solche Vorhersagefehler genutzt werden, um den Wert des Zustands, welcher der Belohnung unmittelbar vorherging, anzupassen. Diese Wertänderung wird nach und nach auf immer weiter zurückliegende Zustände übertragen. In diesem Modell generiert der Lernalgorithmus also nicht nur beim Erhalt einer unerwarteten Belohnung einen Vorhersagefehler, sondern versucht den Wert des nächsten Zustands vorherzusagen. Vorhersagefehler werden deswegen auch dann ausgelöst, wenn es keine unmittelbare Belohnung gibt, der Wert des nächsten Zustands jedoch falsch eingeschätzt wurde.

## 9. Welche Funktion wird dem mesolimbischen Dopaminsystem in Theorien des Verstärkungslernens zugeschrieben, und auf welchen Befunden beruht diese Annahme?

### Antwort:

Vorhersagefehler im Modell des zeitlichen Differenzlernens werden scheinbar durch das phasische Feuerungsverhalten von Neuronen im mesolimbischen Dopaminsystem kodiert. Während unerwartete Belohnungen eine phasische Erhöhung der Feuerungsrate dopaminerger Neurone im VTA auslösen, lässt sich eine solche Aktivität beim Erhalt korrekt vorhergesagter Belohnungen nicht beobachten. Das Ausbleiben einer erwarteten Belohnung führt derweil zu einer reduzierten Feuerungsrate. Diese Hypothese wird durch Experimente gestützt, in denen das Feuerungsverhalten einzelner dopaminerger Neuronen im VTA von Affen in einer Pawlowschen Konditionierungsaufgabe untersucht wurde (Schultz et al., 1997; Schultz & Dickinson, 2000; Schultz et al., 2017, 1998).

## 10. Was versteht man unter intertemporalen Entscheidungskonflikten, und welches Verhalten hat man in solchen Konflikten beobachtet?

### Antwort:

Die menschliche Fähigkeit zum zukunftsorientierten Denken kann zu Konflikten führen, da langfristige Ziele im Widerspruch zu aktuellen Bedürfnissen stehen können. Konditionierte Reize, die eine kurzfristige Belohnung ankündigen (z. B. eine leckere Nachspeise sehen),

können ein starkes Verlangen auslösen, das im Konflikt zu den kognitiv repräsentierten Zielen eines Menschen (z. B. den Zuckerkonsum reduzieren) steht. Nicht selten geben Menschen in solchen Konfliktsituationen der kurzfristigen Versuchung nach, auch wenn sie sich bewusst sind, dass ihr Verhalten ihren eigenen langfristigen Zielen widerspricht.

### **11. Was versteht man unter Selbstkontrolle, und welche unterschiedlichen Strategien der Selbstkontrolle gibt es?**

#### Antwort:

Unter Selbstkontrolle versteht man kognitive Strategien, die es Menschen erlauben, kurzfristigen Versuchungen zu widerstehen und impulsive Reaktionen zu unterdrücken, um das eigene Verhalten in Einklang mit langfristigen persönlichen Zielen oder sozialen Normen und moralischen Werten zu bringen. Dadurch spielt Selbstkontrolle eine wichtige Rolle für adaptives zukunftsorientiertes Verhalten. Die kognitiven Strategien, die als Selbstkontrolle bezeichnet werden, lassen sich in interventionelle und präventive Strategien einteilen. Präventive Strategien haben dabei das Ziel, Versuchungssituationen im Vorfeld zu vermeiden oder die Kosten, die mit einer antizipierten zukünftigen Versuchung verbunden wären, zu erhöhen. Im Gegensatz dazu bezieht sich interventionelle Selbstkontrolle auf solche kognitiven Kontrollprozesse, die in einer akuten Versuchungs- oder Konfliktsituation mobilisiert werden.

