Gymnasium der Freien Katholischen Schulen Zürich

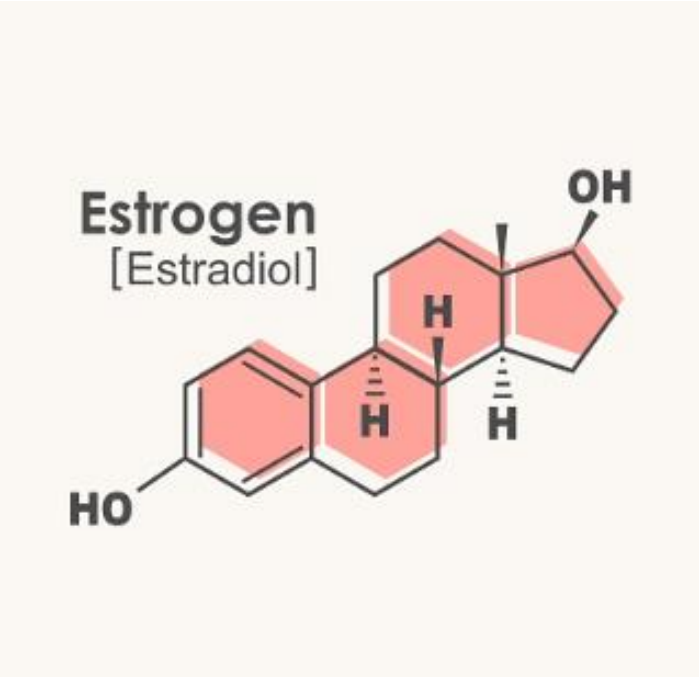


Abb. 1: Strukturformel eines Östrogens (A)

Kognitive Veränderungen in den Wechseljahren – Der Einfluss der Sexualhormone auf das kurzfristige Erinnerungsvermögen

Maturitätsarbeit

Shakina Divia Mona

Fachbetreuung durch Frau Dr. Patricia Droz

Zürich, Dezember 2024

Danksagung

Zu Beginn möchte ich mich bei meiner Fachbetreuerin Dr. Patricia Droz bedanken. Durch das von ihr geschaffene Umfeld, das aus einer guten Balance zwischen Leitung und Selbstständigkeit bestand, durfte ich das wissenschaftliche Arbeiten optimal ergründen.

Im Weiteren danke ich Dr. Med. Valentina Vinante, da unser Gespräch für die tiefere Themenfindung zentral war und mir aufgezeigt hat, wie ich meine Arbeit in einem realistischen Umfang durchführen kann.

Mein Dank gilt auch allen Personen, die sich Zeit genommen haben, um an meinem Versuch teilzunehmen und um den Fragebogen zu verbreiten.

Schliesslich möchte ich meine Wertschätzung für die Unterstützung meiner Familie und Freunde aussprechen. Zahlreiche Diskussionen haben mich zum ursprünglichen Thema und zu späteren, neuen Ansätzen inspiriert.

Abstract

Die Forschung hat in den letzten Jahren enorme Fortschritte bezüglich des Kenntnisstands über den Einfluss der weiblichen Sexualhormone auf das Gehirn gemacht. Diese Arbeit befasst sich mit den Grundlagen dieser Hormone, mit dem Menstruationszyklus und dem Prozess der Wechseljahre. Es wird ausserdem in das Basiswissen über den Hippocampus und in das Konzept des Arbeitsgedächtnisses nach Baddeley eingeführt. Zudem wird ein grober Überblick darüber geschaffen, welche Wirkungen von Östrogen und Progesteron auf das Gehirn bereits bekannt sind.

Ziel der vorliegenden Arbeit war, in Form eines Fragebogens die Leistungsfähigkeit des kurzfristigen Lernens und Erinnerns bei menopausalen Frauen im Vergleich zu noch fruchtbaren Frauen zu untersuchen. Zusätzlich wurde der Fragebogen auch von Männern beider Altersklassen ausgefüllt. Es liess sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Frauen-Gruppen feststellen. Es zeigte sich jedoch ein auffallender Unterschied zwischen der Leistung der Frauen und der Männer.

Dass es zwischen den weiblichen Gruppen keinen signifikanten Unterschied gegeben hat, könnte an mehreren Störfaktoren wie den Frauen mit Hormonersatztherapie gelegen haben. Eine weitere Möglichkeit ist, dass der Einfluss der Sexualhormone sich nicht so stark auf die Neuroprotektion ausgewirkt hat, wie es zuvor angenommen wurde. Es ist aufgefallen, dass die Erinnerungen von textvermittelten Informationen am stärksten unter dem Einfluss der Sexualhormone zu sein schienen. Für die ähnlichen Resultate zwischen den Geschlechtern wurde die Wirkung von Testosteron auf das Gehirn angenommen. Die Unterschiede zwischen den Altersgruppen könnte eine Folge von neuronaler Degeneration sein.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 6
1.1. Relevanz und Aktualität des Themas 6
1.2. Zentrale Definitionen 6
1.2.1. Wechseljahre 6
1.2.2. Andropause 7
2. Relevante Grundlagen der Gynäkologie 7
2.1. Die Sexualhormone 7
2.1.1. Östrogene (3) 7
2.1.2. Progesteron (3) 8
2.1.3. Testosteron (3) 8
2.2. Der weibliche Zyklus (10) 8
2.3. Die Wechseljahre 10
2.3.1. Symptome 10
2.3.1.1. Hitzewallungen (15) 11
2.3.1.2. Schlafstörungen (15) 11
2.3.1.3. Psychische Verfassung (15) 11
2.3.1.4. Vaginale Atrophie (3) 11
2.3.1.5. Gewichtszunahme (3) 12
2.3.1.6. “Verstärkte Androgenwirkung” (15) 12
2.3.1.7. Verstärkte Libido (3) 12
2.3.2. Mögliche langfristige Folgen des Hormonmangels 13
2.3.2.1. Osteoporose und Osteopenie (3) 13
2.3.2.2. Herz-Kreislauf-Erkrankungen (3) 13
2.3.2.3. Schilddrüsenerkrankung (3) 13
2.3.2.4. Verringerte kognitive Leistungsfähigkeit -> Brain Fog (3) 14
3. Relevante Grundlagen der Neurologie 14
3.1. Der Hippocampus (19) 14
3.1.1. Anatomie 15
3.1.2. Physiologie 16
3.2. Das Arbeitsgedächtnis (24) 17
3.2.1. Funktionsweise 17
3.2.1.1. Die zentrale Exekutive 17

3.2.1.2. Die phonologische bzw. artikulatorische Schleife 17
3.2.1.3. Der visuell-räumliche Notizblock 18
3.2.1.4. Der episodische Puffer (Ergänzung im Jahr 2000) 18
3.2.1.5. Die beschränkte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses 18
3.2.2. Am Arbeitsgedächtnis beteiligte Gehirnbereiche 18
3.3. Einfluss der Sexualhormone auf das Gehirn (28, 34) 19
3.4. Gedächtnisstörungen 22
3.4.1. Mögliche Gründe für eine Gedächtnisstörung (27) 22
4. Der Inhalt dieser Studie 22
4.1. Die Versuchsfrage 22
4.2. Die Hypothese 22
4.3. Die Gegen- bzw. Nullhypothese 23
5. Die Methode 23
6. Die Resultate 26
6.1. Resultate der Frauen der Altersklasse 20 - 30 Jahre 26
6.2. Resultate der Frauen der Altersklasse 45 - 55 Jahre 26
6.3. Vergleich der weiblichen Altersgruppen 27
6.4. Resultate der Männer 27
6.5. Vergleich der Geschlechter 27
6.6. Einfluss der Berufe, Ausbildung und Freizeitbeschäftigung 28
7. Die Diskussion 30
7.1. Vergleich der weiblichen Altersgruppen 30
7.1.1. Störfaktoren 31
7.2. Vergleich der Geschlechter 33
7.3. Fazit 36
Literaturverzeichnis 37
Bildquellen 40
Anhänge 41
Der Fragebogen 41
Die Resultate (Tabelle) 51

1. Einleitung

1.1. Relevanz und Aktualität des Themas

Zu Beginn soll anhand einiger Aspekte und Nachweise die Relevanz sowie die Aktualität des bandelten Themas aufgezeigt werden.

Es sollte deutlich festgehalten werden, dass nicht nur Frauen, sondern auch Männer im Verlauf ihrer hormonellen Umstellung einen Rückgang an kognitiver Fähigkeit erfahren. Während Frauen oft von sogenanntem “Brain Fog” (1), der im Verlauf des zweiten Kapitels genauer erläutert wird, betroffen sind, haben Männer steigende Konzentrationsstörungen und eine schlechtere, räumliche Wahrnehmung (2).

Ausserdem kennen viele Frauen klar bemerkbare und unangenehme Symptome der Wechseljahre wie zum Beispiel Hitzewallungen oder Schlaflosigkeit. Die langfristig relevanten Folgen durch den Hormonmangel bleiben jedoch oft für längere Zeit im Verborgenen, was ihre Auswirkung noch verstärkt. Es ist wichtig, genug früh im Leben einer Frau breit über dieses Thema aufzuklären, um so vermeidbare Symptome und Schäden vorzubeugen (3).

In der Geschichte der Menschheit waren die Wechseljahre und generell Themen, die nur den weiblichen Körper betreffen, gesellschaftlich sowie wissenschaftlich für lange Zeit ein Tabuthema (4). Das hat sich in den letzten Jahrzehnten zum Glück stark geändert und seit Anfang der 1990er (zum Beispiel mit der kontroversen WHI-Studie im Jahr 1993 (5)) wird sehr breit über die hormonelle Umstellung und ihre Folgen geforscht sowie aufgeklärt.

Ein letzter zentraler Aspekt dieser Arbeit, soll die Entstigmatisierung der menopausalen Frau sein, um dafür zu sorgen, dass die Angst vor diesem Alter genommen und die teilweise vorhandene Scham beseitigt, vor allem aber neues Selbstvertrauen aufgebaut werden kann.

1.2. Zentrale Definitionen

1.2.1. Wechseljahre

Die Wechseljahre, auch Klimakterium genannt, bezeichnen den hormonellen Wandel der Fruchtbarkeit zur Unfruchtbarkeit bei einer Frau. Dabei wird zwischen drei Phasen unterschieden: Die Perimenopause ist der Zeitraum kurz vor der letzten Menstruation, nach der für mindestens 12 Monate keine Blutung mehr erfolgt. Diese tritt durchschnittlich mit 47.5 Jahren ein und nennt sich Menopause. Das letzte Stadium, die Postmenopause, beschreibt die Zeit nach der Menopause (6).

1.2.2. Andropause

Die Andropause, das männliche Pendant zu den Wechseljahren, bezeichnet die hormonelle Umwandlung des Mannes. Sie beginnt durchschnittlich in 40. Lebensjahr, von dem an die Testosteronkonzentration im Blut jährlich um 1% abnimmt (7).

2. Relevante Grundlagen der Gynäkologie

2.1. Die Sexualhormone

Als Sexualhormone werden alle Steroidhormone (= Steroide, also eine Art Lipid, die als Hormone reagieren (8)) bezeichnet, die Einfluss auf die Geschlechtsorgane und die Fortpflanzung haben. Bei Frauen dominieren Östrogene und Progesteron, während beim Mann Testosteron entscheidend ist. Die genannten Hormone finden sich allerdings auch in geringerer Konzentration im jeweils anderen Geschlecht (9). Im Folgenden wird genauer auf diese Hormone eingegangen.

2.1.1. Östrogene (3)

Der Begriff “Östrogen” ist ein Sammelbegriff für verschiedene Isomere mit der Summenformel $C_{18}H_{24}O_3$. Das häufigste Molekül ist Östradiol, das auch 17-Beta-Östradiol, Estradiol oder E2 genannt wird und die aktivste Substanz der Östrogene darstellt. Die zweite Variante ist Östron, ein weniger reaktives Molekül, das in der Postmenopause vom Fettgewebe hergestellt wird. Östriol, das schwächste Hormon dieser drei, wird ausschliesslich in der Plazenta produziert.

