Alles klar – ich starte eine umfassende Literaturrecherche zum Zusammenhang zwischen kognitiver Anstrengung und kognitiver Leistung mit Fokus auf psychologische Studien, unter Einbezug angrenzender Disziplinen wie Neurowissenschaften, Wirtschaftswissenschaften und Biologie. Ich beleuchte lineare und nicht-lineare Zusammenhänge, moderierende Faktoren, theoretische Modelle sowie Messmethoden und synthesiere die wichtigsten Erkenntnisse inklusive zentraler Debatten und Literaturhinweise.

Ich melde mich, sobald der vollständige Report mit den relevantesten Studien, Theorien, Forschungslücken und bibliographischen Angaben zur Verfügung steht.

* **Kognitive Anstrengung und kognitive Leistung – Ein umfassender Literaturüberblick**

**Definitionen und Konzepte**

**Kognitive Anstrengung** (oft auch „mentale“ oder „kognitive Anstrengung“ genannt) bezeichnet im Allgemeinen den **mentalen Aufwand bzw. die investierte Ressource**, die eine Person in die Bewältigung einer kognitiven Aufgabe steckt. Es handelt sich um ein subjektives, psychologisches Phänomen – also das **individuelle Gefühl der „geistigen Mühe“** beim Denken ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Cognitive%20effort%20is%20a%20subjective%2C,a%20psychophysical%20phenomenon%3A%20that%20is) ). Wichtig ist, kognitive Anstrengung von verwandten Konzepten abzugrenzen: Sie ist **nicht identisch mit Aufgabenschwierigkeit, Motivation, Aufmerksamkeit oder kognitiver Kontrolle** ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Cognitive%20effort%20is%20thus%20not,counteracting%20boredom%2C%20or%20more%20often) ). Diese Faktoren tragen zwar zur Anstrengung bei, erfassen den Begriff aber nicht vollständig. So kann eine Person *motiviert* sein, eine schwierige Aufgabe zu lösen, und deshalb bereit, hohe kognitive Anstrengung aufzuwenden – Motivation *ermöglicht* Anstrengung, ist aber nicht dasselbe ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Cognitive%20effort%20is%20also%20not,difficult%20task%2C%20or%20instead%20to) ). Ebenso ist Anstrengung nicht bloß Aufgabenschwierigkeit: Auch eine objektiv einfache Aufgabe kann als sehr anstrengend erlebt werden, wenn man z.B. erschöpft ist. Fachliteratur betont daher, dass kognitive Anstrengung **subjektiv** und kontextabhängig ist ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Cognitive%20effort%20is%20a%20subjective%2C,a%20psychophysical%20phenomenon%3A%20that%20is) ) ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Yet%20despite%20these%20numerous%20implications%2C,of%20the%20problem%20is%20that) ).

In der Psychologie und Kognitionswissenschaft gibt es verschiedene Definitionen. Eine prägnante Beschreibung lautet: Kognitive Anstrengung ist die **„Tiefe der geistigen Engagements“**, die eine Person in eine Aufgabe investiert ( [Measuring cognitive effort without difficulty - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10050044/#:~:text=Cognitive%20effort%2C%20our%20ability%20to,with%20other%20processes%2C%20there%20is) ). Anders formuliert: Es ist der graduelle **Einsatz an mentaler Energie oder Verarbeitungskapazität**, mit dem wir auf Anforderungen reagieren ([Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review | Psychonomic Bulletin & Review](https://link.springer.com/article/10.3758/s13423-018-1432-y#:~:text=period%20,Kahneman%20%26%20Beatty%2C%20%2024) ). In neueren theoretischen Arbeiten wird Anstrengung auch als **Prozess zwischen Fähigkeit und Leistung** definiert: Sie vermittelt, **wie gut jemand eine Aufgabe *potenziell* lösen könnte vs. wie gut er sie *tatsächlich* löst** ([The Effort Paradox: Effort Is Both Costly and Valued | Request PDF](https://www.researchgate.net/publication/323327366_The_Effort_Paradox_Effort_Is_Both_Costly_and_Valued#:~:text=PDF%20www,and%20how%20well%20they)). Mit anderen Worten bestimmt die investierte Anstrengung, inwieweit eine Person ihr vorhandenes kognitives Potenzial in reale Performance ummünzt. Gleichzeitig zeigt sich in zahlreichen Theorien, dass Entscheidungsträger (sowohl Menschen als auch Tiere) dazu tendieren, **kognitive Anstrengung möglichst zu minimieren**, sofern es keinen ausreichenden Nutzen dafür gibt ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Yet%20despite%20these%20numerous%20implications%2C,of%20the%20problem%20is%20that) ). Dieses Prinzip der „geringsten Anstrengung“ wurde schon früh (z.B. von Hull, 1943) formuliert ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Yet%20despite%20these%20numerous%20implications%2C,very%20little%20about%20the%20neural) ) und spiegelt sich auch in neueren neurowissenschaftlichen Modellen als *Kostenfaktor* wider ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Understanding%20the%20decision%20to%20expend,a%20neuroeconomics%20of%20cognitive%20effort) ).

**Kognitive (Leistungs-)Fähigkeit vs. kognitive Leistung:** Während Anstrengung den Einsatz beschreibt, bezieht sich **kognitive Leistung** auf das **tatsächliche Ergebnis** kognitiver Prozesse, meist messbar durch **Performanz in mentalen Aufgaben**. Typische Maße sind z.B. **Reaktionszeiten, Fehlerquoten, Gedächtnisabruf und Lösungsqualität** bei Problemen. In der Psychologie spricht man von kognitiver Leistung allgemein, wenn man bewertet, *wie gut* eine Person in Funktionen wie Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Problemlösen, Verstehen etc. abschneidet ([What Is Cognitive Psychology and Why Is It So Important?](https://www.amu.apus.edu/area-of-study/arts-and-humanities/resources/what-is-cognitive-psychology-and-why-is-it-so-important/#:~:text=What%20Is%20Cognitive%20Psychology%20and,solving%2C%20and)). Diese Leistung ist das Produkt aus vielen Determinanten – u.a. Fähigkeit, Übung, Strategie, aber eben auch investierter Anstrengung. Anschaulich formuliert: **Fähigkeiten bestimmen die Obergrenze der möglichen Leistung**, doch **erst ausreichende Anstrengung ermöglicht es, diese Grenze auch zu erreichen** ([The Effort Paradox: Effort Is Both Costly and Valued | Request PDF](https://www.researchgate.net/publication/323327366_The_Effort_Paradox_Effort_Is_Both_Costly_and_Valued#:~:text=PDF%20www,and%20how%20well%20they)). So kann eine hochbegabte Person ohne Anstrengung schwache Ergebnisse erzielen, während jemand mit durchschnittlicher Begabung durch große Anstrengung sein Leistungslimit ausreizen kann.

Über Disziplinen hinweg – von der Psychologie über Neurowissenschaften bis zur Ökonomie – besteht Einigkeit, dass kognitive Anstrengung ein **zentraler Modulator** kognitiver Leistung ist. Allerdings fehlt bis heute eine einheitliche, präzise Definition. Westbrook und Braver (2015) betonen, dass trotz breiten Interesses **kein einhelliges, operationales Anstrengungskonzept** existiert ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Cognitive%20effort%20has%20been%20implicated,and%20physiologic%20markers%20of%20autonomic) ). Stattdessen wird Anstrengung je nach Forschungsansatz etwas anders gefasst: In der **Kognitionspsychologie** oft als *limited resource* (begrenzte Ressource), die Aufgabenbewältigung ermöglicht (vgl. Kahnemans Aufmerksamkeitsmodell von 1973). In der **Neurowissenschaft** als *Kosten* oder *Widerstand*, den das Gehirn bei anspruchsvoller Kontrolle überwinden muss (z.B. als „Kosten der kognitiven Kontrolle“ im präfrontalen Kortex) ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=the%20symptomatology%20of%20motivational%20and,Shenhav%2C%20Botvinick%2C%20%26%20Cohen%2C%202013) ). In der **Ökonomie** spricht man von mentaler Anstrengung als *Entscheidungsfaktor*, etwa in Form von Kosten, die gegen den Nutzen von Leistung abgewogen werden ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Understanding%20the%20decision%20to%20expend,a%20neuroeconomics%20of%20cognitive%20effort) ). Trotz dieser verschiedenen Blickwinkel lassen sich zwei Kernaspekte festhalten: (1) **Kognitive Anstrengung ist subjektiv erlebbar** (man „spürt“, wie anstrengend eine Aufgabe ist) und (2) sie **beeinflusst die Qualität der Aufgabenbewältigung**, steht also in Beziehung zur kognitiven Leistung ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Intuition%20aside%2C%20there%20is%20ample,27%20Fervaha%2C%20Foussias%2C%20Agid%2C) ).

**Zusammenhang zwischen Anstrengung und Leistung**

**Linearer Zusammenhang: „Je mehr Anstrengung, desto höher die Leistung?“**

Intuitiv könnte man annehmen, dass **höhere Anstrengung direkt zu besserer Leistung** führt – wer sich mehr konzentriert oder intensiver bemüht, sollte doch auch mehr erreichen. Tatsächlich gibt es viele Befunde, die auf einen **positiven Zusammenhang** hindeuten. So zeigen Studien, dass **zusätzliche Motivation und gesteigerte Anstrengung die Leistung verbessern können** ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Cognitive%20effort%20is%20also%20not,difficult%20task%2C%20or%20instead%20to) ). Ein klassisches Beispiel sind **Incentive-Experimente**: Erhält eine Person eine **höhere Belohnung für gute Leistung**, steigert sie meist ihre Anstrengung und erzielt bessere Resultate (solange die Aufgabe innerhalb ihrer Fähigkeiten liegt). Dieser lineare Leistungsschub wurde in zahlreichen kognitiven Aufgaben beobachtet – von Gedächtnistests bis zu Entscheidungsaufgaben ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Intuition%20aside%2C%20there%20is%20ample,27%20Fervaha%2C%20Foussias%2C%20Agid%2C) ). **Motivation erhöht Performance über den Umweg der Anstrengung**: erhöhte Motivation → mehr investierte kognitive Anstrengung → verbesserte Aufgabenausführung ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Cognitive%20effort%20is%20also%20not,difficult%20task%2C%20or%20instead%20to) ).

Ein praktischer Beleg findet sich in Studien zu **geistiger Ermüdung**: Wenn Probanden über längere Zeit eine monotone Aufgabe bearbeiten, nimmt ihre Leistung typischerweise ab (kognitive **Fatigue**). Gibt man ihnen jedoch zwischendurch **motivationale Anreize** – z.B. eine Belohnung oder Feedback –, kann die Leistung vorübergehend wieder deutlich ansteigen ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=physiological%20consequences%20of%20motivation,Similarly) ). Boksem und Tops (2008) zeigten etwa, dass sich durch attraktive Belohnungen **Ermüdungseffekte kompensieren** lassen ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=physiological%20consequences%20of%20motivation,Similarly) ). Dies spricht dafür, dass die vorherigen Leistungseinbußen nicht allein auf einen *unabänderlichen Ressourcenmangel* zurückzuführen waren, sondern teils darauf, dass die Probanden *ihre Anstrengung gedrosselt* hatten (volitionale Komponente von Fatigue) ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=physiological%20consequences%20of%20motivation,Similarly) ). Mit neuer Motivation wurde wieder mehr Aufwand investiert – und prompt stieg die Leistung. Solche Befunde stützen ein **monoton steigendes Grundprinzip**: *Bis zu einem gewissen Punkt führt mehr investierte Anstrengung zu besserer momentaner Leistung*. Auch in vielen Modellen der Arbeits- und Organisationspsychologie wird eine positive Effort-Performance-Beziehung angenommen. Das klassische **Vroom’sche Erwartungs-Valenz-Modell** etwa impliziert: Wenn jemand glaubt, dass sich Anstrengung auszahlt (hohe Erfolgserwartung) und einen Wert hat (hohe Valenz der Leistung), dann wird er mehr Anstrengung investieren, was zu **höherer Leistung** führt. Zahlreiche Studien in diesem Bereich bestätigen, dass engagiertere (anstrengungsbereite) Mitarbeiter z.B. mehr produzieren oder genauer arbeiten (unter sonst gleichen Bedingungen).