### **12. Was versteht man unter kognitiver Kontrolle, und welche Hirnregionen sind an kognitiven Kontrollfunktionen beteiligt?**

#### Antwort:

Unter kognitiver Kontrolle (bzw. exekutiven Funktionen) versteht man diverse Mechanismen, die es Menschen gestatten, ihre perzeptuellen, emotionalen und motorischen Prozesse so zu koordinieren, dass es ihnen gelingt, sich im Sinne ihrer übergeordneten Ziele zu verhalten. Kognitive Kontrolle ist insbesondere dann wichtig, wenn man sich konkret in einer Situation befindet, in der die langfristige Zielverfolgung durch konkurrierende kurzfristige Anreize gefährdet wird. In solchen Situationen kann selbstkontrolliertes Verhalten beispielsweise dadurch gefördert werden, dass die Aufmerksamkeit auf die langfristigen Folgen von Entscheidungen gelenkt wird. Kognitive Kontrollfunktionen werden durch ein weit verteiltes Netzwerk von Hirnregionen ermöglicht, das als exekutives oder kognitives Kontrollnetzwerk bezeichnet wird und als Schlüsselregionen den dorsolateralen Präfrontalkortex und den posterioren Parietalkortex umfasst. Insbesondere der laterale präfrontale Kortex spielt eine wichtige Rolle, da er an der Aufrechterhaltung von Zielen im Arbeitsgedächtnis, der Inhibition habitueller Reaktionen, der zielgerichteten Steuerung der Aufmerksamkeit sowie der Top-down-

Modulation emotionaler und motivationaler Systeme im Sinne übergeordneter Ziele beteiligt ist.

### 13. Was ist die zentrale Annahme der Konfliktüberwachungstheorie und welche empirischen Belege sprechen für die Theorie?

#### Antwort:

Die Konfliktüberwachungstheorie („conflict-monitoring theory“) ist eine Theorie der kognitiven Neurowissenschaft, in der komputationale Modelle genutzt werden, um zu zeigen, dass Selbstkontrollprozesse über eine relativ automatische Reaktion auf Konflikte zwischen gegensätzlichen Reaktions- oder Motivationstendenzen mobilisiert werden können. Die zentrale Annahme der Theorie ist, dass Regionen im medialen Präfrontalkortex ein Überwachungs- oder Monitoringsystem darstellen, das das Verhalten stets auf Fehler sowie Entscheidungs- und Reaktionskonflikte überwacht. Sobald ein Fehler oder Konflikt registriert wird, signalisiert dieses System, dass eine erhöhte kognitive Kontrolle erforderlich ist, um eine Aufgabe zu bewältigen und auf diese Weise Fehler zu vermeiden. Zahlreiche Verhaltensexperimente, in denen den Versuchspersonen Stroop-Aufgaben gestellt wurden, unterstützen die Konfliktüberwachungstheorie. Bei diesen Aufgaben sollen Versuchspersonen etwa die Farbe von Wörtern identifizieren, die ihrerseits Farben benennen, wobei verlängerte Reaktionszeiten und eine höhere Fehlerrate beobachtet werden, wenn die Farbe und die Wortbedeutung inkongruent sind (z. B. das Wort BLAU in roter Farbe geschrieben). Dieser Effekt ist jedoch meist signifikant reduziert, wenn im Durchgang unmittelbar vor einem inkongruenten Reiz bereits ein inkongruenter Reiz verarbeitet wurde, was in der Konfliktüberwachungstheorie darauf zurückgeführt wird, dass der Reaktionskonflikt im vorhergehenden Durchgang automatisch eine verstärkte Mobilisierung der kognitiven Kontrolle ausgelöst hat.

### 14. Was ist die zentrale Annahme von Zwei-Systeme-Theorien der Selbstkontrolle?

#### Antwort:

Zwei-Systeme-Theorien der Selbstkontrolle gehen davon aus, dass es im Gehirn zwei separate Bewertungssysteme gibt, die miteinander um die Verhaltenskontrolle konkurrieren. Das impulsive oder affektive System soll demnach primär auf unmittelbare Anreize reagieren und zukünftige Belohnungen stark abwerten. Im Gegensatz dazu soll das deliberative oder reflektierte System zukünftige Belohnungen wenig oder überhaupt nicht abwerten und die Ausrichtung des Verhaltens an langfristigen Zielen fördern.