Die zentrale Funktion der Östrogene ist der Aufbau der Gebärmutterschleimhaut, die im Kapitel 2.2. “Der weibliche Zyklus” genau eingeordnet wird. Diese Hormone beeinflussen allerdings auch viele Organe nebst den Sexualstrukturen des Körpers, wie die Blutgefässe, das Herz, das Gehirn, die Gelenke, und die Brüste, die Haut sowie die Knochen. Östrogenrezeptoren, an die ein Östrogenmolekül bindet, was schliesslich eine Signalkaskade auslöst, befinden sich im ganzen Körper.

Frauen fühlen sich in der Regel besser, wenn die Östrogenkonzentration im Blut hoch ist.

2.1.2. Progesteron (3)

Progesteron, das die Summenformel $C_{21}H_{30}O_2$ hat, wird im zweiten Teil des Zyklus durch den Gelbkörper hergestellt (siehe 2.2. “Der weibliche Zyklus”). Die primären Auswirkungen höherer Progesteronkonzentration sind besserer Schlaf und die Förderung des Parasympathikus. Letzterer ist der nervöse Zustand des autonomen Nervensystems, der Regeneration und Entspannung bewirkt. Im Gehirn bindet es an sogenannte GABA-Rezeptoren (GABA ist ein Transmitter).

2.1.3. Testosteron (3)

Das Hormon Testosteron, das in deutlich geringerer Konzentration bei der Frau als beim Mann vorhanden ist, hat die Summenformel $C_{19}H_{28}O_2$. Es wird im Eierstock sowie der Nebennierenrinde produziert und bildet eine Vorstufe für die Östrogene. Die wichtigsten Funktionen sind folgende: Testosteron fördert den Muskelaufbau, erhöht die Libido und verursacht ein energievolles Gefühl. Ausserdem verstärkt es den Stoffwechsel durch die erhöhte Hydrolyse (der Abbau/ die Spaltung) von Zuckermolekülen.

2.2. Der weibliche Zyklus (10)

Der weibliche Zyklus bezeichnet den sich wiederholenden Rhythmus des Körpers einer Frau in ihrer fruchtbaren Lebensphase, der in der Regel 24 bis 38 Tage umfasst (11). Die Gehirnbereiche Hypothalamus und Hypophyse steuern den Zyklus durch verschiedene Hormone. Der Hypothalamus produziert GnRH (Gonadotropine Releasing Hormone), während die Hypophyse FSH (Follitropin, Follikel stimulierendes Hormon) und LH (Luteotropin, Luteinisierendes Hormon) herstellt. GnRH stimuliert die Ausschüttung von FSH und LH (12).

Der weibliche Zyklus lässt sich in folgende vier Phasen einteilen: Zu Beginn findet die Desquamationsphase, auch Menstruationsphase genannt, statt. In diesem Stadium löst sich die “funktionelle Schicht der Gebärmutterschleimhaut” aufgrund der niedrigen Progesteronkonzentration. Infolge von Kontraktionen der Gebärmuttermuskulatur wird der Gelbkörper mit dem aus den Kapillaren geplatzten Blut (13) durch den Gebärmutterkanal hinausgeschwemmt.

Als zweites folgt die Proliferationsphase, in der das von der Hypophyse abgegebene FSH die Follikelreifung auslöst. Dabei beginnen 20 bis 25 Follikel (14) (Ein Follikel ist eine Hülle aus Follikelepithelzellen, die jeweils eine Eizelle umschliesst) zu wachsen, wodurch immer mehr Östrogene produziert und ins Blut abgegeben werden. Östrogene werden durch die Umwandlung von Testosteron gebildet, wodurch dessen Herstellung dem vorangeht (3). Die zunehmende Östrogenkonzentration bewirkt den Aufbau der

Gebärmutterschleimhaut (Endometrium), die Verflüssigung des Zervixschleims (Zervix = Gebärmutterkanal) sowie die Öffnung des Gebärmutterkanals. Gegen Ende dieser zweiten Phase reift ein Follikel vollständig heran und wird bis zu 20 Millimeter gross, während die anderen verkümmern. Nun in der Mitte des Zyklus, erfolgt der Eisprung, der eine Folge der Abnahme an Östrogenen, was wiederum eine Zunahme von FSH und LH bewirkt, ist. Beim Eisprung “platzt der gereifte Follikel auf und gibt die Eizelle”, die anschliessend zur Gebärmutter weitergeleitet wird, “frei”. Erfolgt innerhalb von 24 Stunden keine Befruchtung, stirbt die Eizelle ab.

Als nächstes kommt die Sekretionsphase (Luteal- und Gelbkörperphase), während der sich aus dem aufgeplatzten Follikel das hormonproduzierende Organ, der Gelbkörper (Corpus luteum), entwickelt. Durch LH gesteuert, stellt der Gelbkörper nun das Hormon Progesteron her, das wiederum die Gebärmutterschleimhaut auf die Eizelle vorbereitet. Es kommt zur verstärkten Durchblutung, der Bildung von Gefässen und Schleimbläschen sowie zum Aufbau stützender Gewebsstrukturen. Weitere Veränderungen sind die Verengung der Zervix, die Verdickung des Schleims und die steigende Körpertemperatur.

Zuletzt kommt die ischämische Phase, die als Teil des vorhergehenden Stadiums angesehen wird. Hierbei verkümmert der Gelbkörper, was zur Abnahme der Progesteronkonzentration führt.

Nun beginnt der Zyklus von neuem wieder mit der Desquamationsphase.

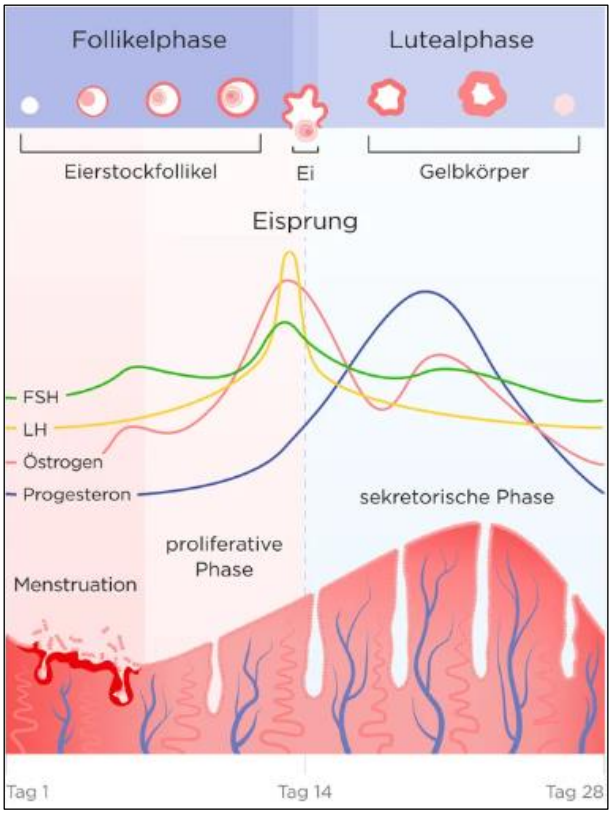


Abb. 2: Darstellung des Menstruationszyklus und der folgenden Elemente in dessen Verlauf: Die Hormone FSH, LH, Östrogen und Progesteron sowie der Aufbau des Follikels und der Gebärmutterschleimhaut (B)

2.3. Die Wechseljahre

2.3.1. Symptome

Die Symptome beginnen bereits in der Prämenopause und sind sehr vielfältig. Es gibt Frauen, die bis auf die schwächer werdende und schliesslich verschwindende Regelblutung kaum eine Veränderung wahrnehmen. Etwa zwei Drittel der Frauen erleben milde bis schwere Symptome (15). Eine vollständige Auflistung und Beschreibung aller Symptome wäre für diese Arbeit zu umfangreich, weshalb hier lediglich auf die wichtigsten und häufigsten eingegangen wird. Das Ziel der folgenden Schilderungen ist, die vielen und bedeutenden Einflüsse der Sexualhormone auf verschiedenste Organe aufzuzeigen.

2.3.1.1. Hitzewallungen (15)

Das bekannte Symptom der Hitzewallung äussert sich in Schweissausbrüchen und einem enormen Hitzegefühl im Körper. Die Länge und Frequenz können je nach Frau und Tageszeit sehr unterschiedlich sein. Manchmal hält eine Wallung nur wenige Minuten an, aber besonders in der Nacht können sie sehr lange ausfallen. Ein Ausbruch tritt meist ohne Auslöser auf, heisse Getränke, Zucker und Alkohol können jedoch zu mehr und heftigeren Wallungen führen.

2.3.1.2. Schlafstörungen (15)

Veränderungen im Schlafrhythmus und der Schlafqualität sind wie die Hitzewallungen auf verringerte Sexualhormonkonzentration im Hypothalamus, der das autonome Nervensystem steuert (16), zurückzuführen. In den meisten Fällen können Frauen nicht die gesamte Nacht durchschlafen, was unter anderem auch durch verstärkte und langanhaltende Hitzewallungen begründet ist. Der Schlafmangel wiederum hat schliesslich vielfältige Folgen, um mit erhöhter Gereiztheit, weniger Belastungsfähigkeit und Konzentration nur einige zu nennen.

2.3.1.3. Psychische Verfassung (15)

Wie in der Pubertät auch, hat die hormonelle Umstellung in den Wechseljahren verschiedene, negative Auswirkungen auf die Psyche. Die konkreten Symptombilder beinhalten in der Regel eine Kombination aus Reizbarkeit, Stimmungsschwankungen und Nervosität. In selteneren Fällen kann auch eine Depression ausgelöst werden. Vor allem Östrogen lässt eine Frau sich gut fühlen, erhöht die Stressresistenz und verringert Angst. Der steigende Mangel dieses Hormons hat somit grosse, nachteilige Auswirkungen auf die psychische Verfassung (3).

2.3.1.4. Vaginale Atrophie (3)

Die vaginale Atrophie, umgangssprachlich oft “Scheidentrockenheit” genannt, bezeichnet eine Kombination folgender Veränderungen als Konsequenz des Östrogenmangels: Die vaginale Schleimhaut wird immer dünner und trockener, wodurch sie oft einreisst. Das äussert sich in Jucken, Brennen sowie starken Schmerzen beim Geschlechtsverkehr, vor allem wenn dieser penetrativ erfolgt. Ausserdem werden die Vagina und das Perineum (der Damm) undehnbarer, was zum Schrumpfen der Sexualorgane führt. Eine weitere Folge des Hormonmangels ist der zunehmend basische pH-Wert, der auf das Absterben sogenannter Döderlein-Bakterien zurückzuführen ist. Dies wiederum bildet ideale Voraussetzungen für Infektionen durch Darmbakterien und andere Erreger.

2.3.1.5. Gewichtszunahme (3)

Im Verlauf der Wechseljahre nimmt das viszerale Fett, das Organfett, immer weiter zu, was zu einem breiteren Bauchumfang führt. Diese Veränderung ist deshalb so gefährlich, da diese Art von Fett unter anderem das Herzinfarktrisiko erhöht. Ausgelöst wird dieses Symptom durch den Mangel aller drei Sexualhormone.

Der tiefe Progesteronspiegel bewirkt, dass der Körper weniger durch die Nieren entwässert wird, was wiederum ein aufgeblähtes Gefühl auslöst. Durch erhöhten Schlafmangel nimmt die Konzentration der Hormone Cortison und Insulin zu, wovon eine Folge die erhöhte Glukoseaufnahme ist.

Je weniger Östrogen sich im Blut befindet, desto mehr steigt das Verlangen nach Essen. Bei Hormondefizit synthetisiert der Körper mehr Fettzellen, da diese geringe Mengen an Östron produzieren und so zumindest teilweise der Mangel ausgeglichen werden soll.

Eine zentrale Funktion von Testosteron ist der Erhalt von Muskelmasse, die zu einem schnellen Stoffwechsel verhilft. Nimmt nun die Testosteronkonzentration ab, schwinden die Muskeln zunehmend, was schliesslich einen verlangsamten Metabolismus bewirkt.

2.3.1.6. "Verstärkte Androgenwirkung" (15)

Als Androgene werden männliche Sexualhormone wie Testosteron bezeichnet. Deren Produktion wird durch die Hormone LH sowie FSH (siehe 2.2. "Der weibliche Zyklus") stimuliert und da diese in den Wechseljahren vermehrt ausgeschüttet werden, erfahren Frauen zum Teil maskuline Symptome wie Haarausfall, vermehrte Körperbehaarung und Hautunreinheiten.