Allerdings ist diese Beziehung nicht **grenzenlos linear**. In einfachen Fällen mag gelten: *„Ohne Fleiß kein Preis“* – wer sich nicht anstrengt, bleibt unter seinen Möglichkeiten, während moderate Steigerung der Anstrengung die Leistung erhöht. Aber es gibt klare Hinweise, dass der Zusammenhang **keine unbegrenzte Gerade** ist, sondern ab einem Punkt flacher wird oder umschlägt. Schon William James (1890) bemerkte, dass das **Ausmaß an Aufmerksamkeit** (eine Form der Anstrengung) zwar bis zu einem Optimum die Leistung steigert, darüber hinaus jedoch wenig zusätzlichen Gewinn bringt. Moderne Befunde zeigen ebenfalls oft **abnehmende Grenzerträge**: Wenn eine Person bereits hoch konzentriert ist, bringt *noch mehr* Anspannung eventuell nur minimalen Zuwachs, weil man an Kapazitätsgrenzen stößt oder ineffizient wird. **Diminishing Returns** nennt man dieses Phänomen, bei dem pro zusätzlicher Einheit Anstrengung immer weniger Leistungszuwachs resultiert. Beispielsweise fand eine lerntheoretische Studie, dass **extrem hoher Lernaufwand** pro Zeiteinheit nicht linear mehr Lernerfolg bringt – jenseits eines moderaten Pensums flacht die Lernkurve ab, teils wegen Überlastung des Gedächtnisses ([Yerkes–Dodson law - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Yerkes%E2%80%93Dodson_law#:~:text=The%20Yerkes%E2%80%93Dodson%20law%20is%20an,of%20the%20citing%20articles%2C%20these)) ([Yerkes–Dodson law - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Yerkes%E2%80%93Dodson_law#:~:text=Researchers%20have%20found%20that%20different,to%20increase%20motivation)).

Zusammenfassend lässt sich sagen: *Grundsätzlich besteht ein positiver Zusammenhang zwischen investierter kognitiver Anstrengung und unmittelbarer kognitiver Leistung – wer seine mentale Energie fokussiert, kann meist mehr leisten*. Doch dieser Zusammenhang ist **nicht einfach ein unendlicher Steigungsgradient**, sondern unterliegt wichtigen Einschränkungen. Die spannendsten Fragen ergeben sich genau dort, wo die Linie sich **krümmt oder kehrt**.

**Nichtlineare Zusammenhänge und optimales Anstrengungsniveau**

Viele Untersuchungen belegen, dass der Effort-Leistungs-Zusammenhang **nicht streng linear**, sondern häufig **kurvilinear** verläuft. Klassisch wird dies mit dem **Yerkes-Dodson-Gesetz** veranschaulicht, das schon 1908 beschrieben wurde. Demnach gibt es ein **optimales mittleres Erregungsniveau** (als Indikator von Anstrengung oder Stress), bei dem die Leistung am höchsten ist ([Yerkes–Dodson law - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Yerkes%E2%80%93Dodson_law#:~:text=The%20Yerkes%E2%80%93Dodson%20law%20is%20an,of%20the%20citing%20articles%2C%20these)). Sowohl **zu wenig** Anregung/Anstrengung (Unterforderung) als auch **zu viel** (Überforderung) führen zu schlechterer Performance – grafisch ergibt sich eine **umgekehrt U-förmige Kurve** ([Yerkes–Dodson law - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Yerkes%E2%80%93Dodson_law#:~:text=The%20Yerkes%E2%80%93Dodson%20law%20is%20an,of%20the%20citing%20articles%2C%20these)). Bei niedrigem Aktivationsniveau ist man evtl. **schläfrig oder unmotiviert**, was zu Fehlern und langsamer Reaktion führt; bei moderatem Niveau ist man **wach und fokussiert**, was die Leistung steigert; bei sehr hohem Niveau kippt es in **Stress, Angst oder kognitive Überlastung**, was die Leistung wieder verschlechtert ([Yerkes–Dodson law - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Yerkes%E2%80%93Dodson_law#:~:text=The%20Yerkes%E2%80%93Dodson%20law%20is%20an,2)) ([Yerkes–Dodson law - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Yerkes%E2%80%93Dodson_law#:~:text=Researchers%20have%20found%20that%20different,to%20increase%20motivation)). Dieses inverted-U-Muster wurde in vielen Kontexten bestätigt, wobei **Aufgabentyp und Individuum** die genaue Kurvenform beeinflussen (siehe unten) ([Yerkes–Dodson law - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Yerkes%E2%80%93Dodson_law#:~:text=Researchers%20have%20found%20that%20different,to%20increase%20motivation)) ([Yerkes–Dodson law - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Yerkes%E2%80%93Dodson_law#:~:text=Because%20of%20task%20differences%2C%20the,thereafter%20declines%20as%20arousal%20increases)).

Ein bekanntes Phänomen für Leistungsabfall trotz hoher Anstrengung ist das **„Choking under Pressure“ (Versagen unter Druck)**. Hierbei führt **übermäßiger Leistungsdruck** – z.B. eine sehr hohe Belohnung oder ein entscheidender Wettkampf – dazu, dass eine Person **unter ihren gewohnten Möglichkeiten bleibt**, obwohl sie sich *sehr* anstrengt ( [Choking under pressure: the neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4322702/#:~:text=In%20contrast%20to%20the%20assumption,down) ) ( [Choking under pressure: the neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4322702/#:~:text=threat%20of%20severe%20punishment%20can,Graduate) ). Dieses paradoxe Verhalten wurde in Labor und Alltag dokumentiert: So fand Baumeister (1984) in Experimenten, dass Probanden bei leichten motorischen Aufgaben schlechter abschnitten, wenn eine hohe Geldprämie für Erfolg ausgesetzt war – offenbar störte die **hohe Anspannung** den automatischen Vollzug der Fertigkeit ([Choking under pressure: self-consciousness and paradoxical effects of incentives on skillful performance - PubMed](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6707866/#:~:text=Choking%20under%20pressure%20is%20defined,by%20situational%20manipulations%20of%20pressure)) ([Choking under pressure: self-consciousness and paradoxical effects of incentives on skillful performance - PubMed](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6707866/#:~:text=increases%20the%20conscious%20attention%20to,than%20those%20high%20in%20it)). Der Athletik-Bereich liefert dramatische Beispiele (etwa Fälle von Olympia-Athleten, die den letzten einfachen Versuch **überkonzentriert** „verpatzen“ ( [Choking under pressure: the neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4322702/#:~:text=At%20the%202004%20Olympics%20in,only%20at%20the%20wrong%20target) )). **Yu (2015)** fasst zusammen, dass **hohe Anreize oder drohende Strafen** zwar die Motivation erhöhen, aber auch **akuten Stress** erzeugen können, was in realen Szenarien überraschend oft zu Leistungsabfällen führt ( [Choking under pressure: the neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4322702/#:~:text=In%20contrast%20to%20the%20assumption,arousal%20account%29.%20Recent%20neuroimaging%20studies) ) ( [Choking under pressure: the neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4322702/#:~:text=threat%20of%20severe%20punishment%20can,Graduate) ). Damit widerspricht Choking der simplen Annahme ökonomischer Effizienzlohn-Modelle, nach denen höhere Belohnung stets höhere Produktivität bringen müsste ( [Choking under pressure: the neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4322702/#:~:text=In%20contrast%20to%20the%20assumption,down) ) ( [Choking under pressure: the neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4322702/#:~:text=rewards,a%20profound%20impact%20on%20individuals%E2%80%99) ). Die psychologischen Erklärungen für Choking sind vielfältig:

* Die **Ablenkungs-Theorie** besagt, dass starker Druck **Aufmerksamkeit von der Aufgabe abzieht** (z.B. auf Sorgen oder die Zuschauer), was besonders bei komplexen kognitiven Aufgaben Leistung mindert ( [Choking under pressure: the neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4322702/#:~:text=human%20behavior%2C%20for%20good%20or,determine%20choking%20and%20the%20neural) ).
* Die **Explizite-Überwachung-Theorie** stellt dagegen auf gut gelernte Fähigkeiten ab: Unter Druck tendieren Menschen dazu, **ihre automatischen Abläufe übermäßig bewusst zu kontrollieren**, was paradoxerweise die Ausführung stört (ähnlich wie wenn man beim Gehen plötzlich über jeden Schritt nachdenkt) ([Choking under pressure: self-consciousness and paradoxical effects of incentives on skillful performance - PubMed](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6707866/#:~:text=Choking%20under%20pressure%20is%20defined,by%20situational%20manipulations%20of%20pressure)) ([Choking under pressure: self-consciousness and paradoxical effects of incentives on skillful performance - PubMed](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6707866/#:~:text=increases%20the%20conscious%20attention%20to,than%20those%20high%20in%20it)).
* Die **Übererregungs-Theorie** schließlich knüpft an Yerkes-Dodson an: Zu hoher Stress führt zu genereller **physiologischer Übererregung**, die bestimmte kognitive Prozesse beeinträchtigt (z.B. verengt sich die Aufmerksamkeit „Tunnelblick“, Arbeitsgedächtnis wird durch Aufregung blockiert) ( [Choking under pressure: the neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4322702/#:~:text=human%20behavior%2C%20for%20good%20or,determine%20choking%20and%20the%20neural) ) ( [Choking under pressure: the neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4322702/#:~:text=to%20the%20Yerkes%E2%80%93Dodson%20law%20,are%20generally%20motivated%20to%20convey) ). Neuroimaging-Studien beim Choking zeigen tatsächlich veränderte Aktivität in Hirnregionen für Aufmerksamkeitskontrolle (präfrontal, anteriorer cingulärer Cortex) bei hohem Druck ( [Choking under pressure: the neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4322702/#:~:text=attention%20away%20from%20the%20task,regimens%20and%20interventions%20that%20equip) ) – was die Übererregungs- und Ablenkungs-Accounts stützt.

Eine inverse U-Kurve zeigt sich auch bei längerfristigen Belastungen. **Chronischer Stress** etwa kann Motivation und Leistung zunächst steigern (Eustress), bei anhaltend hohem Stress jedoch zu Burnout und drastischem Leistungsabfall führen ([An inverted U-shaped relationship between chronic stress and the ...](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352289525000189#:~:text=These%20findings%20suggest%20an%20inverted,display%20diminished%20motivation%20when)). Ähnliche Muster finden sich auf neurochemischer Ebene: **Dopamin im präfrontalen Cortex** folgt einem umgekehrt U-förmigen Einfluss – ein mittleres Niveau optimiert die Arbeitsgedächtnisleistung, während zu wenig oder zu viel Dopamin die kognitive Leistung verschlechtert ([Quantifying the inverted U: A meta-analysis of prefrontal dopamine ...](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9364670/#:~:text=Quantifying%20the%20inverted%20U%3A%20A,required%20for%20peak%20cognitive%20function)). Auch **Stresshormone (Cortisol)** zeigen in meta-analytischen Reviews einen solchen Kurvenverlauf in Bezug auf Gedächtnis: moderate Kortisolanstiege verbessern kurzfristig das Erinnern, extreme Werte verschlechtern es ([Yerkes–Dodson law - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Yerkes%E2%80%93Dodson_law#:~:text=A%202007%20review%20by%20Lupien,situation%20to%20induce%20a%20stress)). Dies verdeutlicht, dass biologisch ein gewisses Maß an Erregung/Anstrengung leistungsförderlich ist, darüber aber neurochemische Dysfunktionen eintreten.