**15. Welche Befunde sprechen dafür, dass wertbasierte Entscheidungen auf einem integrierten Bewertungssignal im ventromedialen präfrontalen Kortex beruhen, und welche Rolle spielt dieses Bewertungssignal bei selbstkontrollierten Entscheidungen?**

Antwort:

Eine Studie von Kable und Glimcher (2007), die die Hirnaktivität von Personen in einer intertemporalen Entscheidungsaufgabe untersuchte, unterstützt die Annahme eines einheitlichen Bewertungssystems, das unterschiedliche Aspekte von Belohnungsreizen zu einem einheitlichen Wertsignal integriert. In dieser Untersuchung konnten die Versuchspersonen in jedem Versuchsdurchgang zwischen einer sofort verfügbaren Belohnung von 20 Dollar und einer später verfügbaren Belohnung, deren Höhe von Durchgang zu Durchgang variierte, wählen. Der subjektive Wert verzögerter Belohnungen wurde von den Versuchspersonen umso mehr abgewertet, je weiter die Belohnung in der Zukunft lag, und die Analyse der fMRT-Daten zeigte, dass die Aktivierung in einem Netzwerk von Hirnregionen, die zuvor als „impulsives“ System interpretiert worden waren, mit dem diskontierten subjektiven Wert der Belohnungen korrelierte. Diese Beobachtung steht im Widerspruch zu einer zentralen Vorhersage der Zwei-Systeme-Theorie und spricht stattdessen dafür, dass der subjektive Wert kurz- und langfristiger Konsequenzen zu einem Wertsignal integriert wird, das die Entscheidungsbildung beeinflusst. Wenn Entscheidungen durch ein integriertes Wertsignal bestimmt werden, dann sollte also die Wahrscheinlichkeit, dass sich eine Person in einer intertemporalen Konfliktsituation selbstkontrolliert entscheidet, davon abhängen, wie groß das relative Gewicht ist, mit dem der subjektive Wert antizipierter langfristiger Konsequenzen in die Berechnung dieses Wertsignals einfließt.

**16. Was ist die zentrale Annahme der Theorie der Motivationsintensität, und welche Evidenz spricht für diese Annahme?**

Antwort:

Die Theorie der Motivationsintensität („motivational intensity theory“, MIT) postuliert, dass Menschen ihre kognitive Anstrengung erhöhen, wenn sie einen subjektiven Anstieg der Aufgabenschwierigkeit wahrnehmen, jedoch nur so lange, wie sie überzeugt sind, die Aufgabe bewältigen zu können, und ihnen die Anstrengung durch den Wert des Erfolgs gerechtfertigt erscheint. Wenn die erforderliche Anstrengung das durch den Anreiz des Erfolgs gerechtfertigte Maß übersteigt oder die Aufgabe als unlösbar eingeschätzt wird, wird keine Anstrengung aufgebracht. Zahlreiche Experimente, in denen physiologische Indikatoren der kognitiven Anstrengung beobachtet wurden, haben im Einklang mit der Theorie der Motivationsintensität Belege dafür geliefert, dass die mit diesen physiologischen Parametern erfasste Anstrengung mit der wahrgenommenen Aufgabenschwierigkeit ansteigt, aber abnimmt, wenn eine Aufgabe als nicht lösbar

eingeschätzt wird oder die Anstrengung nicht durch den subjektiven Wert des Erfolgs gerechtfertigt erscheint.

### **17. Was sind die zentralen Annahmen der Expected-Value-of- Control-Theorie (EVC-Theorie) in Bezug auf die Mobilisierung kognitiver Kontrolle und die zugrunde liegenden neuronalen Systeme?**

#### Antwort:

Die zentrale Annahme der Expected-Value-of-Control- Theorie (EVC-Theorie) ist, dass die Mobilisierung kognitiver Kontrolle auf einer Kosten-Nutzen-Analyse sowie der Einschätzung des erwarteten subjektiven Nutzens der Kontrolle beruht, wobei sich letztere aus der Verrechnung der folgenden Faktoren ergibt:

- Einschätzung, in welchem Maß die Erfolgsaussichten und das erwartete Leistungsniveau in einer Aufgabe durch die Mobilisierung kognitiver Kontrolle erhöht werden kann.
- Erwartung, wie hoch die Belohnung für ein bestimmtes Leistungsniveau in einer Aufgabe ausfallen wird.
- Einschätzung der subjektiven Kosten, die mit der Mobilisierung von Kontrolle verbunden sind.