2.3.1.7. Verstärkte Libido (3)

Da Testosteron nicht nur in den Ovarien (die Eierstöcke), sondern auch in der Nebennierenrinde synthetisiert wird, bleibt dessen Konzentration im Vergleich zu Progesteron und den Östrogenen lange hoch. Das liegt daran, dass die Nebennierenrinde ihre Hormonproduktion kaum verringert. Durch diese Androgenwirkung wird die Libido teilweise stärker ausgeprägt.

Es gibt allerdings auch Frauen, die aufgrund des Schlafmangels und der Stimmungsschwankungen eine sehr schwache Libido entwickeln.

2.3.2. Mögliche langfristige Folgen des Hormonmangels

2.3.2.1. Osteoporose und Osteopenie (3)

Osteoporose entwickelt sich meist in der frühen Postmenopause und bezeichnet den starken Rückgang der Knochenmasse. Die Folgen davon sind hohes Risiko auf Knochenbrüche, zerdrückte Wirbel und einhergehende Rückenschmerzen. Bei Osteopenie liegt bereits eine Abnahme der Knochen vor, es gibt allerdings noch keine direkten Folgen.

Diese Erkrankungen treten oft auf, wenn man bedenkt, dass Knochenschwund nur selten als Folge des Klimakteriums betrachtet wird. Schätzwerten zufolge leiden etwa 30 Prozent der Frauen ab 60 Jahren an Osteoporose und 54 Prozent aller postmenopausalen Frauen sind von Osteopenie betroffen.

Die Ursache für die Abnahme liegt in der tiefen Östrogenkonzentration. Die Knochensubstanz wird durch Osteoblasten aufgebaut, während Osteoklasten durch Abbau die Knochenmasse regulieren. Östrogene fördern erstere und hemmen Osteoklasten, wodurch der Hormonmangel zum Verlust des Schutzes führt und die Knochenstruktur abnimmt.

2.3.2.2. Herz-Kreislauf-Erkrankungen (3)

Ein weiterer Schutzmechanismus der Östrogene ist das Verhindern von Verkalkung der Blutgefässe. Sinkt die Hormonkonzentration, entfällt diese Wirkung, wodurch sich Atherosklerose bilden kann. Die Gefässverhärtung wird durch sogenannte Plaques bewirkt. Plaques sind Ablagerungen von Cholesterinabfallprodukten, die sich an den Wänden der Gefässe sammeln und so die Blutbahnen verstopfen. Dadurch werden Zellen weniger durchblutet und es kann zu akuten Erkrankungen wie einem Herzinfarkt, Schlaganfall oder zum Absterben von Extremitäten (Beine und Arme) kommen.

Eine weitere Folge ist der ständig erhöhte Blutdruck aufgrund der Tatsache, dass die Plaques ein Weiten der Gefässe verhindern. Der Bluthochdruck in Kombination mit einem ohnehin geschwächten Herzen kann unter Umständen zu einem Herzversagen führen.

2.3.2.3. Schilddrüsenerkrankung (3)

Die bedeutendsten Hormone der Schilddrüse, namentlich Thyroxin und Trijodthyronin (17) regulieren und steuern zahlreiche Funktionen im Körper, darunter auch den Energiehaushalt, den Stoffwechsel, die Verdauung und die Psyche sowie den Temperaturhaushalt. Es gibt vermehrte Hinweise dafür, dass sich Östradiolrezeptoren in der Schilddrüse befinden, deren Wirkung die Wachstumsförderung der Zellen ist. Sobald

dieser Einfluss aufgrund des Klimakteriums entfällt, kann eine Unterfunktion eintreten. Weitere Schilddrüsenprobleme wie die Autoimmunerkrankung Hashimoto-Thyreoiditis werden teilweise ebenfalls mit dem Hormonmangel in Verbindung gebracht.

2.3.2.4. Verringerte kognitive Leistungsfähigkeit -> Brain Fog (3)

Brain Fog definiert eine Kombination mehrerer Symptome, darunter auch Konzentrationslosigkeit, Vergesslichkeit und allgemeine geistige Unklarheit. Dieser Zustand kann aus vielen, verschiedenen Gründen auftreten, zum Beispiel Schlafmangel, Stress oder ein hormoneller Mangel (18).

Der Grossteil der Funktionen von Östrogenen im Gehirn ist noch unerforscht, man weiss jedoch aus zahlreichen Studien mit Ratten, dass weibliche Tiere unter Östrogeneinfluss kognitive Aufgaben deutlich besser absolvieren. Bei Ratten wurde die Anzahl an Synapsen im Gehirn durch das Hormon stark gesteigert und man geht davon aus, dass sich ähnliche Auswirkungen auf den Menschen übertragen lassen können. Ein weiterer Hinweis für die Rolle von Östrogen ist die Tatsache, dass dessen Konzentration im Hippocampus, der für Lernprozesse und die Informationsübertragung vom Kurz- zum Langzeitgedächtnis zuständig ist, zum Teil 40 Mal höher ist als im Blut. Fehlt nun dieses wichtige Hormon ab der Menopause im Gehirn, führt dies zu einer Verminderung an kognitiver Leistungsfähigkeit in verschiedensten Gehirnarealen und Anwendungsbereichen.

In dieser Arbeit wird sich im Folgenden auf die kurzfristigen Lern- und Erinnerungsprozesse beschränkt.

3. Relevante Grundlagen der Neurologie

3.1. Der Hippocampus (19)

Der Hippocampus ist ein Teil des limbischen Systems, der sich am inneren Rand des Temporallappens befindet und primär das Lernen und die Erinnerung steuert. Er ist jedoch auch für das räumliche Vorstellungsvermögen, den Geruchssinn und die Emotionen sowie die Regulation der Tätigkeit des Hypothalamus zuständig.

3.1.1. Anatomie

Der Hippocampus (Abb. 3) besteht aus zwei Hauptteilen, dem Cornu ammonis und dem Gyrus dentatus. Ersterer bezeichnet den zentralen Hippocampus, der wiederum in die Areale Cornu ammonis 1 (= CA1), CA2, CA3 sowie CA4 eingeteilt wird. Die beiden Hauptteile werden durch den Sulcus hippocampus, unter dem sich das Subiculum befindet, getrennt. Als Bestandteil des Allocortex beziehungsweise Archicortex ist der Hippocampus deutlich vom Neocortex separiert.

Eine weitere mögliche Unterteilung des Hippocampus ist die Abgrenzung des Cornu ammonis (= das Ammonshorn), des Gyrus dentatus und des Subiculums sowie des entorhinalen Bereiches. Diese vier Subsysteme bilden gemeinsam die Hippocampusformation.

Der Kopf des Hippocampus ist ein voluminöser Bereich, der durch den Körper im dünnen, gekrümmten Schwanz mündet. Dieser wiederum geht in den Fornix über, der als Fasersystem die Verbindung zum anderen Hippocampus sowie zum Corpora mamillaria bildet. Die Venen führen in die Basalvene, einem Teil der Basalganglien. Vereinfacht lässt sich die Form des Hippocampus als Seepferdchen betrachten, was mit der Etymologie des Begriffs einhergeht. “Hippocampus” ist der lateinische Begriff für Seepferdchen.

Es gibt in beiden Gehirnhälften je ein Hippocampus, der ein Volumen von etwa 3 bis 3.5 cm^3 hat. Damit ist er ungefähr 100-mal kleiner als die Grosshirnrinde (Cerebraler Cortex).

Im Hippocampus gibt es zwei primäre Zelltypen, die Pyramidenzellen, die als Gesamtheit die Stratum piramidale bilden, und die Körnerzellen. Die Pyramidenzellen befinden sich in unterschiedlicher Dichte in den Bereichen CA1, CA2 sowie CA3 und dem Subiculum (20). Die beiden Pyramidenzellen unterschieden sich in ihrem Aufbau und ihren elektrophysischen Eigenschaften. Ein Reiz wird jeweils durch die Neurotransmitter Acetylcholin (ACh) oder Glutamat ausgelöst (21). Die Körnerzellen sind im Gyrus dentatus. Sie erhalten Glutamat aus Zellen des CA3 und geben daraufhin GABA ab (22).

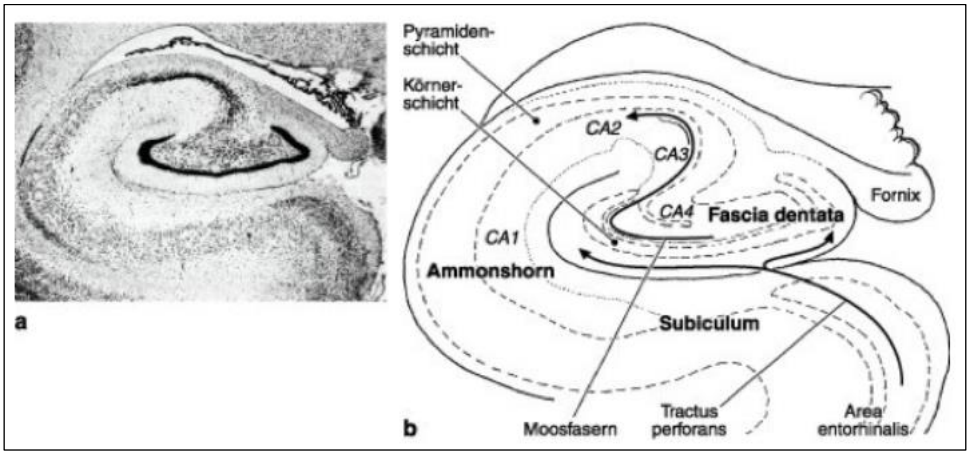


Abb. 3: Anatomie des Hippocampus: a = Foto, b = beschriftetes, zweidimensionales Bild (C)

3.1.2. Physiologie

Da eine vollständige Erfassung der Physiologie des Hippocampus den Umfang dieser Arbeit übersteigt, wird im Folgenden vor allem auf die Funktionsweise der Lern- und Gedächtnisprozesse eingegangen.

Die Verbindungen zwischen dem Hippocampus und dem Neocortex sind für das bewusste Wahrnehmen und Erfassen von neuem Wissen zentral. Das Erinnern durch den Hippocampus und das Abrufen von Informationen durch den Frontallappen wird durch ein komplexes Gleichgewicht zwischen den Gehirnteilen ermöglicht.

Die Lern- und Gedächtnisschleife kann über den direkten oder den polysynaptischen Weg erfolgen. Der direkte Weg beginnt beim temporalen Assoziationscortex und geht über den perirhinalen sowie entorhinalen Bereich zu CA1 weiter, um dann die Information via Subiculum und entorhinalen Cortex zum inferioren temporalen Cortex weiterzuleiten. Anschliessend gelangt der Input zum temporalen Cortex und endet im präfrontalen Cortex. Der polysynaptische Pfad reicht, wie im Namen mitgeteilt wird, über mehrere Neuronen und ist dadurch auch komplizierter aufgebaut. Der Hippocampus erhält über affarente Nerven Reize von den parietalen, temporalen und okzipitalen Bereichen, die im Folgenden zum Gyrus dentatus geleitet werden. Danach reicht der Weg über CA3, CA1, über das Subiculum und den Alveus sowie die Fimbria hippocampi zum Fornix. Schliesslich erreicht der Reiz über den mammillothalamischen Trakt, den anterioren Trakt und den posterior cingulated Cortex den retrosplenialen Cortex. Dieser Pfad dient dem semantischen Gedächtnis, das das allgemeine Wissen über die Welt,

unabhängig von den eigenen Erfahrungen, speichert. Der direkte intra-hippocampale Weg hingegen, leitet Inhalt bezüglich des episodischen und des räumlichen Gedächtnisses.

Durch Wechselbeziehungen mit dem Hypothalamus beeinflusst der Hippocampus ausserdem die Abgabe des adrenokortikotropen Hormons (ACTH = Hormon, das von der Hypophyse produziert wird und die Hormonsynthese der Nebennierenrinden steuert (vor allem Cortisol ist zentral) (23)).

3.2. Das Arbeitsgedächtnis (24)

Das Arbeitsgedächtnismodell von Alan Baddeley und Graham Hitch (1974) versteht das Arbeitsgedächtnis als sogenanntes Mehrspeichersystem, das neue Informationen kurzfristig aufnimmt und diese mit Inhalten des Langzeitgedächtnisses kombiniert. Dadurch werden vielfältige Gedächtnisprozesse wie das räumliche Vorstellungsvermögen, das logische sowie kreative Denken, das Lernen, die Konzentration und sowohl das Sprach- als auch das Zahlenverständnis möglich.