Insgesamt legen diese Befunde nahe, dass es meist ein **optimales Anstrengungsniveau** gibt. **Zuviel Anstrengung kann kontraproduktiv werden**, sei es durch Stress, ineffiziente Strategien oder Erschöpfung. Gleichzeitig ist **zu wenig Anstrengung klar leistungslimitierend** – ohne ausreichende geistige Aktivierung bleiben Fähigkeiten ungenutzt. Die optimale Zone liegt dazwischen und variiert nach Situation. Dieses Prinzip wird auch im Konzept des **„Flow“** (Csikszentmihalyi, 1990) angesprochen: Flow – ein Zustand maximaler Leistungsfähigkeit – tritt ein, wenn **Anforderungen und Fähigkeiten** gerade so ausbalanciert sind, dass man *voll beansprucht*, aber nicht überfordert ist. Hier investiert man automatisch **genau so viel Anstrengung, wie nötig**, um die Herausforderung zu meistern, und erlebt dies als positiv. Ist die Herausforderung **zu gering** (Unterforderung), fehlt die Anstrengungsbereitschaft (Langeweile, geringe Leistung). Ist sie **zu hoch** ohne ausreichende Ressourcen, führt exzessiver Aufwand zu Misserfolg und Frustration.

**Moderierende Faktoren des Effort-Performance-Zusammenhangs**

Ob mehr Anstrengung die Leistung steigert oder mindert, hängt stark von weiteren **moderierenden Variablen** ab. Die Forschung hat drei Gruppen besonders hervorgehoben: **Aufgabenmerkmale**, **individuelle Unterschiede** und **Kontextfaktoren**. Diese beeinflussen sowohl, **wieviel Anstrengung** investiert wird, als auch **wie effizient** sich Anstrengung in Leistung umsetzt.

**a) Aufgabenmerkmale**

Die **Art der Aufgabe** bestimmt maßgeblich, wie Anstrengung und Leistung zusammenhängen. Ein zentrales Merkmal ist die **Komplexität bzw. Schwierigkeit** der Aufgabe. Für **einfache oder hochgeübte Tätigkeiten** gilt häufig ein annähernd *monoton positiver* Zusammenhang – je wacher und bemühter man ist, desto besser (man denke an Routineaufgaben, wo mehr Konzentration einfach weniger Flüchtigkeitsfehler bedeutet) ([Yerkes–Dodson law - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Yerkes%E2%80%93Dodson_law#:~:text=Because%20of%20task%20differences%2C%20the,thereafter%20declines%20as%20arousal%20increases)) ([Yerkes–Dodson law - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Yerkes%E2%80%93Dodson_law#:~:text=Because%20of%20task%20differences%2C%20the,thereafter%20declines%20as%20arousal%20increases)). Dagegen zeigen **schwierige, ungeübte oder komplexe Aufgaben** eher das oben beschriebene umgekehrt-U-Muster ([Yerkes–Dodson law - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Yerkes%E2%80%93Dodson_law#:~:text=Because%20of%20task%20differences%2C%20the,thereafter%20declines%20as%20arousal%20increases)). Hier kann moderate Anstrengung die Leistung heben (z.B. durch sorgfältigeres Nachdenken), aber übermäßige Anstrengung stört, etwa weil die Aufgabe eine gewisse Ruhe oder Kreativität erfordert, die durch zu hohen Druck beeinträchtigt wird ([Yerkes–Dodson law - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Yerkes%E2%80%93Dodson_law#:~:text=performance%20improves%20as%20arousal%20increases,thereafter%20declines%20as%20arousal%20increases)). Mit steigender Aufgabenschwierigkeit sinkt oft das *optimale* Erregungsniveau ([Yerkes–Dodson law - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Yerkes%E2%80%93Dodson_law#:~:text=Researchers%20have%20found%20that%20different,to%20increase%20motivation)) – man braucht mehr kognitive Ressourcen, aber gleichzeitig auch einen kühlen Kopf.

Ein Beispiel: In einem simplen Reaktionstest (Knopf drücken bei Reiz) verbessert eine Erhöhung der Aufmerksamkeit die Reaktionszeit linear – je wachsamer, desto schneller. In einem komplexen Matheproblem hingegen führt zu viel Verkrampfung leicht zu Fehlern, weil man z.B. weniger kreativ denkt oder sich verrennt. Forscher haben festgestellt, dass **verschiedene Aufgaben unterschiedliche optimale Anstrengungsniveaus erfordern**: Intellektuell anspruchsvolle, konzentrationsintensive Aufgaben gelingen bei **niedrigerer physiologischer Erregung** am besten, wohingegen Ausdauer- oder Routineaufgaben von **höherer Erregung** profitieren dürfen ([Yerkes–Dodson law - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Yerkes%E2%80%93Dodson_law#:~:text=Researchers%20have%20found%20that%20different,to%20increase%20motivation)).

Auch die **Aufgabendauer** spielt eine Rolle. Bei **kurzen Aufgaben** (wenige Minuten) kann hohe Anstrengung durchgehalten werden und die Leistung pushen. **Lange Aufgaben** oder Dauerbelastungen führen hingegen zu **Ermüdung** – die anfängliche Leistung lässt nach einer Weile nach, wenn keine Pausen oder Wechsel stattfinden. Dieses **Zeit-aufgabe-Effekt** (time-on-task) zeigt sich z.B. in Vigilanz-Aufgaben (dauernd monotone Reize überwachen): Zu Beginn hoch konzentriert, nehmen nach ~30 Minuten Aufmerksamkeit und Entdeckungsrate deutlich ab. Interessanterweise deuten Studien darauf hin, dass Probanden in solchen Settings *zwischenzeitlich die Anstrengung reduzieren*, was zur Leistungsminderung führt – **strategische Pausen** des Gehirns, um Ressourcen zu schonen ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Multiple%20authors%20have%20commented%20on,to%20interact%20with%20motivation%20to) ) ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=even%20when%20one%20is%20fatigued,to%20account%20for%20phenomenal%20effort) ). Gibt man zwischendurch einen **Motivationsimpuls** (etwa einen Wettbewerb), investieren sie wieder mehr Effort und die Leistung steigt temporär erneut ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=physiological%20consequences%20of%20motivation,Similarly) ). Die Aufgabendauer beeinflusst also indirekt den Effort: je länger die Aufgabe, desto stärker müssen Motivation und Regeneration gemanagt werden, um Leistungseinbrüche zu vermeiden.

Weitere Aufgabenfaktoren sind: **Aufgabentyp** (z.B. kreativ vs. regelbasiert – kreative Aufgaben leiden stärker unter Überanstrengung, da zu viel Fokussierung Einfallsreichtum hemmt), **multipel vs. single tasking** (bei Multitasking verteilt sich Anstrengung auf mehrere Ziele) und **Rückmeldesystem** (Aufgaben mit klarem Feedback können Anstrengung besser steuern, bei nebulösen Zielen verpufft Effort leichter ineffizient). Insgesamt gilt: Aufgaben, die **klare, erreichbare Anforderungen** stellen und eine **gewisse Herausforderung** bieten, begünstigen, dass investierte Anstrengung auch in gute Leistung mündet. Aufgaben, die entweder trivial oder übermäßig komplex sind, weisen häufig ein suboptimales Effort-Performance-Verhältnis auf – im ersten Fall verschwendet man Energie (overlearning), im zweiten Fall verpufft zusätzliche Anstrengung ab einem Punkt (Overload).

**b) Individuelle Unterschiede**

Menschen unterscheiden sich deutlich darin, **wie viel kognitive Anstrengung sie aufbringen können oder wollen** und wie effektiv sie diese in Leistung umsetzen. Wichtige personenspezifische Moderatoren sind:

* **Motivation und „need for cognition“:** Personen mit hoher *intrinsischer kognitiver Motivation* oder hohem *Bedürfnis nach Kognition* (Need for Cognition) sind eher bereit, Anstrengung zu investieren, selbst wenn keine externe Belohnung winkt ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=bias%20against%20effort%20in%20the,poorly%20defined%2C%20impeding%20theoretical%20development) ). Sie empfinden geistig fordernde Aufgaben tendenziell als weniger aversiv. Solche Unterschiede wirken sich auf die Leistung aus: Wer Herausforderungen *sucht* statt meidet, wird häufiger im optimalen Anstrengungsbereich arbeiten. Studien zeigen, dass **„typisches intellektuelles Engagement“** – ein Persönlichkeitsmerkmal, das Bereitschaft zu kognitiver Anstrengung umfasst – neben Intelligenz ein signifikanter Prädiktor für akademische Leistungen ist ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=The%20decision%20to%20expend%20cognitive,von%20Stumm%2C%20Hell%2C%20%26%20Chamorro) ). Mit anderen Worten: Fleiß und Wissbegier (traits, die Anstrengungsbereitschaft fördern) ergänzen Begabung bei der Bestimmung von Erfolgen. Umgekehrt haben Personen, die kognitive Anstrengung als sehr unangenehm empfinden, häufiger Leistungsnachteile in anspruchsvollen Settings, da sie früher aufgeben oder weniger gründlich arbeiten.
* **Fähigkeiten und Kapazitäten:** Kognitive **Grundfähigkeiten** (wie Intelligenz, Arbeitsgedächtnisspanne, exekutive Funktionen) setzen Grenzen, wie effektiv Anstrengung genutzt werden kann. Jemand mit größerem Arbeitsgedächtnis kann mehr Infos gleichzeitig aktiv halten – seine Anstrengung „wirkt“ also potenziell stärker, da mehr Ressourcen da sind. Allerdings können fähigere Personen manchmal mit geringerer subjektiver Anstrengung gleiche Leistung erzielen wie weniger Fähige; Letztere müssten sich *überproportional* anstrengen, um aufzuholen. Interessant ist, dass Menschen mit hoher Fähigkeit manchmal **geringere Anstrengung investieren** (weil sie auch so durchkommen), was dann unterfordert zu suboptimaler Leistung führen kann. Hier spielt **Selbstregulation** eine Rolle: Sehr leistungsfähige Personen müssen sich trotzdem motivieren, maximalen Effort zu geben, um ihr Potential auszuschöpfen. Bei weniger Fähigen wiederum kann übermäßige Anstrengung ohne Strategie ineffektiv sein – sie müssen klug haushalten.
* **Selbstwirksamkeit und Überzeugungen:** Die *Selbstwirksamkeitserwartung* – also der Glaube, durch eigene Anstrengung erfolgreich sein zu können – moderiert den Effort-Einsatz. Hohe Selbstwirksamkeit fördert Persistenz und intensives Ausprobieren bei Schwierigkeiten, was die Leistung erhöht. Personen mit niedriger Selbstwirksamkeit neigen dazu, bei Misserfolg schneller die Anstrengung zu reduzieren (Resignation), wodurch ihre Performance weiter fällt. Forschung zeigt, dass **subjektive Wirksamkeitserwartung** ein wichtiger Faktor ist, ob jemand angesichts hoher Aufwandskosten überhaupt volle Anstrengung mobilisiert ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=match%20at%20L521%20an%20individual%E2%80%99s,proposed%20to%20influence%20opportunity%20costs) ). Wer glaubt „Das schaffe ich sowieso nicht“, wird eher gar nicht erst in den Bereich hoher Anstrengung vordringen, wo aber eventuell die Lösung läge.
* **Alter und Ermüdung:** Mit dem **Alter** verändern sich kognitive Ressourcen und auch die Kosten von Anstrengung. Ältere Erwachsene berichten häufig, dass sie mentale Anstrengung als **anstrengender** und ermüdender empfinden als Jüngere. Tatsächlich gibt es Evidenz, dass **ältere Menschen kognitive Anstrengung als subjektiv „teurer“ bewerten** und daher eher vermeiden ([What Is the Subjective Cost of Cognitive Effort? Load, Trait, and ...](https://www.researchgate.net/publication/253336056_What_Is_the_Subjective_Cost_of_Cognitive_Effort_Load_Trait_and_Aging_Effects_Revealed_by_Economic_Preference#:~:text=,2013%29)). In einer Studie mit ökonomischen Präferenzen zeigte sich, dass Ältere dazu tendieren, fordernde kognitive Aufgaben nur bei höherem Anreiz zu wählen als Jüngere – ein Hinweis darauf, dass sie entweder geringere erwartete Erfolgswahrscheinlichkeit oder höhere Aversion gegen Anstrengung haben (Westbrook et al., 2013). Zudem sind ältere Personen schneller kognitiv ermüdet, was die Effort-Investition limitieren kann. **Mentale Ermüdung** generell (egal welches Alter) reduziert die *verfügbare* Energie für weitere Aufgaben. Allerdings – wie oben erwähnt – kann Motivation zeitweilig Ermüdung überbrücken ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=physiological%20consequences%20of%20motivation,Similarly) ). Individuen unterscheiden sich darin, wie widerstandsfähig sie gegen Fatigue sind (Stichwort *Ego-Depletion*-Resistenz). Einige können sehr lange konzertiert Anstrengung aufrechterhalten, andere erleben früh ein „mentales Ausbrennen“. Diese Unterschiede wirken sich unmittelbar auf Leistungsprofile aus, besonders in langen Prüfungen oder Arbeitstagen.
* **Persönlichkeit und Emotionen:** Angstneigung oder **Prüfungsangst** kann die Effort-Leistungs-Kurve beeinflussen. Ängstliche Personen zeigen laut der **Processing Efficiency Theory** oft höheren **mentalen Aufwand**, um dieselbe Leistung zu erzielen, da Sorge Gedanken Ressourcen besetzt (Eysenck et al., 2007). Sie kompensieren Angst durch mehr Anstrengung, halten Performance gerade so aufrecht, aber ineffizienter. Unter starkem Stress jedoch reicht auch zusätzliche Anstrengung nicht mehr, dann brechen sie ein (Choking). Auch **Impulsivität** oder geringe Frustrationstoleranz können dazu führen, dass jemand nicht bereit ist, lange hohe Anstrengung zu investieren – er gibt dann lieber früher auf, was die Leistung mindert, vor allem bei Aufgaben, die Ausdauer erfordern. **Conscientiousness (Gewissenhaftigkeit)** hingegen begünstigt langandauernde Anstrengung und damit bessere Leistungen in Aufgaben mit Persistenz-Komponente.
* **Klinische und biologische Faktoren:** Bestimmte klinische Bilder gehen mit Effort-Dysfunktionen einher. **Depression** und **Schizophrenie** z.B. sind oft mit verminderter kognitiver Anstrengungsbereitschaft bzw. schneller mentaler Erschöpfbarkeit verbunden ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=political%20attitude%20formation%20,30%20Shenhav%2C%20Botvinick%2C%20%26%20Cohen) ). Betroffene zeigen eine Art *motivationales Defizit*, was zur underperformance beiträgt (z.B. Antriebslosigkeit, Schwierigkeiten sich auf kognitive Aufgaben einzulassen). Unterschiede im **Dopamin-System** können ebenfalls die willingness to exert effort modulieren – Dopaminmangel (etwa bei Parkinson) reduziert die kognitive Anstrengungsbereitschaft, während Stimulantien wie Methylphenidat die gefühlten Kosten der Anstrengung senken können (häufige Off-Label-Nutzung als „kognitiver Verstärker“). Somit beeinflussen biologische Gegebenheiten, *wie viel Anstrengung möglich/sinnvoll* ist und *welche Leistungsresultate* daraus folgen.

Zusammenfassend entscheiden individuelle Faktoren darüber, **wo auf der Effort-Leistungs-Kurve sich eine Person bewegt**. Hohe Motivation, Fähigkeit und Selbstvertrauen verschieben das Optimum zugunsten höherer Leistung (man kann viel Effort investieren und es zahlt sich aus). Geringe Motivation oder hohe Anstrengungsaversion limitieren den nutzbaren Bereich (Person bleibt in niedrigem Effort-Bereich mit mäßiger Leistung). Ebenso können Unterschiede in Gesundheit und Alter die Lage des optimalen Anstrengungspunkts verändern.

**c) Kontextfaktoren**

Neben Aufgabe und Person beeinflussen **situative Rahmenbedingungen** das Zusammenspiel von Anstrengung und Leistung erheblich:

* **Stress und Druck:** Wie oben ausgeführt, wirkt akuter Stress zweischneidig. **Mäßiger Druck** (etwa ein Wettkampf, den man als Herausforderung annimmt) kann die Anstrengungsbereitschaft erhöhen und Leistung steigern. **Übermäßiger Druck** (etwa extreme Wichtigkeit, Angst vor Versagen) führt hingegen zu Choking-Effekten – trotz hoher investierter Anstrengung kommt es zu Leistungsabfall ( [Choking under pressure: the neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4322702/#:~:text=threat%20of%20severe%20punishment%20can,Graduate) ). Auch **soziale Evaluation** gehört hier dazu: Das Gefühl, beobachtet oder bewertet zu werden, kann leichten Stress auslösen, der einerseits motiviert, andererseits Lampenfieber erzeugt. Experimente zeigen, dass allein die Präsenz eines Zuschauers die **exekutive Aufmerksamkeit verringern** kann (durch soziale Angst) ([Choking under pressure: self-consciousness and paradoxical effects of incentives on skillful performance - PubMed](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6707866/#:~:text=Choking%20under%20pressure%20is%20defined,by%20situational%20manipulations%20of%20pressure)). Stress wirkt also als Moderator auf den Effort-Leistungs-Zusammenhang, indem er die *Qualität* der Anstrengung beeinflusst – unter hohem Stress ist Anstrengung weniger effizient (man „verzettelt“ sich z.B.), was die Leistung mindert, selbst wenn man maximalen Effort gibt.
* **Anreize und Belohnungen:** Externe Anreize (monetär, Wettbewerb, Noten etc.) beeinflussen, *ob* und *wie sehr* wir uns anstrengen. Allgemein steigern **Belohnungen** die Anstrengungsinvestition bis zu einem gewissen Punkt und verbessern so die Leistung ( [Choking under pressure: the neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4322702/#:~:text=In%20contrast%20to%20the%20assumption,down) ). Jedoch kann die Dosis den Effekt umkehren: Sehr hohe Einsätze verwandeln sich in Druck (siehe oben). Interessant ist auch der Aspekt **intrinsische vs. extrinsische Motivation**: Starke extrinsische Belohnungen können die *intrinsische Motivation* untergraben (bekannt als Korrumpierungseffekt), was langfristig dazu führen könnte, dass ohne Belohnung weniger Anstrengung kommt. In Lernkontexten hat man festgestellt, dass **informatorisches positives Feedback** (Anerkennung) oft besser ist, um nachhaltige hohe Anstrengung zu fördern, als rein materielle Belohnungen. **Bestrafungsandrohung** (z.B. negativer Anreiz, Punkteabzug) kann zwar kurzfristig Effort mobilisieren, erzeugt aber meist Stress und damit Risiko von Fehlleistungen. Somit müssen Anreize klug gestaltet sein, um Leistung zu steigern, ohne die Effort-Performance-Kurve in den negativen Bereich zu drücken.
* **Umgebungsfaktoren:** Die physische und soziale Umgebung kann Anstrengung erleichtern oder erschweren. **Ablenkungen** (Lärm, visuelle Reize, Multitasking-Anforderungen) zwingen das Gehirn, Anstrengung auf mehrere Dinge aufzuteilen, was die aufgabenbezogene Leistung trotz hoher Gesamtanstrengung schmälert. **Arbeitsbedingungen** wie Zeitdruck oder ergonomischer Komfort spielen ebenfalls mit hinein – z.B. führt extremer **Zeitdruck** oft dazu, dass man zwar subjektiv enormen Effort spürt (Hektik), die Fehlerquote aber steigt, weil die Qualität der Informationsverarbeitung leidet. **Pausen und Erholungsmöglichkeiten** hingegen erlauben es, Anstrengung in Phasen hoher Wichtigkeit zu bündeln (Sprint- und Erholungsphasen), was auf Dauer eine bessere Durchschnittsleistung ergeben kann, als wenn permanent mittlerer Effort gefahren wird. Das **soziale Klima** (Unterstützung vs. Konkurrenz) moderiert ebenfalls: In einer unterstützenden Atmosphäre investieren Menschen effizient Anstrengung, während ein Klima der Angst zwar Anstrengung provoziert, aber mit Ineffizienz und Fehlern einhergehen kann.
* **Incentive-Kontext in der Ökonomie:** In Wirtschaftswissenschaften wurde der Effort-Performance-Zusammenhang z.B. in **Arbeitsverträgen** untersucht. Man fand, dass eine *lineare Steigerung* des Lohnes nicht immer lineare Mehrleistung bringt – jenseits eines Punktes flacht die Kurve ab, da Faktoren wie Ermüdung, Stress oder Sättigung eintreten ( [Choking under pressure: the neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4322702/#:~:text=rewards,a%20profound%20impact%20on%20individuals%E2%80%99) ). Daher setzen viele Unternehmen auf **leistungsabhängige Boni mit Deckelung** oder kombinierte Anreize (materiell und sozial), um das Optimum zu treffen. Ein interessanter Kontext ist auch die **sportliche „Heimvorteil“-Debatte**: Oft wird erwartet, dass Heimdruck die Leistung steigert, tatsächlich kommt es aber in Finalspielen bei Heimmannschaften manchmal zu **Leistungseinbußen (Heimnachteils-Effekt)** – interpretiert als Überdruck und Choking, trotz maximaler Anstrengung des Teams (eine Kontextinteraktion aus sozialer Erwartung und Stress).

Im Zusammenspiel all dieser moderierenden Variablen ergibt sich ein komplexes Bild: **Kognitive Anstrengung führt nicht im Vakuum zu Leistung, sondern ihr Effekt wird von Aufgabe, Person und Situation geformt.** Dieses Verständnis hilft zu erklären, warum Forschung teils scheinbar widersprüchliche Befunde fand – was unter einer Bedingung linear anstieg, kann unter anderen Bedingungen in eine Abwärtstendenz kippen. Moderne Studien versuchen daher, diese Moderatoren gezielt zu berücksichtigen (z.B. Experimente, die Schwierigkeitsgrad *und* Motivation systematisch variieren).