Wenn mehr kognitive Kontrolle mobilisiert wird, erhöht sich in der Regel die Wahrscheinlichkeit, dass eine bessere Leistung erreicht wird, was zu einer größeren Belohnung führen kann. Die verstärkte Mobilisierung von Kontrolle führt darüber hinaus dazu, dass die mit der höheren kognitiven Anstrengung verbundenen intrinsischen Kosten steigen. Je größer der erwartete Zugewinn an Belohnungen ist, der durch erhöhte Kontrolle erzielt werden kann, und je niedriger die Kosten der Kontrolle eingeschätzt werden, desto größer ist der erwartete Nutzen der Kontrolle. Somit ist die zentrale Vorhersage der EVC-Theorie, dass Menschen die Intensität kognitiver Kontrolle so regulieren, dass der erwartete Nutzen der Kontrolle maximiert wird.

### **18. Welche Befunde sprechen dafür, dass die Mobilisierung kognitiver Kontrolle mit intrinsischen Kosten verbunden ist, und welche Effekte haben leistungsbezogene motivationale Anreize auf die Mobilisierung kognitiver Kontrolle?**

#### Antwort:

Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass Menschen Aufgaben, die kognitive Kontrolle erfordern, vermeiden, sofern dies möglich ist. Diese Beobachtung bestätigt die Annahme, dass kognitive Kontrolle mit intrinsischen Kosten verbunden ist. Lässt man Versuchspersonen beispielsweise wiederholt zwischen zwei Bedingungen wählen, die sich in der erforderlichen kognitiven Kontrolle unterscheiden (z. B. häufiges Wechseln zwischen

Aufgaben oder Ausführung derselben Aufgabe), vermeiden sie im Verlauf des Experiments zunehmend die Bedingung mit der höheren Kontrollanforderung (Kool et al., 2010). Vergleichbare Ergebnisse liefern Experimente, in denen Versuchspersonen zwischen leichteren oder schwierigeren Arbeitsgedächtnisaufgaben wählen müssen, um eine Belohnung zu erhalten. Hierbei zeigt sich, dass für eine schwierigere Aufgabe eine höhere Belohnung gezahlt werden muss, damit die Versuchspersonen sie ebenso häufig wählen wie die leichtere Alternative (Westbrook et al., 2013). Studien zeigen auch, dass motivationale Anreize (z. B. ein Geldbonus für besonders gute Leistungen) die Kosten der Kontrolle teilweise kompensieren und eine verstärkte Kontrollmobilisierung bewirken können. Bei Aufgaben, bei denen Versuchspersonen ihre Aufmerksamkeit gegen störende Reize abschirmen müssen, lassen sich beispielsweise kürzere Reaktionszeiten und niedrigere Fehlerraten beobachten, wenn die Teilnehmenden für gute Leistung belohnt werden, was auf eine verstärkte Mobilisierung proaktiver Kontrolle zurückgeführt wird (Chiew & Braver, 2016). Es zeigt sich auch, dass Versuchspersonen in Studien, in denen sie darum gebeten werden, zwischen unterschiedlichen Aufgaben zu wechseln, dies schneller tun, wenn sie dafür belohnt werden (Bahmann et al., 2015; Kleinsorge & Rinke, 2012; Müller et al., 2007).

### 19. Was versteht man unter Opportunitätskosten?

#### Antwort:

Opportunitätskosten stellen den potenziellen Nutzen dar, der einem entgeht, wenn man sich für eine Handlungsoption entschieden hat und deswegen die Verfolgung alternativer Ziele verhindert oder erschwert wird, da Menschen nur begrenzt in der Lage sind, gleichzeitig mehrere Aufgaben auszuführen, die kognitive Kontrolle erfordern, ohne dass dies zu Leistungseinbußen führt.

### 20. Was versteht man unter Kontrolldilemmata und dem Konzept der Metakontrolle?

#### Antwort:

Als Kontrolldilemmata werden gegensätzliche Anforderungen bei der Handlungssteuerung bezeichnet. Konkret spricht man von einem Abschirmungs-Überwachungs-Dilemma, wenn die Notwendigkeit besteht, einerseits störende Reize auszublenden und andererseits die Umwelt auf potenziell bedeutsame Reize zu überwachen. Von einem Stabilitäts-Flexibilitäts-Dilemma spricht man hingegen, wenn Ziele einerseits gegen konkurrierende Handlungstendenzen abgeschirmt und andererseits flexibel an wechselnde Bedingungen angepasst werden müssen. Die Fähigkeit, zwischen diesen widersprüchlichen Anforderungen eine kontextabhängige Balance herzustellen, wird als Metakontrolle bezeichnet und ist für adaptives Verhalten erforderlich.