Das Arbeitsgedächtnis besteht aus der zentralen Exekutive, der phonologischen beziehungsweise artikulatorischen Schleife und dem visuell-räumlichen Notizblock. Der episodische Puffer bildet den Übergang zum Langzeitgedächtnis.

3.2.1. Funktionsweise

3.2.1.1. Die zentrale Exekutive

Die zentrale Exekutive dient als Koordinationssystem für die anderen Teile des Arbeitsgedächtnisses, indem sie neue Informationen zuteilt und die steuert. Sie selbst hat keine Speicherkapazität. Stattdessen ist diese Einheit für Entscheidungen basierend auf dem eintreffenden Informationsgehalt und für das Lösen von komplexen Aufgabestellungen zentral.

3.2.1.2. Die phonologische bzw. artikulatorische Schleife

Dieses Subsystem speichert kurzfristig verbal kommunizierte Informationen. Der sogenannte phonologische Speicher behält den gerade eingetroffenen Inhalt für 1.5 bis 2 Sekunden, wobei die Menge nicht von der Anzahl “Items”, sondern von der Wiedergabegeschwindigkeit und folglich der Aufnahmegeschwindigkeit abhängt. Ein “Item” beziehungsweise “Chunk” bezeichnet eine Informationseinheit. Im Durchschnitt können 7 ± 2 davon pro Zeitspanne des phonologischen Speichers gemerkt werden. Der artikulatorische Kontrollspeicher wiederholt den Inhalt der phonologischen Schleife zunehmend, um den Verlust der Chunks zu verhindern. (25)

3.2.1.3. Der visuell-räumliche Notizblock

Dieser Teil des Arbeitsgedächtnisses ist für die Speicherung von visueller Information und Räumlichkeit zuständig. Dadurch wird die geistige Manipulation der aufgenommenen Bilder und der dreidimensionalen Umgebung möglich.

3.2.1.4. Der episodische Puffer (Ergänzung im Jahr 2000)

Der episodische Puffer ist der Übergang des Arbeits- zum Langzeitgedächtnis. Er verbindet Chunks der phonologischen Schleife, des visuell-räumlichen Notizblocks und des Langzeitgedächtnisses, sodass ein gesamtheitliches Bild der vorhandenen Informationen entsteht. Dies wiederum ermöglicht das Verstehen von Zusammenhängen.

3.2.1.5. Die beschränkte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses

Das Arbeitsgedächtnis kann nur eine gewisse Menge an Informationsgehalt aufnehmen und kurzfristig speichern. Falls zu viele neue Informationen in einer zu kurzen Zeitspanne verarbeitet werden müssen, gehen zuvor gemerkte Items verloren. Um dem zumindest teilweise entgegenzuwirken, kann die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses durch sogenanntes Gehirntraining erhöht werden. Dabei werden durch komplexe und vielfältige Aufgabestellungen die Grenzen der Speicherkapazität konstant leicht überschritten. In einer Studie von Constantinidis und Klingberg (2016, Ref. Nr. 42) konnte durch solches Training die Leistungsfähigkeit von Neuronen im präfrontalen Cortex erhöht und die Verbindungen zum parietalen Cortex bei nicht menschlichen Primaten verbessert werden. Diese Veränderungen führten zu allgemein höherer kognitiver Leistung. Da die betroffenen Gehirnbereiche (siehe 3.2.2.) für das Arbeitsgedächtnis zentral sind, ist eine Steigerung dessen Kapazität durch aktives Gehirntraining wahrscheinlich. (26)

3.2.2. Am Arbeitsgedächtnis beteiligte Gehirnbereiche

Das Arbeitsgedächtnis ist ein Zusammenspiel verschiedener Gehirnteile, es ist jedoch noch nicht vollständig geklärt, welche Bereiche welche Funktion davon übernehmen. Hinweise deuten darauf hin, dass der präfrontale Cortex (vorderer Teil des Gehirns) eine zentrale Rolle hat. Der parietale Cortex (hinterer, oberer Bereich des Gehirns) soll vor allem für Informationen bezüglich räumlicher Wahrnehmung und der Verteilung der Aufmerksamkeit durch die zentrale Exekutive wichtig sein. Die Auswertung von Sprache und das Langzeitgedächtnis befinden sich im Temporallappen (mittlerer, seitlicher Teil des Gehirns).

3.3. Einfluss der Sexualhormone auf das Gehirn (28, 34)

Es befinden sich sowohl Östrogen- als auch Progesteronrezeptoren im Gehirn. Die Rezeptoren sind jeweils in den gleichen Gehirnbereichen lokalisiert, dem Frontallappen, dem Thalamus und dem Hypothalamus sowie der Hypophyse. Im Weiteren befinden sich auch in der Substantia nigra, dem ventralen tegmentalen Areal (= VTA), dem Hirnstamm und dem Kleinhirn Rezeptoren der weiblichen Geschlechtshormone. Für diese Arbeit sind jedoch vor allem die Rezeptoren im Hippocampus zentral. Die Östrogenrezeptoren werden als ER-Alpha- beziehungsweise ER-Beta-Rezeptoren bezeichnet. Die Progesteronrezeptoren heissen PR_A und PR_B. Beide können sowohl genomische als auch nicht genomische Reaktionen auslösen, wobei die genomischen durch eine kompliziertere Reaktionskaskade viel länger dauern. Die Teilreaktionen finden zuerst im Cytosol (= flüssige Komponente des Cytoplasmas), dann im Nukleus (= Zellkern) und schlussendlich wieder im Cytosol statt. Dadurch kann ein Durchgang der Reaktion, die mit dem Erregen des Rezeptors beginnt und schliesslich mit einer Reaktion des Effektors endet, wenige Stunden bis ganze Tage dauern. Die nicht genomischen Reaktionen hingegen haben eine Dauer von Millisekunden bis maximal einigen Sekunden. Dies liegt an der verkürzten Kaskade, die lediglich im Cytosol stattfindet.

Es wird angenommen, dass Östrogen und Progesteron auch eine Kombination beider Signalwege aktivieren können.

Östrogen und Progesteron haben vielfältige Einflüsse auf das Gehirn, die nun in diesem Teilkapitel genauer thematisiert werden.

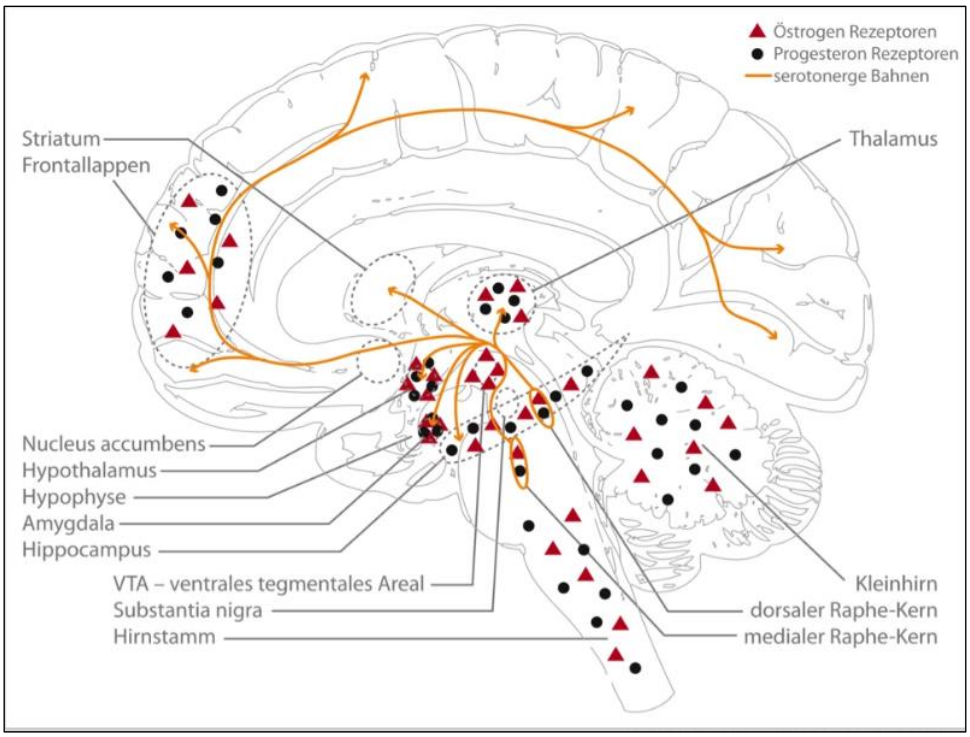


Abb. 4: Verteilung und Dichte der Östrogen- und Progesteronrezeptoren im Gehirn (D)

Eine wichtige Funktion des Progesterons ist es, auf die Neuroplastizität des Gehirns einzuwirken. Als neuronale Plastizität bezeichnet man die Fähigkeit des Gehirns, sich nach Verletzungen oder Schäden zu regenerieren und bei veränderten Umwelteinflüssen neu zu strukturieren. Progesteron kann verhindern, dass Mikrogliazellen, auch Mesoglia genannt, schädliche freie Radikale abgeben. Freie Radikale sind reaktionsfreudige Moleküle, die anderen Molekülen die Elektronen entreissen und dadurch Verbindungen zerstören. Progesteron begünstigt ausserdem Neurotrophine wie den Wachstumsfaktor BDNF (= Brain-derived neurotrophic factor) und unterstüzt dadurch den Schutz und die Regeneration der Neuronen. Die Wirksamkeit von BDNF konnte auch künstlich durch Östrogen hervorgerufen werden. Dabei waren vor allem die Gehirnbereiche des Hippocampus, der Amygdala und des Cortex betroffen. Ausserdem konnte das Risiko für neurodegenerative Krankheiten, wovon besonders Alzheimer und Parkinson bekannt sind, reduziert werden.

Östrogen und Progesteron beeinflussen im Verlauf des Zyklus auch das Gehirnvolumen. Bestimmte Regionen des medialen Temporallappens nehmen bei erhöhter Östrogen- und niedriger Progesteronkonzentration an Volumen zu. Dies hat zur Folge, dass die anschliessend genannten Bereiche in der zweiten Hälfte der Zeitspanne zwischen der Menstruation und der Ovulation am aktivsten und dadurch am leistungsfähigsten sind. Deshalb wurde für den durchgeführten Versuch festgelegt, dass die Umfrage bei fruchtbaren Frauen sieben Tage nach dem Ende der letzten Menstruation durchgeführt werden sollte. Die betroffenen Gehirnteile umfassen zum einen den parahippocamplalen Cortex, der unter anderem Erinnerungen an Assoziationen in einem konkreten Kontext steuert (32). Das Subiculum, das sich zwischen dem Hippocampus und dem Neocortex befindet, sowie der perirhinale Cortex werden durch das Progesteron beeinflusst, wohingegen der parahippocampale Cortex durch Östrogen stimuliert wird. Das Brodmann-Areal 35 im perirhinalen Cortex ist für die fundamentale Gedächtnisleistung entscheidend (33), während das Subiculum die Interaktion zwischen Hippocampus und Cortex mitbestimmt (40).

In den letzten Jahrzehnten ist die Anzahl an wissenschaftlichen Studien, die sich besonders auf den Einfluss der weiblichen Sexualhormone auf den Hippocampus konzentrieren, stark angestiegen. Hierbei wurde herausgefunden, dass sowohl Östrogen als auch Progesteron die Struktur des Systems positiv verändern können. Bei spezifischer Hormontherapie wurde die Dichte an Synapsen und dendritischen Verbindungen erhöht. Es ist allerdings wichtig festzuhalten, dass die Wirkung des Progesterons bei chronischer, also langanhaltender, Hormonsupplementation verschwindet und es zudem die Synapsen schwächt, die als Folge von chronischer Östrogeneinnahme entstanden sind. Somit sind die Dauer sowie die Kombination der Hormone ebenfalls bedeutende Faktoren, die Einfluss auf die Gehirnstruktur und -funktion haben.

Die Gehirnfunktion wird durch die Prägung der synaptischen Übertragung bestimmt. Sowohl die Abgabe des Neurotransmitters aus der präsynaptischen Zelle als auch die Reaktionsbereitschaft von postsynaptischen Rezeptoren wird beeinflusst. Diese Tatsache wiederum ist für die Schnelligkeit und die Weiterleitung eines Aktionspotenzials allgemein sehr gewichtig.