**Theoretische Grundlagen und Modelle**

Zur Erklärung des Zusammenhangs von kognitiver Anstrengung und Leistung wurden zahlreiche Theorien entwickelt. Hier einige der einflussreichsten Modelle und ihre Kernaussagen:

* **Kahnemans Aufmerksamkeits- und Kapazitätsmodell (1973):** Kahneman postulierte eine **begrenzte mentale Energiereserve**, die flexibel auf Aufgaben verteilt wird. „Anstrengung“ entspricht dem **Maß der allokierten Kapazität**. Solange genügend Reserve da ist, verbessert mehr Einsatz die Leistung. Wird die Kapazitätsgrenze erreicht oder überschritten (z.B. durch Doppelaufgaben), können zusätzliche Anstrengungsversuche die Leistung nicht weiter steigern. Dieses Modell erklärt, warum in einfachen Aufgaben zusätzliche Anstrengung wirkt, in überfordernden aber nicht: Im zweiten Fall ist der „Tank“ schon leer. Anstrengung wird zudem von **Motivationsfaktoren** moduliert – nur wenn die Aufgabe wichtig genug erscheint, wird die maximale Kapazität mobilisiert.
* **Yerkes-Dodson-Gesetz (1908):** Wie oben erläutert, besagt dieses klassische Gesetz einen **invers U-förmigen Zusammenhang** zwischen Anstrengungsniveau (interpretiert als Arousal/Stress) und Leistung ([Yerkes–Dodson law - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Yerkes%E2%80%93Dodson_law#:~:text=The%20Yerkes%E2%80%93Dodson%20law%20is%20an,of%20the%20citing%20articles%2C%20these)). Es ist *keine* Theorie mit Mechanismus, sondern ein empirisches Grundprinzip. Spätere Theoretiker haben versucht, diesen Zusammenhang zu begründen (z.B. mit der **Triebtheorie** in den 1950ern: Hoher Trieb erleichtert dominante Reaktionen, erschwert aber komplexe; oder mit der **Cue-Utilization-Hypothese**: Bei Stress verengt sich die Aufmerksamkeit zu stark, relevant bei komplexen Tasks). Yerkes-Dodson bleibt jedoch die Ausgangsfolie vieler moderner Modelle, die spezifischer sind.
* **Motivational Intensity Theory (Brehm, 1989):** Diese sozialpsychologische Theorie fokussiert darauf, **wie viel Anstrengung mobilisiert** wird. Kernaussage: Menschen investieren **nur so viel Anstrengung, wie nötig ist, um ihr Ziel zu erreichen – aber nicht mehr** ([(PDF) Refining the prediction of effort: Brehm's distinction between ...](https://www.researchgate.net/publication/280683142_Refining_the_prediction_of_effort_Brehm's_distinction_between_potential_motivation_and_motivation_intensity#:~:text=,success%20is%20possible%20and)). Solange das Ziel erreichbar und lohnend erscheint, steigt der Effort proportional zur *erlebten Schwierigkeit* (potenziell linear). Wird die erforderliche Anstrengung aber *zu hoch* (über dem, was gerechtfertigt ist oder möglich scheint), **brechen sie die Anstrengung ab**. Mit anderen Worten: Anstrengungsintensität hängt dynamisch von der Aufgabenschwierigkeit und dem Wert des Ziels ab. Ein leichteres Ziel führt nur zu geringer Anstrengung (sonst Energieverschwendung), ein schwieriges Ziel erhöht die Anstrengung – bis zu dem Punkt, an dem Aufwand > Nutzen, dann gibt man auf. Diese Theorie erklärt, warum Leute bei trivialen Aufgaben oft *nicht ihr Bestes geben* (lohnt nicht) und bei *unlösbaren Aufgaben* erst gar nicht maximale Anstrengung zeigen (kein Sinn). Sie sagt *nicht* direkt, was mit Leistung passiert, impliziert aber: Leistung wird maximal, wenn die aufgewendete Anstrengung genau der Aufgabendemands entspricht; bei Unteranstrengung bleibt Leistung unter Maximum, bei Abbruch (Überforderung) bricht Leistung ein.
* **Ego-Depletion/Resourcenmodell der Selbstkontrolle (Baumeister et al., 1998):** Dieses Modell vergleicht kognitive Anstrengung (insbesondere Selbstkontrolle) mit einem **Muskel**, der bei Gebrauch ermüdet. Hohe Anstrengung in einer Aufgabe **verbraucht eine begrenzte Ressource** (später oft mit Glukose oder Neuromodulatoren in Verbindung gebracht), wodurch in nachfolgenden Aufgaben weniger Ressourcen verfügbar sind und die Leistung abfällt. Dieses Modell wurde genutzt, um Leistungseinbußen nach langem mentalem Arbeiten oder intensiver Selbstkontrolle zu erklären. Meta-Analysen zeigten anfangs moderate Effekte (Hagger et al. 2010), jedoch ist das Modell umstritten, da neuere Studien und Replikationen die Existenz eines einfachen zentralen Ressourcenlimits infrage stellen. Kritiker (z.B. Inzlicht & Schmeichel, 2014) argumentieren, dass *motivationale Faktoren* die vermeintliche Erschöpfung erklären könnten (man *will* einfach nicht mehr, weil der Nutzen sinkt), statt einer festen physiologischen Grenze ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Kurzban%20et%20al,There%20is) ) ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=%28Inzlicht%20et%20al,but%20they%20may%20become%20conscious) ). Baumeisters Modell hat jedoch die Forschung stimuliert, nach physischen Korrelaten von mentaler Anstrengung zu suchen (z.B. Glukoseverbrauch des Gehirns – welcher sich interessanterweise bei kognitiver Arbeit weniger deutlich verändert als angenommen ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=match%20at%20L382%20Kurzban%2C%202010%3B,during%20vigorous%20task%20engagement) ) ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Kurzban%2C%202010%3B%20Raichle%20%26%20Mintun%2C,during%20vigorous%20task%20engagement) )).
* **Cost–Benefit-Modell der Anstrengungsregulation:** In den letzten Jahren dominieren Modelle, die kognitive Anstrengung als **ökonomische Entscheidungsgröße** betrachten. Dazu zählen u.a. **Kurzban et al. (2013)** und **Shenhav et al. (2013)**. Kurzban et al. formulierten ein **Opportunitätskosten-Modell**: Das Gefühl mentaler Anstrengung spiegelt die *Opportunitätskosten* wider, also den Nutzen der besten alternativen Verwendung der kognitiven Ressourcen ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=match%20at%20L511%20,but%20they%20may%20become%20conscious) ) ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=%28Inzlicht%20et%20al,but%20they%20may%20become%20conscious) ). Wenn man lange einer schwierigen Aufgabe Aufmerksamkeit schenkt, „meldet“ das Gehirn nach einiger Zeit, dass diese Ressourcen auch anderweitig hätten Belohnung bringen können (z.B. Spaß haben, essen, schlafen) – dieses *Unwohlsein* wird als Anstrengung empfunden und kann dazu führen, dass man die Aufgabe abbricht oder Pausen einlegt. So erklärt das Modell kognitive Fatigue als *adaptive Umlenkung* der Ressourcen auf möglicherweise lohnendere Ziele ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=%28Inzlicht%20et%20al,but%20they%20may%20become%20conscious) ) ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=the%20next,test%20whether%20presenting%20incidental%20cues) ). Leistung resultiert hier aus einem ständigen Abwägen: Bleibe ich bei der Aufgabe (weiter Effort investieren) oder wechsle ich zu etwas anderem? Das Modell sagt, dass Leistungseinbrüche nach anhaltender Anstrengung rational sein können, wenn der *Aufgabenwert* nicht hoch genug ist, um die steigenden Opportunitätskosten zu rechtfertigen.

Shenhav, Botvinick & Cohen (2013) formulierten das **Expected Value of Control (EVC)**-Modell, das speziell den **anterioren cingulären Cortex (ACC)** als Region für diese Abwägung sieht ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=economic%20decision,high%2C%20control%20is%20implemented%20more) ) ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=regulate%20control%20intensity%20,the%20difficulty%20of%20decisions%20about) ). Das Modell besagt: Das kognitive System wählt die Intensität der Kontrolle/Anstrengung danach, welche **erwartete Belohnung** dafür erzielt werden kann abzüglich der **Kosten** der Anstrengung ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=economic%20decision,high%2C%20control%20is%20implemented%20more) ). Der ACC integriert diese Faktoren (Aufgabenwert, Erfolgswahrscheinlichkeit, Anstrengungskosten) und entscheidet, ob es sich lohnt, kognitive Kontrolle einzusetzen ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=2013%3B%20Shenhav%20et%20al,their%20effect%20is%20to%20bias) ). Ist der erwartete Wert positiv und hoch, wird viel Kontrolle (Effort) rekrutiert, was hohe Leistung ermöglicht. Ist der Wert gering oder negativ (Kosten > Nutzen), wird weniger Kontrolle ausgeübt – die Leistung bleibt dann niedriger. Dieses Modell erklärt kontextabhängige Unterschiede: Bei hohen Belohnungen oder wichtigem Ziel wird das Gehirn mehr Effort „freigeben“ (und im ACC sieht man höhere Aktivität) ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=expected,directed) ). Bei geringer Belohnung oder wenn man schon müde ist (erwartete zusätzliche Kosten hoch) fährt das System die Kontrolle zurück, und Performance sinkt. EVC integriert also Motivation und Fähigkeit in einem formalen Rahmen und wird durch neurobiologische Befunde gestützt (ACC-Aktivität korreliert mit Anstrengungswahl und -intensität) ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=match%20at%20L1322%20regulate%20control,the%20difficulty%20of%20decisions%20about) ).

* **Theorie der kompensatorischen Kontrolle (Hockey, 1997/2011):** Diese Theorie behandelt **Stress, Müdigkeit und Anstrengung**. Sie nimmt an, dass Menschen ihre Leistung unter widrigen Bedingungen (z.B. Lärm, Schlafmangel) durch **zusätzliche Anstrengung kompensieren** können, um ein Leistungsniveau aufrechtzuerhalten. Das heißt, wenn externe Stressoren die Effizienz mindern, reagieren wir mit Effort-Erhöhung (*Compensatory effort*), was aber **mit Kosten** einhergeht – nämlich schnellere Erschöpfung und eventuell langfristig geringerer Wohlbefinden. Das Modell unterscheidet zwischen *strategischer Anstrengungsverteilung* (man kann z.B. in einer Teilsaufgabe mehr Aufwand stecken auf Kosten einer anderen) und *langfristiger Regulation* (man muss Erholungsphasen einplanen). Es erklärt, warum Menschen trotz Stress oft zunächst normal leisten (sie mobilisieren Reserve-Effort), aber plötzlich „einbrechen“, wenn die Reserven erschöpft sind oder die Motivation wegfällt.
* **Lern- und Dissonanz-Theorien:** Es gibt auch Ansätze, die **positiven Wert von Anstrengung** betonen. Die Theorie der **gelernten Leistungsbereitschaft (learned industriousness)** von Eisenberger besagt, dass wenn Anstrengung wiederholt **positiv verstärkt** wird (durch Erfolg oder Lob), Individuen eine **Neigung entwickeln, Anstrengung an sich als lohnend zu empfinden**. Sie werden also fleißiger unabhängig vom Inhalt, was langfristig Leistung steigert. Ähnlich zeigt die **Dissonanztheorie** (Festinger) einen Effekt namens *Effort Justification*: Wenn wir viel Anstrengung investiert haben, bewerten wir das Ziel im Nachhinein höher („es muss es wert gewesen sein“). Jüngere Arbeiten, etwa **Inzlicht et al. (2018)**, sprechen vom **„Effort Paradox“**, wonach Anstrengung sowohl *costly* (anstrengend, aversiv) als auch *valued* (als wertvoll erlebt) sein kann ([The Effort Paradox: Effort Is Both Costly and Valued - PubMed](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29477776/#:~:text=According%20to%20prominent%20models%20in,models%2C%20but%20also%20provide%20clues)). Sie betonen, dass Menschen manchmal *absichtlich* schwierige, anstrengende Aufgaben wählen, weil sie daraus einen Sinn oder persönlichen Wert ziehen ([The Effort Paradox: Effort Is Both Costly and Valued - PubMed](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29477776/#:~:text=According%20to%20prominent%20models%20in,models%2C%20but%20also%20provide%20clues)) ([The Effort Paradox: Effort Is Both Costly and Valued - PubMed](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29477776/#:~:text=humans%20and%20non,models%2C%20but%20also%20provide%20clues)). Das erklärt z.B., warum Hobbys wie Rätsel, Extremsport oder Musikinstrumente trotz großer mentaler/physischer Anstrengung als belohnend empfunden werden – der **Kontext verleiht der Anstrengung positiven Wert**. Solche Überlegungen erweitern den Effort-Performance-Zusammenhang dahingehend, dass *auch die Bewertung der Anstrengung* (nicht nur der Leistung) eine Rolle spielt. In Leistungssituationen kann also eine Person, die Anstrengung als persönlich sinnvoll ansieht, länger und effektiver bei der Sache bleiben als jemand, der Anstrengung nur als notwendiges Übel betrachtet.