Die Rezeptoren im Hippocampus werden, wie bereits zuvor einmal erwähnt, durch die Transmitter Glutamat und GABA (= Gamma-Aminobutyric Acid) aktiviert. Deshalb wird sich in diesem Theorieblock, der das nötige Vorwissen für das Verständnis des durchgeführten Experiments darbringen soll, auf die Einwirkung der Hormone auf Glutamat sowie GABA fokussiert werden.

Glutamat ist ein wesentlicher exzitatorischer, also stimulierender, Transmitter für das zentrale Nervensystem (= ZNS). Es reguliert vor allem Lern- und Erinnerungsprozesse, wodurch die Rezeptoren dafür im Hippocampus durchaus schlüssig sind. Im Falle von Glutamat wirken Progesteron und Östrogen als Antagonisten. Progesteron blockiert bis zu 87% der nicht-NMDA-Rezeptoren, wodurch die Erregung, die normalerweise vom Glutamat ausgelöst wird, gedämpft wird. Östrogen hingegen fördert die Reizauslösung durch Glutamat, da es die NMDA-Rezeptoren für mögliche Potenziale sensibilisiert.

GABA ist der vielfältigste Neurotransmitter, der nicht nur im Hippocampus, sondern auch im Cortex, dem Thalamus und den Basalganglien, vorkommt. Er führt zu einem inhibitorischen Reiz, was bedeutet, dass das Membranpotenzial in der Postsynapse negativer wird und die Wahrscheinlichkeit auf ein Aktionspotenzial dadurch sinkt. Die Auswirkungen der Sexualhormone auf den $GABA_A$-Rezeptor sind unterschiedlich. Während Östrogen die Wirkung von GABA hemmt, wird sie durch Progesteron gefördert. Auch die Metaboliten (= Abfall- oder Zwischenprodukte einer Reaktion) von Progesteron, die Allopregnanolonen und die Pregnenolonen, fördern die Öffnung von Chlorid-Ionenkanälen durch $GABA_A$. Nebst der Beeinflussung der Stimmung, können diese die inhibitorische Aktivität im CA1 vom Hippocampus fördern. Wenn das Progesteron und das Allopregnanolon als künstliche Supplementation eingenommen werden, kann es zu einer Verschlechterung des episodischen Gedächtnisses und der Fähigkeit, sich Gesichter zu merken, kommen. Werden die Stoffe allerdings körpereigen hergestellt, haben sie keine negative Wirkung auf die Kognition.

Forschung im Bereich der Hormoneersatztherapie (HRT = hormone replacement therapy) hat ergeben, dass die Verabreichung von Östradiol und Progesteron bei menopausalen Frauen grosse Veränderungen bezüglich der Stimmung und der Kognition, darunter auch dem Arbeitsgedächtnis, ergeben hat. Die Resultate der Therapie waren dabei nicht einheitlich. Je nachdem, wie lange und in welcher Dosierung die Hormone eingenommen wurden, haben sich die Symptome der Frauen verbessert beziehungsweise verschlechtert.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Geschlechtshormone Östrogen und Progesteron bezüglich der Struktur und der Funktion verschiedener Gehirnteile vielfältige Einflüsse haben, die oft (aber nicht immer) gut sind.

3.4. Gedächtnisstörungen

Eine Gedächtnisstörung bezeichnet jegliche Störung betreffend der Lernfähigkeit oder des Gedächtnisses, wobei verschiedene Abgrenzungen im Bezug auf die Dauer und den Schweregrad möglich sind. Die Gründe für eine solche Störung sind vielfältig (26).

3.4.1. Mögliche Gründe für eine Gedächtnisstörung (27)

Wie bereits zuvor erwähnt, gibt es viele Ursachen, die zu einer Gedächtnisstörung führen können. Einige davon sind psychiatrische Erkrankungen oder solche, die das zentrale Nervensystem betreffen. Auch ein Hirntumor oder ein Trauma, zum Beispiel als Folge eines Unfalls, können zu einer zeitweisen oder dauerhaften Gedächtnisstörung führen. Ein Mangel an elementaren Stoffen, Stress oder der Konsum von schädlichen Substanzen wie Drogen oder Alkohol können ebenfalls Gründe sein. Es ist jedoch auch oft im zunehmenden Alter eine Gedächtnisstörung festzustellen. Die Gründe hierfür sind unter anderem die sinkende Anzahl an leistungsfähigen Neuronen. Welche Rolle die Sexualhormone, vor allem Östrogene, dabei spielen, wird aktuell mit vielen laufenden Studien erforscht (28).

4. Der Inhalt dieser Studie

4.1. Die Versuchsfrage

Weicht die Durchschnittsanzahl an erreichten Punkten aus der Beantwortung eines Fragebogens bezüglich Informationen, die die Testpersonen maximal acht Minuten zuvor erhalten haben, bei biologischen Frauen im Alter von 45 bis 55 Jahren signifikant von biologischen Frauen in der Altersklasse von 20 bis 30 Jahren, ab?

4.2. Die Hypothese

Die Durchschnittsanzahl an erreichten Punkten von biologischen Frauen im Alter von 45 bis 55 Jahren weicht signifikant vom Wert von biologischen Frauen in der Altersklasse von 20 bis 30 Jahren ab.

4.3. Die Gegen- bzw. Nullhypothese

Die Durchschnittsanzahl an erreichten Punkten von biologischen Frauen im Alter von 45 bis 55 Jahren weicht nicht signifikant vom Wert von biologischen Frauen in der Altersklasse von 20 bis 30 Jahren ab.

5. Die Methode

Zur Untersuchung der kurzfristigen Kognition während und nach den Wechseljahren wurde eine Umfrage gemacht. Für die Erstellung des Fragebogens wurde die Premium Version des Umfrage-Tools “Findmind” verwendet.

Das Dokument wurde folgendermassen aufgebaut: Zu Beginn wurden persönliche Daten wie das Alter und das biologische Geschlecht erfragt, gefolgt von Informationen zum Zyklus der Testprobandinnen sowie zu allfälligen Hormontherapien als Behandlung der Symptome der Wechseljahre. Im Weiteren sollten die Probandinnen über ihren Beruf, den höchsten Bildungsgrad und ihre Freizeitbeschäftigungen Auskunft geben. Das Ziel dieser Angaben war es, herauszufinden, ob bei Testpersonen mit besonders guten beziehungsweise schlechten Resultaten ein Zusammenhang mit diesen Faktoren festzustellen ist.

Der zweite grosse Bestandteil der Umfrage beinhaltete verschiedene "Merkaufgaben”, die sich die Probandinnen durchlesen und anschauen mussten (siehe Abb. 5). Diese Aufgabenformate waren am Aufbau des Numerus Clausus für Medizin orientiert, sie wurden allerdings an alltägliche Situationen angepasst. Zuerst wurden Namen von Personen, die jeweils mit einer weiteren Zusatzinformation ergänzt wurden, genannt. Anschliessend folgten eine Einkaufsliste mit zehn Elementen sowie Daten zu einer Reise, die Zeiten, Linien des öffentlichen Verkehrs und weitere Angaben beinhalteten. Als nächstes folgte ein Ausschnitt eines NZZ-Artikels über KI als Bedrohung für Berufe, der von Nelly Keusch geschrieben wurde (29). Die nächste Aufgabe wurde vollständig aus einem Numerus Clausus (30) übernommen und zeigte acht Figuren mit Fragmenten, von denen jeweils eines gefärbt war. Die nächste Darstellung war eine Statistik über die elf wertvollsten Marken der Welt im Jahr 2022, die die Testpersonen mit einem Ranking und konkreten Zahlen konfrontierte. Die letzte Informationsquelle war eine Fantasiekarte der Scheibenwelt, die von Terry Pratchetts Scheibenwelt-Romanen (31) inspiriert wurde. Es wurde kein realer Kartenausschnitt verwendet, um zu verhindern, dass eine Person mit Wissen über die abgebildete Region die Fragen unabhängig von der Quelle hätte beantworten können. Der Fragebogen befindet sich im Anhang dieser Arbeit.

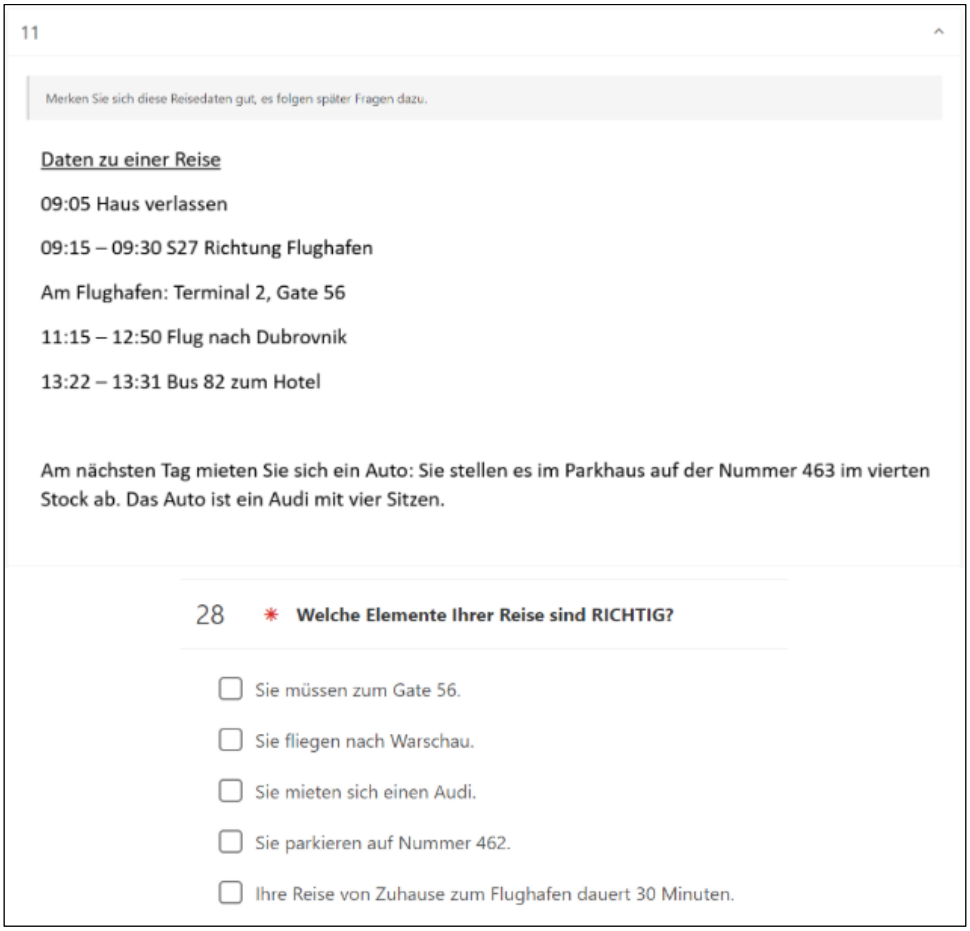


Abb. 5: Beispiel einer Quelle (Reisedaten) aus dem Fragebogen und eine dazugehörige Frage

Im dritten Teil mussten die Probandinnen fünf Fragen bearbeiten, die nur durch breites Allgemeinwissen beantwortet werden konnten. Die in diesem Teil erreichten Punkte wurden in der Auswertung nicht beachtet, da sie lediglich der Ablenkung nach der Aufnahme von neuen Informationen dienten.

Im letzten Abschnitt des Fragebogens wurden jeweils zwei bis drei Fragen zu den gezeigten Quellen gestellt, wobei es richtig/falsch sowie Einfach- und Mehrfachantwortmöglichkeiten gab.

Die Testpersonen mussten jeweils zwischen 20 und 30 Jahren beziehungsweise 45 und 55 Jahren sein. Die jüngere Gruppe diente dabei als Kontrolle, um überprüfen zu können, wie Frauen im fruchtbaren Alter abschneiden. Die Teilnahmebedingung für diese Probandinnen war, dass sie keine hormonellen Verhütungsmittel verwendeten. Eine weitere Voraussetzung war, dass keine geschlechtsangleichenden Massnahmen

vorgenommen wurden, da in diesem Fall die Zusammensetzung der Sexualhormone beeinflusst würde. Für die Teilnehmerinnen, die noch menstruieren, gab es eine zusätzliche Vorlage: Die Umfrage sollte sieben Tage nach dem Ende der letzten Periode ausgefüllt werden, da bestimmte Regionen des medialen Temporallappens in diesem Zeitraum an Volumen zunehmen und so die bestmögliche kognitive Leistung angenommen wurde (siehe Kapitel 3.3).

Die online Umfrage wurde an je neun Frauen pro Altersgruppe geschickt und war für sechzig Tage zugänglich. Somit wurde sichergestellt, dass Frauen, die sich in der fruchtbaren Lebensphase befinden, in dieser Zeitspanne sicher die letzte Teilnahmebedingung erfüllen konnten.

Nebst den weiblichen Probandinnen wurde der Fragebogen von vier Männern pro Altersgruppe ausgefüllt. Trotz der Tatsache, dass die Hormone der Frau Thema dieser Arbeit sind, ermöglichten diese Testpersonen allenfalls weitere Vergleiche zur Hormonumstellung des Mannes. Diese könnten einen Einblick in Bezug auf die Rolle der Sexualhormone im Gehirn des Mannes ergeben.

Die Daten der Umfrage wurden folgendermassen ausgewertet: Jede richtige Antwort ergab einen Punkt, wobei es für Fragen mit mehreren richtigen Antworten pro korrekte Angabe einen Punkt gab. Anschliessend wurden für jede Gruppe folgende zentrale Werte errechnet:

- Das Durchschnittsalter (± σ)
- Die durchschnittliche Zeit zum Lösen der Umfrage (± σ)
- Die durchschnittliche Anzahl an erreichten Punkten inkl. den Zusatzpunkten (± σ)
- Die durchschnittliche Anzahl an erreichten Punkten ohne die Zusatzpunkte (dieser Wert diente den weiteren Berechnungen) (± σ)
- Die Differenz der Durchschnittswerte zwischen den Altersklassen desselben Geschlechts
- Die Differenz der Durchschnittswerte zwischen den Geschlechtern für dieselbe Altersklasse

Um herauszufinden, ob die Hypothese angenommen oder verworfen werden konnte, wurde ein Chi-Quadrat-Test durchgeführt. Hierfür wurden die anschliessend aufgeführten Werte berechnet:

- X^2-Wert
    - Durchschnittswert der jungen Frauen als erwarteter Wert
    - Durchschnittswert der älteren Frauen als erhaltener Wert
- p-Wert
    - Freiheitsgrad von eins

6. Die Resultate

Bei keinem der Resultate hat es einen signifikanten Unterschied zwischen den verglichenen Gruppen (Vergleich nach Alter oder Geschlecht) gegeben. Die Frauen von 20 bis 30 Jahre haben im Durchschnitt 2.23 Punkte mehr erreicht, als es bei den älteren Frauen der Fall war. Die Hypothese (siehe Kapitel 4) musste jedoch verworfen werden.

6.1. Resultate der Frauen der Altersklasse 20 - 30 Jahre

Das Durchschnittsalter der Probandinnen zwischen 20 und 30 Jahren betrug 23.4 ± 2.91 Jahre. Diese Testpersonen haben die gesamte Umfrage in einer Zeit von 14.16 ± 2.76 Minuten absolviert. Werden die Zusatzpunkte (= die maximal fünf Punkte aus den Fragen zur Ablenkung nach dem Erhalt der neuen Inhalte) miteinberechnet, haben die Probandinnen der Kontrollgruppe 15.77 ± 3.94 Punkte erreicht. Ohne die Zusatzpunkte lagen die Ergebnisse bei 13.00 ± 3.80. Mit den Zusatzpunkten waren 27 Punkte möglich, ansonsten lag der maximal erreichbare Wert bei 22 Punkten.

6.2. Resultate der Frauen der Altersklasse 45 - 55 Jahre

Die Testgruppe der älteren Frauen, die einen Altersdurchschnitt von 51.3 ± 2.31 Jahren hatte, benötigte durchschnittlich 12.05 ± 4.59 Minuten zum Ausfüllen der Umfrage. Die erreichten Punkte inklusive der Zusatzpunkte betrugen 12.77 ± 4.10. Ohne die Zusatzpunkte lag der Wert bei 10.77 ± 3.88 Punkten. Frauen mit einer Art von Hormonersatztherapie erreichten einen Durchschnitt von 11.40, während Teilnehmerinnen ohne jegliches Substitut einen Wert von 10.00 hatten. Diese Differenz

entsteht hauptsächlich aus den Punkten, deren Fragen sich auf textvermittelte Informationen bezogen. Die Leistungen bei Inhalten, die in Form von Zahlen oder Bildern erfolgten, unterschieden sich kaum.

6.3. Vergleich der weiblichen Altersgruppen

Die Probandinnen der jüngeren Altersklasse hatten einen um 2.23 Punkte höheren Durchschnitt. Die bessere Leistung wurde vor allem bei Punkten, die sich auf Textquellen bezogen, erreicht. Bei Fragen bezüglich Zahlen oder Bildern schnitten beide Frauengruppen sehr ähnlich ab. Der im Chi-Quadrat-Test errechnete x^2-Wert lag bei 0.383. Der herausgekommene p-Wert betrug etwa 0.58 (Wert lediglich aus einer Tabelle abgelesen). Es konnte damit kein signifikanter Unterschied festgestellt werden ($p \approx 0.58$, Chi^2-Test, Freiheitsgrad 1). Damit muss die Hypothese verworfen und die Gegen- bzw. Nullhypothese angenommen werden.

6.4. Resultate der Männer

Bei den Gruppen der männlichen Probanden hat ebenfalls die jüngere Gruppe besser abgeschlossen. Die Männer zwischen 20 und 30 Jahren hatten ohne die Zusatzpunkte einen Wert von 11.25 ± 2.17, während die ältere Probandengruppe (45 bis 55 Jahre) lediglich 9.00 ± 1.58 Punkte hatte. Somit beträgt der x^2-Wert 0.450. Es ist ein p-Wert von ungefähr 0.51 herausgekommen, womit wiederum kein signifikanter Unterschied festgestellt werden konnte ($p \approx 0.51$, Chi^2-Test, Freiheitsgrad 1).

6.5. Vergleich der Geschlechter

Es besteht in beiden Geschlechtern quantitativ eine ähnliche Differenz bezüglich der besseren Leistungen der jüngeren Altersklasse. Die jungen Frauen hatten 2.23 Punkte mehr und die jungen Männer erreichten eine Differenz von 2.25. Die Frauen beider Altersklassen haben besser abgeschnitten als die Männer. Bei den jungen Teilnehmern lag die Differenz bei 1.75 Punkten und bei den älteren bei 1.77 Punkten.

6.6. Einfluss der Berufe, Ausbildung und Freizeitbeschäftigung

Es konnten keine Zusammenhänge zwischen den erbrachten Leistungen in dieser Umfrage und dem Beruf, der Ausbildung oder den Freizeitbeschäftigungen festgestellt werden.

Tab. 1: Zusammenfassung der wichtigsten Resultate aus dem Versuch

Geschlecht, Altersklasse	Weiblich, 20-30 Jahre	Weiblich, 45-55 Jahre	Männlich, 20-30 Jahre	Männlich, 45-55 Jahre
Altersdurchschnitt [Jahre]	23.4 ± 2.91	51.3 ± 2.31	27.5 ± 1.80	51.5 ± 2.29
Durchschnittliche Zeit zum Ausfüllen des Fragebogens [Minuten]	14.16 ± 2.76	12.05 ± 4.59	12.01 ± 2.54	15.51 ± 1.81
Durchschnittliche Anzahl Punkte inkl. **Zusatzpunkte**	15.77 ± 3.94	12.77 ± 4.10	14.50 ± 1.50	13.00 ± 1.87
Durchschnittliche Anzahl Punkte ohne Zusatzpunkte	13.00 ± 3.80	10.77 ± 3.88	11.25 ± 2.17	9.00 ± 1.58
Differenz der Punkte inkl. **Zusatzpunkte** im Vergleich zur höheren Altersklasse	+3.00	-	+1.50	-
Differenz der Punkte ohne Zusatzpunkte im Vergleich zur höheren **Altersklasse**	+2.23	-	+2.25	-
Differenz der Punkte ohne Zusatzpunkte im Vergleich zum anderen **Geschlecht** und in derselben Altersklasse	+1.75	+1.77	-	-

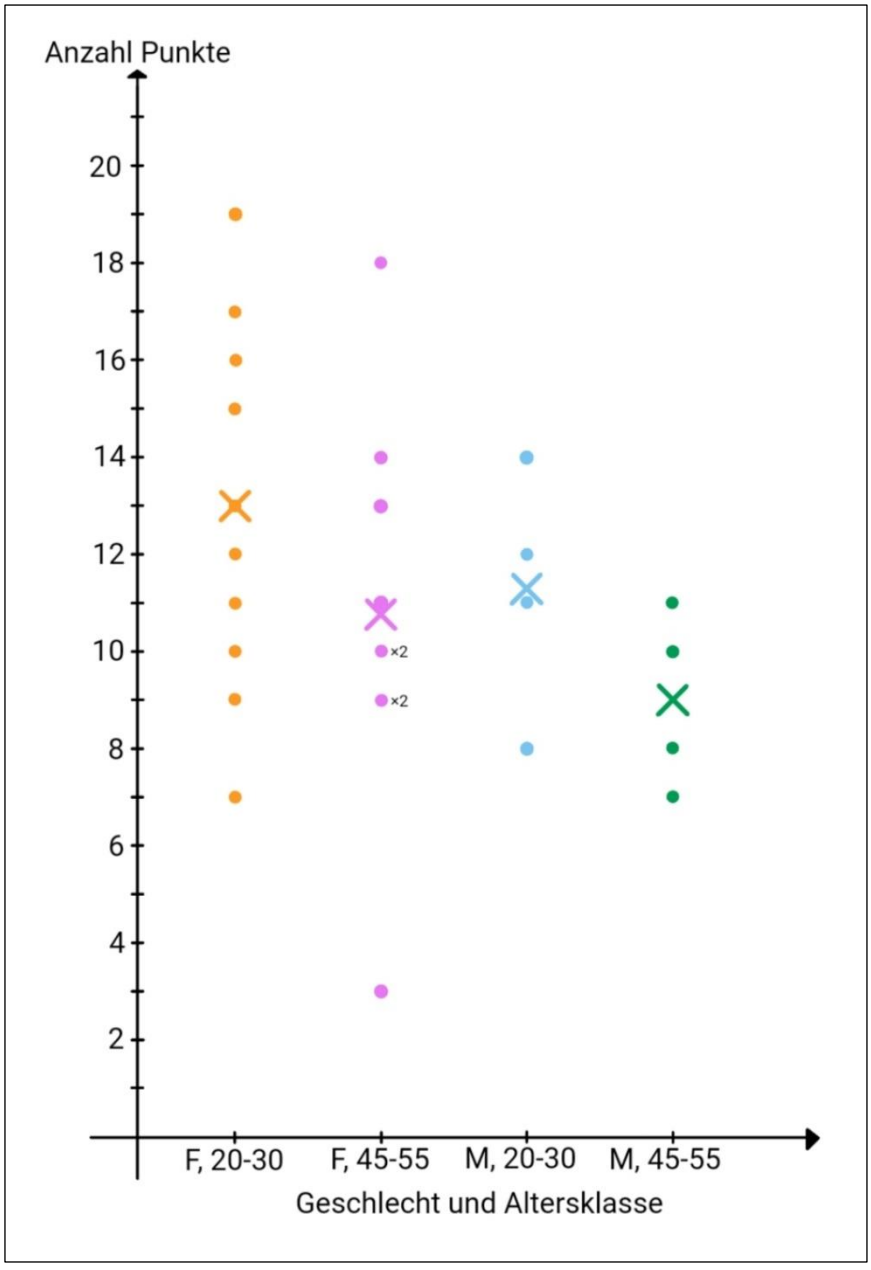


Abb. 6: Erzielte Punkte aller Proband/innen, ohne die Zusatzpunkte, wobei F = Frauen, M = Männer, 20-30 = junge Altersgruppe in Jahren und 45-55 = ältere Altersgruppe in Jahren

7. Die Diskussion

7.1. Vergleich der weiblichen Altersgruppen

Obwohl sich der Durchschnittswert der älteren im Vergleich zu den jüngeren Frauen nicht signifikant unterschied, konnte dennoch eine Differenz von über zwei Punkten festgestellt werden. Es ist bekannt, dass im Hippocampus als auch im präfrontalen Cortex Östrogen- und Progesteronrezeptoren sind. Dennoch konnte keine signifikant fördernde Wirkung bezüglich des Arbeitsgedächtnisses und des kurzfristigen Erinnerungsvermögens festgehalten werden. Dieses Resultat kann als Folge der vielen Störfaktoren entstanden sein. Es kann allerdings auch bedeuten, dass die Sexualhormone diese beiden Gehirnteile zwar unterstützen, jedoch nicht so stark, wie bisher angenommen. Eine weitere Möglichkeit ist folgende: Progesteron und Östrogen fördern beide Neurotrophine wie den Wachstumsfaktor BDNF (siehe Kapitel 3.3). Dieser Einfluss könnte die Neurogenese (Mitotische Teilung der Neuronen, die zu neuen Zellen führt, 39) im Hippocampus bei den Frauen mit einer Hormonersatztherapie bedeutend gefördert haben. Dies würde wiederum bedeuten, dass die Frauen mit Hormonersatztherapie den Durchschnittwert der gesamten Gruppe unnatürlich stark erhöht hätten.