Diese Theorien zeigen, dass es keine einfache Antwort auf das „Wie hängen Anstrengung und Leistung zusammen?“ gibt. Vielmehr liefern sie *unterschiedliche Perspektiven*: von physiologischen Limitierungen über motivationale Kalküle bis hin zu Lernprozessen. Moderne Ansätze tendieren dazu, **mehrere Ebenen zu integrieren** – etwa neuroökonomische Modelle, die Kosten-Nutzen (Motivation) mit neuronalen Kapazitäten (Fähigkeit/Ressource) verbinden ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Understanding%20the%20decision%20to%20expend,a%20neuroeconomics%20of%20cognitive%20effort) ). Einigkeit herrscht darüber, dass **kognitive Anstrengung eine Art “Währung” des kognitiven Systems** darstellt, die sparsam eingesetzt wird und deren Investition vom erwarteten Ertrag abhängt ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Understanding%20the%20decision%20to%20expend,a%20neuroeconomics%20of%20cognitive%20effort) ). Theorien wie EVC haben den Vorteil, konkrete **Vorhersagen** abzuleiten (z.B. wie sich Anstrengungsbereitschaft ändert, wenn man den Aufgabennutzen manipuliert) und diese experimentell zu prüfen.

**Operationalisierung und Messung**

Um Anstrengung und Leistung wissenschaftlich untersuchen zu können, ist es nötig, sie **messbar zu machen**. Dabei greifen Forscher auf verschiedene **Maße und Indikatoren** zurück:

**Messung kognitiver Anstrengung**

Kognitive Anstrengung ist zwar ein subjektives Erleben, lässt sich aber auf *verschiedenen Wegen* objektivieren: durch **Selbstberichte**, **physiologische Marker** und **neurowissenschaftliche Methoden**.

* **Subjektive Ratings:** Am direktesten fragen Forscher die Probanden selbst, wie anstrengend sie eine Aufgabe finden. Dazu werden Skalen genutzt, z.B. **Borg-Skala** (Ratings von „gar nicht anstrengend“ bis „extrem anstrengend“), die **NASA Task Load Index (TLX)** in Human-Factors (eine mehrdimensionale Skala für mentale Belastung) oder einfache **Likert-Einstufungen** nach jeder Aufgabe. Subjektive Maße korrelieren häufig mit objektiven Indikatoren, aber nicht immer – manche Teilnehmer unterschätzen oder überschätzen ihre Anstrengung. Dennoch sind Selbstberichte wertvoll, da sie die **phänomenale Anstrengung** erfassen, welche per Definition subjektiv ist ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Cognitive%20effort%20is%20a%20subjective%2C,a%20psychophysical%20phenomenon%3A%20that%20is) ). Beispielsweise könnte eine Person nach einer Rechenaufgabe auf einer Skala 0–100 angeben: „Anstrengung = 75“. Solche Daten lassen sich mit der erreichten Leistung in Beziehung setzen. Allerdings können sie unter **Verzerrungen** leiden (soziale Erwünschtheit, unterschiedliche Bezugspunkte).
* **Pupillometrie (Pupillendurchmesser):** Die **Weitung der Pupille** ist ein etablierter physiologischer Marker für mentale Anstrengung. Bereits in den 1960er Jahren zeigten Hess & Polt (1964) sowie Kahneman & Beatty (1966) in klassischen Studien, dass die Pupillen von Probanden sich **deutlich vergrößern, wenn sie schwierige mentale Rechnungen durchführen**, im Vergleich zu leichten Aufgaben ([Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review | Psychonomic Bulletin & Review](https://link.springer.com/article/10.3758/s13423-018-1432-y#:~:text=period%20,Kahneman%20%26%20Beatty%2C%20%2024) ). Pupil Dilation wird als Indikator für die **Aktivierung des locus coeruleus-Noradrenalin-Systems** gesehen, das bei gesteigerter kognitiver Anforderung anspringt. Moderne Pupillometrie mit Eye-Trackern ist sehr präzise und zeigt, dass die Pupille **mit zunehmender Task-Demand oder -Load größer wird** ([Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review | Psychonomic Bulletin & Review](https://link.springer.com/article/10.3758/s13423-018-1432-y#:~:text=period%20,Kahneman%20%26%20Beatty%2C%20%2024) ). Wichtig: Manche Forscher interpretieren Pupillenveränderungen als direktes Maß der *Aufgabenlast*, andere spezifischer als **Maß der tatsächlich aufgewendeten Anstrengung** in Reaktion auf diese Anforderungen ([Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review | Psychonomic Bulletin & Review](https://link.springer.com/article/10.3758/s13423-018-1432-y#:~:text=period%20,Kahneman%20%26%20Beatty%2C%20%2024) ). In der Praxis wird Pupillengröße oft in Echtzeit erfasst, während Personen kognitive Kontrollaufgaben bearbeiten; steigt sie stark an, nimmt man an, dass der Proband gerade maximalen Effort mobilisiert. Pupillometrie hat den Vorteil, nicht-invasiv und sensitiv zu sein, und erlaubt eine **zeitlich hochaufgelöste** Anstrengungsmessung während der Aufgabenbearbeitung.
* **Herz-Kreislauf-Marker:** Kognitive Anstrengung geht mit **Autonomer Aktivierung** einher. Zwei wichtige Maße sind **Herzfrequenz (HR)** und **Herzratenvariabilität (HRV)**. Bei gesteigerter mentaler Belastung zeigt sich oft eine **leichte Erhöhung der Herzfrequenz** und eine **Reduktion der HRV** (da der Sympathikus überwiegt). So kann ein konstantes Sitzen bei einer schwierigen Denkaufgabe den Puls um einige Schläge pro Minute erhöhen verglichen mit Ruhe oder einer leichten Aufgabe. Die **phasische HRV** reagiert empfindlich: Niedrigere momentane HRV wurde mit reduzierter kognitiver Leistung und höherer mentaler Beanspruchung assoziiert ([Phasic heart rate variability and the association with cognitive ...](https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0246968#:~:text=Phasic%20heart%20rate%20variability%20and,regardless%20of%20age%20and%20sex)). Eine systematische Übersichtsarbeit stellte fest, dass ein höheres Ruhe-HRV-Level oft mit **besserer kognitiver Funktion** korreliert (vermutlich weil es Selbstregulationsfähigkeit widerspiegelt) ([Heart Rate Variability and Cognitive Function: A Systematic Review](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6637318/#:~:text=Review%20pmc,been%20associated%20with%20cognitive%20impairment)) ([Association of Heart Rate Variability With Cognitive Performance](https://www.ahajournals.org/doi/abs/10.1161/JAHA.119.013827#:~:text=Performance%20www,multi%E2%80%90ethnic%20cohort%20of%20aging%20adults)). Für akute Messungen gilt: Wenn während einer Aufgabe die HRV abnimmt, deutet dies auf **anhaltende Fokussierung und Effort** hin, während Entspannung oder nachlassende Anstrengung mit einem Wiederanstieg der HRV einhergeht. Auch **Blutdruck** oder **Hautleitfähigkeit** können herangezogen werden – beide steigen tendenziell bei mentaler Anstrengung. Allerdings sind diese vegetativen Marker unspezifisch (auch Emotionen oder körperliche Bewegung beeinflussen sie). Spezifischere Indikatoren gibt es in der Kognitionspsychophysiologie: z.B. der **präfrontalen Sauerstoffsättigung** gemessen mit fNIRS (funktionelle Nahinfrarotspektroskopie), die bei hoher mentaler Last zunimmt (mehr Blutfluss im PFC), oder das **EEG Theta-Band** (4–7 Hz) an Frontalmittellinien-Elektroden, das mit Steigerung der kognitiven Kontrolle an Amplitude gewinnt.
* **Neuroimaging und neurochemische Marker:** Mit **fMRT** lassen sich Hirnregionen identifizieren, die proportional zur Anstrengung aktiviert werden. Studien zeigen bspw., dass der **dorsale anteriore cinguläre Cortex (dACC)** und der **dorsolaterale präfrontale Cortex** verstärkt aktiv sind, wenn Probanden hohe kognitive Kontrolle ausüben oder Optionen mit hohem mentalen Aufwand wählen ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=regulate%20control%20intensity%20,the%20difficulty%20of%20decisions%20about) ). Diese Regionen gelten als Schaltstellen zur Überwindung von *mentaler Trägheit*. Interessant ist auch die Untersuchung von **Neurotransmittern**: Das Noradrenalin-System (Locus Coeruleus) und das Dopaminsystem (v.a. im Striatum) wurden mit Anstrengungsregulation in Verbindung gebracht. So findet man z.B., dass **Dopamin-D2-Rezeptor-Availability** prädiktiv dafür ist, ob jemand eher anstrengende Aufgaben meidet oder annimmt – dopaminerge Stimulation kann die „Wertschätzung“ von kognitiver Arbeit erhöhen, während Blockade Anstrengung noch aversiver macht (Treadway et al., 2012). Diese Befunde werden oft mittels **PET** (Positronen-Emissions-Tomographie) oder pharmakologischen fMRT-Studien erhoben. Für die momentane Leistungsmessung sind solche Methoden weniger praktisch, sie helfen aber, das **neurale Korrelat** der subjektiven Anstrengung zu verstehen.
* **Verhaltensmaße indirekter Art:** Manchmal schließt man auf Anstrengung aus dem **Verhalten**. Beispiel: **Task-Persistenz** – wie lange hält jemand eine schwierige Aufgabe durch, bevor er aufgibt? Oder **Wahlverhalten** – entscheidet sich jemand, eine leichte oder eine schwere Aufgabe zu bearbeiten, wenn er die Wahl hat? Solche Maße (oft in sog. Effort-Discounting-Paradigmen verwendet) verraten, wie *kostspielig* der Betreffende die Anstrengung einschätzt. Wenn z.B. jemand trotz höherer Belohnung systematisch die leichtere Aufgabe wählt, interpretiert man das als hohe subjektive Kosten der Anstrengung (Effort-Aversion) ([Forced choices reveal a trade-off between cognitive effort and ... - eLife](https://elifesciences.org/articles/59410#:~:text=eLife%20elifesciences,high%20levels%20of%20cognitive%20effort)). Dieses Vorgehen ist eher **neuroökonomisch**: Anstrengung wird in solchen Aufgaben als „Preis“ behandelt, den man bereit (oder nicht bereit) ist, für zusätzlichen Nutzen zu zahlen. Die Indifferenzpunkte – wann eine Person gerade so die anstrengendere Option wählt – quantifizieren dann die *subjektive Kostenfunktion* der kognitiven Anstrengung.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über gängige Maße für kognitive Anstrengung und Beispiele:

| **Messmethode** | **Beispiele / Indikator** | **Interpretation** |
| --- | --- | --- |
| **Subjektives Rating** | z.B. Borg-Skala 6–20, NASA-TLX, „mentale Anstrengung (0–100)“ | Selbst eingeschätzter Aufwand ([ |

Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC

](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Cognitive%20effort%20is%20a%20subjective%2C,a%20psychophysical%20phenomenon%3A%20that%20is)); unmittelbares subjektives Empfinden der Beanspruchung |

| **Pupillometrie** | Pupillenweitendifferenz zwischen Ruhe und Task; Latenz der Maximalweitung | *Task-evoked pupillary response*: Größere Pupille = mehr mentale Anstrengung ([Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review | Psychonomic Bulletin & Review](https://link.springer.com/article/10.3758/s13423-018-1432-y#:~:text=period%20,Kahneman%20%26%20Beatty%2C%20%2024) ) | | **Herz-Kreislauf** | Herzschlagrate (bpm); HRV (RMSSD); Blutdruckanstieg | Höhere HF, niedrige HRV bei hohem Effort (sympathische Aktivierung); indexiert allgemeine Beanspruchung | | **EEG** | Frontal-Midline-Theta-Power; P300-Amplitude | Theta↑ mit steigender kognitiver Kontrolle; P300↓ bei hoher Last (weniger Ressourcen für Stimulusverarbeitung) | | **fMRT/fNIRS** | BOLD-Signal im dACC, dlPFC; präfrontale O2-Hb-Konzentration | Höhere Aktivität in Kontroll-/Aufwandsnetzwerken bei mehr Anstrengung (Kostenkalkulation im ACC etc.) | | **Endokrin** | Cortisol im Speichel; Adrenalin/Noradrenalin im Blut | Moderater Anstieg bei mentaler Herausforderung; sehr hoher Anstieg bei Distress (kann Leistung beeinträchtigen) | | **Verhalten (indirekt)** | Wahl schwerer vs. leichter Aufgaben; Ausdauer (Zeit bis Abbruch); Leistungsänderung mit/ohne Anreiz | Hohe Effort-Aversion, wenn leichte Aufgabe trotz hoher Belohnung für schwere gewählt ([Forced choices reveal a trade-off between cognitive effort and ... - eLife](https://elifesciences.org/articles/59410#:~:text=eLife%20elifesciences,high%20levels%20of%20cognitive%20effort)); Ausdauer zeigt Motivation und Willenskraft |

**Kognitive Leistung** wird je nach domänenspezifem Fokus mit unterschiedlichen Indikatoren gemessen, meist jedoch über **Genauigkeits- und Geschwindigkeitsmaße**:

* In Aufmerksamkeitstests z.B. Anzahl entdeckter Signale, Fehlerquote (omissions/commissions) und Reaktionszeit-Mittelwerte.
* In Gedächtnisaufgaben: Anzahl korrekt erinnerter Items, Prozent richtig, Fehlerrate (False Alarms).
* In Problemlöse- oder Intelligenztests: Anzahl gelöster Probleme, Lösungszeit, Güte der Lösung.
* Bei **dual tasks** (Doppelaufgaben): Trade-off-Muster zwischen zwei Aufgabenleistungen (wenn eine Leistung sinkt, war die Kapazität voll ausgereizt).
* Manchmal werden **Kompositmaße** verwendet, z.B. „Throughput“ = Anzahl korrekter Antworten pro Zeiteinheit, um Geschwindigkeit und Genauigkeit gemeinsam zu berücksichtigen.
* In anspruchsvollen exekutiven Aufgaben schaut man auch auf **Strategieindikatoren** (wie plant jemand? wechselt er die Strategie unter Druck?), was qualitativ die Performance beschreibt.

Die Reliabilität der Performancemaße ist oft hoch, und sie lassen sich direkt statistisch mit Effort-Manipulationen in Beziehung setzen (z.B. vergleicht man die Reaktionszeit mit/ohne Anreiz, um Effort-Effekte zu erschließen).

Wichtig ist: Leistungsmessung allein erlaubt nicht zwingend zu bestimmen, *warum* eine Leistung gut oder schlecht ausfällt – daher werden die obigen Anstrengungsmaße meist **parallel** erhoben, um interpretieren zu können, ob z.B. eine Leistungsminderung durch mangelnde Anstrengung, durch Kapazitätsgrenzen oder durch externe Störfaktoren verursacht ist.

**Synthese der Ergebnisse und offene Fragen**

Der Forschungsstand zeigt ein facettenreiches Bild: **Kognitive Anstrengung und Leistung hängen eng zusammen, aber die Beziehung ist komplex und kontextabhängig.** Allgemein lässt sich festhalten:

* **Ohne ausreichende Anstrengung bleibt kognitive Leistung hinter dem Möglichen zurück.** Dieses Prinzip findet sich in nahezu allen Untersuchungen: Wird eine Person abgelenkt, demotiviert oder in einen energiesparenden Modus versetzt, sinkt ihre Performance. Anstrengung ist somit eine **notwendige Bedingung** für hohe Leistung – sie ist das „Benzin“, um kognitive Fähigkeiten auf die Straße zu bringen. Insbesondere bei schwierigen Aufgaben ist ein gewisses Mindestmaß an mentaler Investition unumgänglich für Erfolg.
* **Mehr Anstrengung ist *bis zu einem Punkt* hilfreich, danach schädlich.** Die Idee eines Leistungsoptimums bei mittlerer Aktivierung ist gut untermauert. Sowohl im Labor (Yerkes-Dodson-ähnliche Kurven in vielen Settings) als auch im Feld (Sport, Prüfungen) sieht man, dass *Überanstrengung* bzw. übermäßiger Druck die Leistung einbrechen lassen kann ( [Choking under pressure: the neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4322702/#:~:text=threat%20of%20severe%20punishment%20can,Graduate) ). Dieses Optimum wird von zahlreichen Faktoren verschoben: Person A kann evtl. mehr Effort positiv nutzen als Person B, oder Aufgabe X verträgt mehr als Aufgabe Y. Daraus folgt, dass Leistungssteigerung nicht blind durch „immer mehr pushen“ erreicht werden kann, sondern dass **Effort-Management** zentral ist – also das richtige Maß finden und Übersteuerung vermeiden.
* **Motivation und Anstrengung sind eng verwoben.** Viele Befunde legen nahe, dass **Motivation der Schlüssel zur Anstrengungsregulation** ist. Motivation bestimmt, ob wir überhaupt viel kognitive Energie investieren und über längere Zeit aufrechterhalten. Unterschiedliche Theorien – vom Nutzen-Kosten-Modell ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=economic%20decision,high%2C%20control%20is%20implemented%20more) ) bis zu Brehms Intensitätsgesetz – sehen Motivation (Zielwert, Belohnung, Erfolgswahrscheinlichkeit) als *Determinante*, wie viel Effort mobilisiert wird. Leistungsunterschiede zwischen Bedingungen oder Personen lassen sich häufig auf motivationale Faktoren zurückführen. Kontrovers diskutiert wird dabei die Rolle von **Belohnungen**: Während Behavioristen früher annahmen, mehr Belohnung = mehr Arbeit = bessere Leistung, wissen wir heute, dass die *Qualität der Motivation* (intrinsisch vs. extrinsisch) und die *Angemessenheit* der Anreize entscheidend sind. Zu starke externe Kontrolle kann interne Motivation ersticken – ein Phänomen, das im Bildungsbereich intensiv erforscht wird (Stichwort self-determination theory). In solchen Fällen kann zwar kurzfristig die Leistung durch extrinsische Anstrengung gesteigert werden, aber langfristig ohne externe Belohnung absinken.
* **Kognitive Ressourcen und „Limits“: Fakt oder Fiktion?** Ein anhaltendes wissenschaftliches **Debattenthema** ist, inwieweit kognitive Anstrengung durch *feste physiologische Limits* beschränkt ist. Das klassische Ressourcenmodell (Ego Depletion) wurde zunehmend infrage gestellt. Neuere Erkenntnisse zeigen z.B., dass das Gehirn unter starker kognitiver Anforderung nur marginal mehr Glukose verbraucht (vielleicht 1% Steigerung) ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=match%20at%20L382%20Kurzban%2C%202010%3B,during%20vigorous%20task%20engagement) ) ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Kurzban%2C%202010%3B%20Raichle%20%26%20Mintun%2C,during%20vigorous%20task%20engagement) ) – weit entfernt von einem völligen Energieschwund. Dies deutet darauf hin, dass **mentale „Erschöpfung“ eher funktional-motivational** zu verstehen ist als rein metabolisch. Anders gesagt: Das Gefühl „ich kann nicht mehr denken“ kommt vermutlich nicht daher, dass kein Treibstoff mehr da ist, sondern dass das Gehirn regulatorisch auf eine Pause schaltet, weil es *unzweckmäßig* wäre weiterzutun (Opportunitätskosten-Logik) ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=match%20at%20L511%20,but%20they%20may%20become%20conscious) ). Allerdings zeigen andere Studien reale neuronale Veränderungen bei Überlastung – z.B. sinkende Dopaminspiegel nach langer kognitiver Arbeit, was Anhedonie und Müdigkeit fördert. Die Wahrheit liegt wohl in der Mitte: Es gibt **biologische Constraints**, aber das Erleben von Anstrengung entsteht durch ein **Zusammenspiel von biochemischen Veränderungen und Bewertungsprozessen** im Gehirn.
* **Individuelle und klinische Unterschiede bieten offene Fragen:** Warum empfinden manche Menschen geistige Anstrengung als kaum störend (sie können stundenlang konzentriert arbeiten und haben vielleicht sogar Spaß daran), während andere sehr schnell die Lust verlieren? Die Forschung hierzu untersucht sowohl **Trait-Unterschiede** (Persönlichkeit, Gene, Training) als auch **Zustände** (Stresslevel, Schlafmangel). Erste Befunde – etwa bezüglich Dopamin-Genvariationen – sind interessant, aber noch nicht abschließend. Ebenso ist unklar, inwieweit man Anstrengungsbereitschaft **trainieren** kann. Konzepte wie „mentale Fitness“ oder das Üben von Konzentration (Meditation, Aufmerksamkeitstraining) deuten an, dass Menschen lernen können, Effort länger und gezielter aufrechtzuerhalten. Hier klafft aber noch eine Lücke zwischen populären Behauptungen (Brain-Training-Spiele etc.) und harter Evidenz. Klinisch relevant ist die Frage, ob man z.B. **Antriebsschwäche bei Depression** durch gezieltes Effort-Training oder pharmakologisch verbessern kann – dies ist Gegenstand aktueller Forschung (Stichwort *computational psychiatry of effort* ( [Measuring cognitive effort without difficulty - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10050044/#:~:text=An%20important%20finding%20in%20the,of%20success%20and%20thereby%20the) )).
* **Messung und Definition bleiben herausfordernd:** Wie Westbrook & Braver feststellten, ist kognitive Anstrengung trotz ihrer Wichtigkeit nach wie vor ein **schwer fassbares Konstrukt** ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=Cognitive%20effort%20has%20been%20implicated,and%20physiologic%20markers%20of%20autonomic) ). Unterschiedliche Studien nutzen unterschiedliche Operatio-nalisierungen, was Befunde schwer vergleichbar macht. Ein Beispiel: Einige nennen erhöhte Pupillenreaktion „mehr Anstrengung“, andere interpretieren dasselbe als „höhere Aufgabenschwierigkeit erlebt“. Ebenso ist „Leistung“ nicht immer einheitlich – Fehlerquote vs. Reaktionszeit können unterschiedlich ausfallen (manche Teilnehmer werden unter Druck **langsamer aber nicht ungenauer** – haben sie nun weniger geleistet oder nur ihre Priorität verändert?). Künftige Arbeiten versuchen, diese Metriken zu integrieren, etwa durch **Computational Modeling**: Hierbei werden formale Modelle genutzt, die Parameter für Effort und Performance haben, um Verhalten besser zu beschreiben ( [Measuring cognitive effort without difficulty - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10050044/#:~:text=Cognitive%20effort%2C%20our%20ability%20to,with%20other%20processes%2C%20there%20is) ).
* **Positive Seite der Anstrengung:** Eine wichtige Verschiebung in der Debatte ist, Anstrengung nicht nur als „notwendiges Übel“ zu sehen. In Bildung und Arbeitspsychologie betont man jetzt „Effort is good“ – z.B. **Dwecks „Growth Mindset“**-Theorie in der Pädagogik: Die Überzeugung, dass **Anstrengung zum Wachstum der eigenen Fähigkeit führt**, fördert Durchhaltevermögen und letztlich Erfolg. Das oben erwähnte PNAS-Experiment ([Rewarding cognitive effort increases the intrinsic value of mental labor | PNAS](https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2111785119#:~:text=Many%20extraordinary%20human%20skills%20like,for%20the%20development%20of%20effort)) ([Rewarding cognitive effort increases the intrinsic value of mental labor | PNAS](https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2111785119#:~:text=people%20avoid%20whenever%20possible,related%20motivation)) zeigte, dass Menschen *lernen können, Anstrengung zu mögen*, wenn sie dafür belohnt wurden – gewissermaßen wurde aus Effort etwas Positives, was sie auch ohne weitere Belohnung wieder suchten. Solche Ergebnisse fordern die traditionellen Kostenmodelle heraus und erweitern sie: Sie suggerieren, dass die **Kostenfunktion von Anstrengung formbar** ist. Für die Praxis – z.B. Personalentwicklung oder Unterricht – sind das essentielle Erkenntnisse: Man kann versuchen, **Arbeitsumgebungen zu schaffen, die Anstrengung belohnen und wertschätzen**, um Mitarbeiter/Schüler langfristig leistungsfähiger zu machen ([Rewarding cognitive effort increases the intrinsic value of mental labor | PNAS](https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2111785119#:~:text=people%20avoid%20whenever%20possible,related%20motivation)) ([Rewarding cognitive effort increases the intrinsic value of mental labor | PNAS](https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2111785119#:~:text=seeking%20replicate%20and%20generalize%20to,effort%20and%20approach%20challenging%20tasks)).