Eine weitere Erklärung, die zu vorliegenden Resultaten geführt haben könnte, ist, dass die Frauen mit HRT hauptsächlich Östradiol-Ersatz eingenommen haben. Dadurch ist es möglich, dass die positiven Einflüsse von Östrogen durchschnittlich auch in der Gruppe der älteren Frauen vorhanden waren. Die Leistungsdifferenz müsste in dem Fall Folge des Progesteronmangels sein. Progesteron verbessert die Neuroplastizität in mehr Faktoren, als es Östrogen tut (siehe Kapitel 3.3.). Dementsprechend könnten die schlechteren Werte der unfruchtbaren Frauen durch nicht regenerierte Schäden im Gehirn entstanden sein. Für diese Theorie spricht ausserdem, dass Progesteron die durch Östrogen neu entstandenen Neuronen teilweise wieder reguliert. Durch dessen fehlende Wirkung könnten die Östradiolauswirkungen noch verstärkt vorhanden gewesen sein, wodurch kein signifikanter Unterschied festgestellt werden konnte.

In der Auswertung ist aufgefallen, dass besonders bei Fragen, die sich auf textvermittelte Informationen bezogen, die Verteilung der Punkte stark unter den Teilnehmerinnen unterschieden. Die jungen Frauen erreichten dort über zwei Punkte mehr als die älteren Probandinnen. Die Frauen mit HRT unterschieden sich durchschnittlich ebenfalls um zwei Punkte von den älteren Teilnehmerinnen ohne Hormonersatz. Dies könnte bedeuten, dass sich der Hormonmangel vor allem auf Hirnteile, die das Textverständnis und das Behalten von Gelesenem fördern, ausgewirkt

hat. Der präfrontale Cortex, ein Teil des Frontallappens, hat in moderater Konzentration sowohl Östrogen- als auch Progesteronrezeptoren (siehe Abb. 4 in Kapitel 3.3). Eine seiner Hauptfunktionen ist die Mitwirkung im Arbeitsgedächtnis. Bei Texten nimmt der Leser innerhalb einer kurzen Zeitspanne viele Chunks auf, da die Information strukturiert und klar übermittelt wird. In Bildern muss sich der Betrachter jedoch selbst zurechtfinden und so kann es länger dauern, bis der Inhalt so erfasst werden kann, dass er für gewisse Zeit behalten wird. Daher könnte man interpretieren, dass der präfrontale Cortex möglicherweise besonders für die Erfassung von Texten zentral ist. Bei Hormonmangel ist der Frontallappen weniger leistungsfähig, was sich in dem schlechteren Aufnehmen von Textinhalten zeigen könnte. Diese Theorie ist für die Leistungsdifferenz zwischen dem Behalten von Text- und Bildinhalten möglich, lässt sich jedoch nicht auf die Zahlen anwenden.

Um die Verarbeitung von Informationen basierend auf ihrem Medium noch weiter zu untersuchen, müsste man einen Versuch ansetzen, der möglichst viele verschiedene Medien verwendet. So könnte man zum Beispiel einen Sachtext verwenden, um herauszufinden, wie gut analytisch vermitteltes Wissen kurzfristig behalten werden kann. Ausserdem sollte ein Text als Quelle verwendet werden, der die Imagination und das kreative Denken anregt, sodass man möglichst unterschiedliche Pathways in der Informationsaufnahme stimuliert. Zudem sollten Bilder mit bekannten und unbekannten Motiven verwendet werden. Diese Unterscheidung könnte relevant sein, da bei bekannten Bildern bereits Assoziationen und allfällige Erinnerungen im Langzeitgedächtnis bestehen. Im Weitern sollten auch Zahlen mit und ohne Zusammenhang verwendet werden. Es wäre darüber hinaus wichtig, auch Inhalte zu übermitteln, die andere Sinne verwendeten. Dazu würde sich beispielsweise ein Video oder ein Radiobeitrag eignen.

7.1.1. Störfaktoren

Wollte man einen neuen Versuch bezüglich der kurzfristigen kognitiven Leistung zwischen den menopausalen und den fruchtbaren Frauen durchführen, sollten einige Anpassungen im Aufbau des Experiments vorgenommen werden. Im Folgenden werden Störfaktoren aufgezeigt, die eliminiert werden müssten, sodass ein möglichst präzises Resultat erreicht werden könnte.

Die kognitive Leistung ist nicht nur von der Östrogen- und Progesteronkonzentration im Gehirn beeinflusst, sondern unterliegt vielen Faktoren wie dem Stressniveau, dem psychischen Zustand und der Schlafquantität sowie -qualität. Um diese Einflüsse teilweise auszugleichen, wäre eine quantitativ grössere Probandinnengruppe sinnvoll.

Ein technischer Aspekt, der für eine spätere online Umfrage verbessert werden müsste, ist das Verhindern, dass die Testpersonen nach dem einmaligen Konsumieren der Informationen und beim Beantworten der Fragen auf die ursprünglichen Quellen zurückgehen könnten. Da diese Funktion in dem für dieses Experiment gewählte Umfrageportal nicht möglich war, konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden, ob jemand die Informationen mehrmals angeschaut hat. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden anfangs des Fragebogens im Einleitungstext jedoch darauf hingewiesen. Ausserdem sollte sichergestellt werden, dass die Probandinnen sich alle in einem beschränkten Zeitrahmen mit den neuen Inhalten befassen, sodass die Bandbreite der Zeiten nicht komplett variieren und die Streuung der Resultate stark beeinflussen kann.

Im fünften Kapitel zur Methode wurde festgehalten, dass Frauen, die noch regelmässig menstruieren, den Fragebogen genau am siebten Tag nach dem Ende der letzten Periode lösen sollten. Da einige Probandinnen, die diesem Kriterium entsprechen, den Fragebogen sehr kurz nach Erhalt ausgefüllt haben, muss davon ausgegangen werden, dass sich nicht alle an diese Bedingung gehalten haben. Die Wahrscheinlichkeit, dass sie alle genau zu diesem Zeitpunkt den siebten Tag erreicht hatten, ist gering. Somit muss vermutet werden, dass die Testpersonen, die nicht in der Postmenopause sind, zum Zeitpunkt des Versuchs unterschiedlich grosse mediale Temporallappen hatten. Dies wiederum könnte die Resultate verfälscht haben. Es wird angenommen, dass die Gruppe der jungen Frauen bei vollständiger Einhaltung dieses Kriteriums einen gering höheren Durchschnittswert erzielt hätte. Der Temporallappen aller Teilnehmerinnen wäre in der aktivsten Form, wodurch sie kontextbezogene Erinnerungen optimal memorisieren könnten. Um diesen Aspekt in einem allfälligen, weiteren Versuch noch zu vereinfachen, wäre es besser, den ersten Tag der Menstruation als Zeitpunkt für den Versuch zu wählen. Dieser Tag ist bezüglich der Hormonkonzentrationen und somit auch bezüglich des Volumens des medialen Temporallappens am einheitlichsten.

In einem weiteren Experiment sollte sichergestellt werden, dass sich alle Probandinnen an die Zeitangabe halten. Dafür könnte am Anfang des Fragebogens bei Frauen, die sich noch nicht in der Menopause befinden, nach dem Zyklustag gefragt werden. Stimmt dieser nicht mit dem siebten Tag nach der letzten Periode überein, kann die Umfrage nicht durchgeführt werden und es würde eine Meldung angezeigt, wann die Teilnahme möglich wäre.

Ein weiterer Störfaktor ist, dass die menopausalen Frauen zum Teil eine Hormonersatztherapie durchlaufen. Diese versetzt sie in einen anderen hormonellen Zustand, als er in der Menopause üblich ist. Ausserdem können sich die Menge an eingenommenen Hormonen unterscheiden. Um diesen Befund vorzubeugen, müsste in

einem späteren Versuch die ältere Probandinnengruppe (45 bis 55 Jahre) in wiederum zwei Gruppen eingeteilt werden. Die eine sollte keinerlei Hormonersatz konsumieren, während die andere alle Testpersonen mit Hormonersatztherapie beinhielte. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass eine limitierte Bandbreite an konsumierter Hormonmenge festgelegt wurde. Noch spezifischer wären die Resultate, wenn man die zweite Gruppe anhand der eingenommenen Hormone nochmals unterteilt. Gruppe A bestünde nur aus Frauen, die Östrogenersatz zu sich nähmen, während B nur Progesteron konsumiert. Frauen, die für beide Hormone eine Kompensation einnehmen, würden in dem Fall Gruppe C bilden. Bei einem Versuch, bei dem all diese Störfaktoren berücksichtigt würden, könnten deutlich genauere Resultate erzielt werden.

Bei einem Versuch, bei dem all diese Störfaktoren berücksichtigt würden, könnten genauere, allenfalls aber auch andere Resultate herauskommen.

7.2. Vergleich der Geschlechter

Die Leistungsdifferenz zwischen der jeweils jüngeren und der älteren Probandengruppe ist in beiden Geschlechtern sehr ähnlich ausgefallen (junge Frauen: 2.23 Punkte besser als ältere Probandinnengruppe/ junge Männer: 2.25 Punkte besser als ältere Probandengruppe). Aufgrund dieses ähnlichen Resultats, das nicht primär durch den Mangel an weiblichen Geschlechtshormonen begründet werden kann, soll im Folgenden über weitere, mögliche Gründe reflektiert werden.

(35, 36) Neuronen teilen sich nur selten mitotisch, wodurch kaum neue Hirnzellen entstehen. Dies bedeutet, dass die etwa 86 Milliarden Neuronen zu einem grossen Anteil seit der Geburt bestehen. Über die Jahre können die Neuronen an Leistung verlieren, was bedeutet, dass sie die Aktionspotenziale langsamer leiten. Mit der Zeit sterben sie aufgrund zu grosser Schäden teilweise ganz ab. Diese Beschädigungen können zum Beispiel durch Abnutzung, UV-Strahlung oder freie Radikale zustande kommen. Der Mensch merkt das allerdings lange nicht, da durch das Bilden neuer Synapsen neue Verbindungen zwischen den Neuronen gebildet werden und die geringere Anzahl an funktionslosen Neuronen so ausgeglichen werden kann. Ausserdem besteht im Gehirn eine sogenannte Redundanz, was bedeutet, dass lange ein Überfluss an Neuronen besteht, wodurch ein teilweiser Verlust erlaubt wird. Ab einem gewissen Mass an geschädigten oder zerstörten Neuronen können diese Ausgleichsmechanismen die bisherige Leistung des Gehirns nicht mehr ausbalancieren. Ab diesem Punkt ist eine leichte Gedächtnisstörung, die gleichbleiben oder schlimmer werden kann, feststellbar.

Einige elementare Gehirnbereiche, wie zum Beispiel der Hippocampus und die Basalganglien, haben jedoch die Fähigkeit, neue Neuronen herzustellen. Dieser Prozess, bei dem neue Neuronen aus sogenannten adulten neuralen Stammzellen entstehen, heisst Neurogenese und nimmt im zunehmenden Alter ab (39). Ein weiterer Grund, der zu einer geringeren Leistung des Gehirns führen kann, ist, dass bei einigen Menschen der Blutfluss zum Gehirn abnimmt. Die Abnahme beträgt im Durchschnitt unter einem Prozent pro Jahr, aber über die Jahre kann sich diese Veränderung negativ auf das Gehirn auswirken. Diese Befunde der neuronalen Degeneration könnten eine Erklärung für die in der vorliegenden Studie gefundenen Resultate sein.