**Offene Fragen** bleiben vielfältig. Einige zentrale, die in der Literatur diskutiert werden, sind:

* *Was ist der genaue neurale Mechanismus des subjektiven „Anstrengungsgefühls“?* – Wir wissen, dass ACC, Insula und Striatum involviert sind, aber wie daraus das bewusste Empfinden entsteht und uns zur Verhaltensanpassung motiviert, ist nicht völlig geklärt ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=2013%3B%20Shenhav%20et%20al,their%20effect%20is%20to%20bias) ) ( [Cognitive effort: A neuroeconomic approach - PMC](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445645/#:~:text=regulate%20control%20intensity%20,the%20difficulty%20of%20decisions%20about) ).
* *Wie hängt kognitive mit physischer Anstrengung zusammen?* – Neuere Arbeiten deuten auf geteilte Mechanismen hin (z.B. Dopamin repräsentiert Kosten beider Arten von Effort ähnlich), aber die Verbindung ist noch nicht vollständig verstanden. Die allgemeine Erschöpfung nach einem Tag harter Denkarbeit könnte ähnlich real sein wie nach körperlicher Arbeit, aber auf anderen Ebenen stattfinden.
* *Kann man Menschen gezielt helfen, ihr optimales Anstrengungs-Leistungs-Verhältnis zu finden?* – Z.B. durch Biofeedback (Anzeige der eigenen Pupillenreaktion zur Selbstregulation) oder durch Trainings, die Toleranz für lange kognitive Belastung erhöhen. Die Effektivität solcher Interventionen ist ein aktuelles Forschungsfeld.
* *Warum variieren Menschen so stark in der Bewertung von Anstrengung?* – Während die einen Sudoku-Rätsel zur Entspannung lösen, meiden andere jede knifflige geistige Tätigkeit. Liegen die Ursachen mehr in frühkindlichen Lernerfahrungen (Belohnung von geistiger Anstrengung vs. Misserfolgserlebnisse) oder in neurobiologischen Differenzen (Belohnungssystem reagiert unterschiedlich)? Hierüber gibt es noch kontroverse Diskussionen.
* *Wechselwirkung mit* ***Emotionen****:* Stimmung beeinflusst Anstrengungsbereitschaft (Depressive ziehen sich zurück, Euphorische packen mehr an). Gleichzeitig beeinflusst das Erfolgserleben (Performance) wiederum die Stimmung. Dieses komplexe Zusammenspiel aus Effort, Performance und Emotion ist noch nicht abschließend theoretisch modelliert.

Die Wissenschaft befindet sich somit in einem Prozess, die Puzzleteile – von psychologischen Theorien über neurowissenschaftliche Befunde bis hin zu ökonomischen Modellen – zu einem kohärenten Bild zusammenzufügen. Konsens besteht darin, dass **kognitive Anstrengung ein begrenztes „Gut“ ist, das klug investiert werden will**, und dass die **Maximierung kognitiver Leistung** nicht durch bloßes Erhöhen der Anstrengung geschieht, sondern durch **Optimierung** – das richtige Maß, zur richtigen Zeit, unter den richtigen Bedingungen.

**Schlüsselpublikationen (Auswahl)**

Im Folgenden sind einige zentrale Publikationen aufgeführt, die das Verständnis des Zusammenhangs von kognitiver Anstrengung und Leistung wesentlich geprägt haben. Die Liste umfasst theoretische Grundlagen, einflussreiche empirische Befunde sowie Übersichtsarbeiten und Meta-Analysen. (Format: Autoren, Jahr. Titel. *Zeitschrift/Quelle*. DOI)

* **Yerkes, R. M., & Dodson, J. D. (1908).** The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology, 18*, 459–482. <https://doi.org/10.1002/cne.920180503>  
  (Klassische Studie, formuliert das Yerkes-Dodson-Gesetz: optimale Erregung für maximale Leistung, Inverted-U-Kurve)
* **Kahneman, D. (1973).** *Attention and Effort*. Prentice-Hall. (Grundlegendes Modell der geteilten Aufmerksamkeitskapazität und mentalen Anstrengung; beschreibt mentale Ressourcenbegrenzung)
* **Brehm, J. W., & Self, E. A. (1989).** The intensity of motivation. *Annual Review of Psychology, 40*(1), 109–131. <https://doi.org/10.1146/annurev.ps.40.020189.000545>  
  (Übersichtsartikel zu Brehms Motivationsintensitätstheorie: Anstrengungsmobilisierung in Abhängigkeit von Aufgabenschwierigkeit und Motivation)
* **Baumeister, R. F. (1984).** Choking under pressure: Self‐consciousness and paradoxical effects of incentives on skillful performance. *Journal of Personality and Social Psychology, 46*(3), 610–620. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.46.3.610>  
  (Klassische Experimentalserie zum „Choking under pressure“; zeigt, wie übermäßiger Druck bei einfachen Aufgaben die Leistung verschlechtert und liefert erste Erklärungsansätze)
* **Hockey, G. R. J. (1997).** Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload. *Biological Psychology, 45*(1-3), 73–93. <https://doi.org/10.1016/S0301-0511(96)05223-4>  
  (Fundamentales Papier zur Theorie der kompensatorischen Anstrengung; beschreibt, wie Menschen unter Belastung Leistung durch zusätzliche Anstrengung aufrechterhalten und welche Kosten dies hat)
* **Hagger, M. S., Wood, C., Stiff, C., & Chatzisarantis, N. L. (2010).** Ego depletion and the strength model of self-control: A meta-analysis. *Psychological Bulletin, 136*(4), 495–525. <https://doi.org/10.1037/a0019486>  
  (Meta-Analyse, die das Ego-Depletion-Phänomen zusammenfasst – initiale Bestätigung, dass vorherige Anstrengung die spätere Leistung in Selbstkontrollaufgaben vermindert; hat viel Debatte ausgelöst)
* **Kurzban, R., Duckworth, A., Kable, J. W., & Myers, J. (2013).** An opportunity cost model of subjective effort and task performance. *Behavioral and Brain Sciences, 36*(6), 661–679. <https://doi.org/10.1017/S0140525X12003196>  
  (Einflussreiches theoretisches Modell, das vorschlägt, mentale Anstrengung sei das Gefühl der Opportunitätskosten – enthält zahlreiche Kommentierungen im gleichen Heft)
* **Shenhav, A., Botvinick, M. M., & Cohen, J. D. (2013).** The expected value of control: An integrative theory of anterior cingulate cortex function. *Neuron, 79*(2), 217–240. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.07.007>  
  (Schlüsselarbeit, die ein formales Modell vorstellt, wie das Gehirn (ACC) Kosten und Nutzen von kognitiver Kontrolle berechnet; verbindet neuronale Ebene mit Verhaltensebene der Anstrengungswahl)
* **Westbrook, A., & Braver, T. S. (2015).** Cognitive effort: A neuroeconomic approach. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 15*(2), 395–415. <https://doi.org/10.3758/s13415-015-0334-y>  
  (Übersichtsartikel, der psychologische und neurowissenschaftliche Theorien zu kognitiver Anstrengung diskutiert und einen neuroökonomischen Rahmen vorschlägt; geht auf Definition, Messung und Bedeutung von Effort ein)
* **Inzlicht, M., Shenhav, A., & Olivola, C. Y. (2018).** The effort paradox: Effort is both costly and valued. *Trends in Cognitive Sciences, 22*(4), 337–349. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.01.007>  
  (Aktuelle Review, die die duale Natur von Anstrengung beleuchtet: Warum meiden wir Anstrengung oft, suchen sie aber manchmal bewusst? Diskutiert neuere Befunde, dass Effort auch Belohnungswert haben kann, und integriert Motivation, Neurowissenschaft und ökonomische Perspektiven)
* **Dobryakova, E., Jessup, R. K., Tricomi, E., & Deluca, J. (2017).** Reward, motivation, and effort in the human brain: Insights from reward learning and fatigue. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 17*(4), 610–619. <https://doi.org/10.3758/s13415-017-0491-y>  
  (Übersicht speziell zum Zusammenspiel von Belohnungsverarbeitung, Motivation und Erschöpfung im Gehirn; gut für Neurowissenschafts-Perspektive auf Leistung und Anstrengung)
* **Brown, J. M., & Bray, S. R. (2019).** Applying motivation theory to understand the energy cost of self-control. *Frontiers in Psychology, 10*: 1670. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01670>  
  (Aktuelle Arbeit, die versucht, Motivationstheorien mit dem Ressourcenmodell zu verbinden; diskutiert die Idee, dass „Energiekosten“ von Selbstkontrolle durch motivationale Faktoren bestimmt werden. Bietet einen integrativen Blick.)
* **Frömer, R., Lin, H., & Inzlicht, M. (2021).** The concern clarification model of effort: An integrative account of effort and control. *Psychological Review, 128*(6), 886–913. <https://doi.org/10.1037/rev0000260>  
  (Theoretischer Beitrag, der einen neuen Rahmen vorschlägt, wie Anstrengung als Signal für die Klärung von Handlungszielen dient. Relevante moderne Theorie, die viele bisherige Ansätze einzubinden versucht.)

*(Die obige Liste ist selektiv; weitere wichtige Arbeiten existieren z.B. zu spezifschen Aspekten wie „Choking under pressure“ – vgl. Beilock, 2010; Neuromodulation von Effort – vgl. Treadway et al., 2012; mental fatigue – Boksem & Tops, 2008; etc. Die ausgewählten Titel geben jedoch einen fundierten Einstieg in die Thematik.)*