Warum die Differenzen der Resultate zwischen der jüngeren und der älteren Altersklasse in beiden Geschlechtern beinahe gleich gross war, kann hier nicht erklärt werden. Es könnte sein, dass die positiven Einflüsse von Testosteron auf das Gehirn, von denen man bereits einige kennt, die Wirkung von Östrogen und Progesteron teilweise ausgeglichen hat (41). Im Vergleich zu Östrogen ist vor allem wichtig, dass Östrogen eine abgebaute Form von Testosteron ist. Somit können im Verlauf von Stoffwechselkaskaden ebenfalls die Einflüsse von Östrogen im Gehirn von Männern auftreten. Dies würde dazu führen, dass die Leistungsdifferenz zwischen den Geschlechtern vor allem durch die Wirkung von Progesteron entstanden sein könnte.

Sowohl die jüngere als auch die ältere Gruppe der Frauen schnitt besser ab als die Gruppe der Männer in derselben Alterskategorie. Bei den Probanden zwischen 20 und 30 Jahren haben die weiblichen Teilnehmerinnen im Durchschnitt 1.75 Punkte mehr geholt als die männlichen, während die Differenz bei der älteren Klasse (45 bis 55 Jahre) 1.77 Punkte betrug. Da der Versuch bei beiden Geschlechtern gleich durchgeführt wurde, muss die Differenz biologisch gegründet sein. Das Gehirn der Männer ist durchschnittlich um elf Prozent grösser (37). Das bedeutet allerdings nicht automatisch, dass Männer auch mehr Neuronen haben. Die Neuronen im weiblichen Gehirn sind mehr miteinander verschachtelt, wodurch der Grössenunterschied ausgeglichen wird. Diese anatomische Begebenheit führt somit nicht zu veränderter kognitiver Leistung. Dadurch ist es wahrscheinlich, dass die Frauen aufgrund des Östrogens und des Progesterons, das netto einen positiven Einfluss auf das Gehirn hat (siehe Kapitel 3.3.), die bessere kognitive Leistung erbringen konnten.

Im Gegensatz dazu steht die Wirkung von Testosteron. In einer Studie von Nave et al. (38) wurde festgestellt, dass Männer mit hohen Testosteronwerten den rationalen Ansatz eher vernachlässigen und stattdessen auf ihre Intuition hören. Daraus wird nun im Zusammenhang mit der hier durchgeführten Studie geschlussfolgert, dass eine hohe Testosteronkonzentration die kognitive Fähigkeit zum logischen Abrufen von Informationen eher einschränkt, als dass es diese unterstützt.

Um zu testen, ob junge Frauen mit hohen Östrogenkonzentrationen in einem Fragebogen durchschnittlich besser abschneiden als junge Männer mit hohen Testosteronwerten, müssten die Versuche an mindestens sechs jungen Männern (vor der Andropause) durchgeführt werden. Da die hier vorliegenden Resultate der jungen Männergruppe nur von vier Probanden stammen, kann lediglich über die positivere Wirkung von Östrogen und Progesteron im Vergleich zu Testosteron spekuliert werden.

Weitere Studien zu diesem Vergleich könnten wie folgt aufgebaut werden: Die Versuche würden von vier verschiedenen Gruppen durchgeführt, wobei alle Teilnehmer zwischen 20 und 30 Jahre alt wären. Dadurch würde sichergestellt werden, dass sich keine/r der Proband/innen im Klimakterium oder der Andropause befänden. Die erste Gruppe bestünde aus Frauen, die zum Zeitpunkt der Studie in der Follikelphase und kurz vor der Ovulation wären. Sie hätten somit eine hohe Östrogen- und niedrige Progesteronkonzentration. Die zweite Gruppe mit jungen Frauen befände sich in der Lutealphase des Zyklus, sodass bei ihnen das Progesteron dominierte. Bei den männlichen Versuchsteilnehmern würde es eine Gruppe mit hohen und eine mit tiefen Testosteronwerten geben. Um sicherzugehen, dass die Proband/innen die beabsichtigten Hormone in den erwünschten Konzentrationen hätten, würden jeweils vor den Experimenten Bluttests durchgeführt werden. Das Ziel dieser Studie wäre, die unterschiedlichen Einflüsse der Sexualhormone auf spezifische Arten der Kognition zu untersuchen. Deshalb würden verschiedene Aufgabentypen durchgeführt, die sich jeweils auf eine Eigenschaft des Gehirns fokussieren. Für die Fähigkeit zur Problemlösung könnte zum Beispiel der “Turm von London Test” (drei Röhren mit Scheiben unterschiedlicher Farben, wobei es das Ziel ist, eine bestimmte Anordnung zu erreichen) durchgeführt werden. Das Arbeitsgedächtnis könnte durch einen Versuch wie den für diese Arbeit geprüft werden. Ein weiteres Beispiel, das sich auf das räumliche Vorstellungsvermögen konzentriert, wären Aufgaben zur Rotation von dreidimensionalen Figuren. In der Auswertung würden jeweils die Durchschnittswerte pro Gruppe und Aufgabentyp errechnet und anschliessend verglichen werden. So könnte herausgefunden werden, ob eine Gruppe bei einer spezifischen Art der Kognition signifikant besser oder schlechter als die anderen wäre.

7.3. Fazit

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass die Gründe für die nicht signifikanten Resultate zwei zentrale Ansätze verfolgen. Es ist möglich, dass der Versuch aufgrund der vielen Störfaktoren keinen signifikanten Unterschied zwischen den fruchtbaren und unfruchtbaren Frauen gezeigt hat. Bei einem verbesserten Aufbau hätte allerdings eine messbare Leistungsdifferenz festgestellt werden können. Es kann jedoch auch sein, dass der Einfluss der Sexualhormone zu der Wertedifferenz geführt hat und dass die positiven Mechanismen der Hormone nicht so stark fördernd waren, wie bisher angenommen.

In den Resultaten ist aufgefallen, dass sich die kurzfristige Erinnerung von textvermittelten Inhalten von Informationen durch Zahlen oder Bilder zu unterscheiden scheint. Dies kann eine Folge des dichteren Informationsgehalts, der in Texten strukturierter aufgenommen werden kann, sein.

Unerwartet war zudem, dass die Leistungsdifferenzen der Altersgruppen in beiden Geschlechtern sehr ähnlich ausgefallen sind. Es ist jedoch wichtig zu erwähnen, dass die Frauen in beiden Altersklassen besser abgeschnitten haben als die Männer. Dies könnte bedeuten, dass Östrogen und Progesteron für die kurzfristige Erinnerungsfähigkeit und für das Arbeitsgedächtnis positivere Einflüsse haben als Testosteron es hat.

Eine Stärke der vorliegenden Arbeit ist, dass der Aufbau des Versuchs simpel gehalten wurde, wodurch er einfach replizierbar ist und sich ohne grossen Aufwand für weitere Studien spezialisieren lässt. Positiv ist ausserdem, dass die Teilnahme der männlichen Testpersonen einen Ausblick auf weitergehende Untersuchungen bietet.

Als Schwäche der Arbeit wird der teilweise zu detaillierte Theorieteil erachtet, da gewisse Ausführungen nicht konkret zum Verständnis des Experiments beigetragen haben und es vom wesentlichen Inhalt ablenken kann. Aspekte an der Methode, die im Falle einer weiteren Studie verbessert werden müssten, sind, dass der Versuch nebst dem nicht signifikanten Unterschied nur wenige interpretierbare Daten liefert. Zudem gibt es viele Störfaktoren, die gemeinsam stark verfälschte Resultate hervorgebracht haben könnten.

Literaturverzeichnis

1) Stute, Petra (2022). *“Brain Fog” in den Wechseljahren*. Abgerufen im August 2024 von https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9807087/
2) Redaktion Gesundheitsportal (2020). *Testosteronmangel im Alter*. Abgerufen im August 2024 von https://www.gesundheit.gv.at/krankheiten/sexualorgane/maennliche-hormone/hypogonadismus-im-alter.html#welche-symptome-koennen-auftreten
3) De Liz, Sheila (2020). *Woman on Fire – Alles über die fabelhaften Wechseljahre*. Orginalausgabe. Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag
4) Lippi, Donatella; Bianucci, Raffaella; Donell, Simon (2020). Gender medicine: its historical roots. *Postgraduate Medical Journal*, 2020 (1138), S. 480 - 486
5) Nabulsi, Azmi A. / Folsom, Aaron R. / White, Alice / Patsch, Wolfgang / Heiss, Gerardo / Wu, Kenneth K. / Szklo, Moyses (1993). *Association of Hormone-Replacement Therapy with Various* Cardiovascular *Risk Factors in Postmenopausal Woman*. Abgerufen im Oktober 2024 von https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJM199304153281501
6) Redaktion “Frauenärzte im Netz” (2018). *Wechseljahre & Wechseljahresbeschwerden*. Abgerufen im Juni/Juli 2024 von https://www.frauenaerzte-im-netz.de/koerper-sexualitaet/wechseljahre-klimakterium/#:~:text=Als%20Wechseljahre%20oder%20Klimakterium%20der,von%2047%2C5%20Jahren%20beginnt.
7) Andropause (August 2024). In *A Dictionary of Psychology*. 4. Auflage. Oxford: Oxford University Press
8) Dr. Eckebrecht, Detlef (2018). *NATURA 9-12 Grundlagen der Biologie für Schweizer Maturitätsschulen*. Seite 298. Originalausgabe. Baar: Klett und Balmer Verlag
9) Martin, Elizabeth (2015). *Concise Medical Dictionary*. 9. Auflage. Oxford: Oxford University Press
10) Redaktionsteam der Website “Frauenärzte im Netz” (Juli 2024). *Weiblicher Zyklus – Wann sind die fruchtbaren Tage?*. Abgerufen im Juli 2024 von https://www.frauenaerzte-im-netz.de/familienplanung-verhuetung/natuerliche-familienplanung/weiblicher-zyklus-wann-sind-die-fruchtbaren-tage/
11) McLaughlin, Jessica E., (Juli 2025). *Menstruationszyklus*. Abgerufen von https://www.msdmanuals.com/de/heim/gesundheitsprobleme-von-frauen/das-weibliche-fortpflanzungssystem/menstruationszyklus
12) Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (Juli 2024). *Gonadotropin-Releasing-Hormon (GnRH)*. Abgerufen von https://www.familienplanung.de/service/lexikon/gonadotropin-releasing-hormon-gnrh/#:~:text=Das%20Gonadotropin%2DReleasing%2DHormon%20wird,von%20%C3%96strogen%20und%20Progesteron%20an.

13) Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG) (Juli 2024). *Wie funktioniert der weibliche Zyklus?*. Abgerufen von https://www.gesundheitsinformation.de/wie-funktioniert-der-weibliche-zyklus.html#:~:text=Wird%20die%20Eizelle%20nicht%20befruchtet,zusammen%20und%20entspannen%20sich%20wieder.
14) Redaktionsteam der Website "Frauenärzte im Netz" (Juli 2024). *Monatszyklus*. Abgerufen von https://www.frauenaerzte-im-netz.de/koerper-sexualitaet/zyklus-hormone/
15) Kantonsspital St. Gallen Frauenklinik (keine Angabe zur letzten Aktualisierung). *Wechseljahre*. Abgerufen im August 2024 von https://www.kssg.ch/frauenklinik/leistungsangebot/wechseljahre
16) Dr. Wirt, Helmut (2011). *Der Hypothalamus, das Kellergeschoss des Zwischenhirns, ist Kontrollinstanz für so wichtige Funktionen wie Fortpflanzung, Ernährung, Temperaturregulation und Zeitmessung. Er ist ein übergeordnetes Zentrum des autonomen Nervensystems*. Abgerufen im August 2024 von https://www.dasgehirn.info/grundlagen/anatomie/der-hypothalamus#:~:text=Der%20Hypothalamus%2C%20das%20Kellergeschoss%20des,%C3%BCbergeordnetes%20Zentrum%20des%20autonomen%20Nervensystems.
17) Prof. Dr. med. Zieren, Hans Udo (keine Angaben zur letzten Aktualisierung). *Produktion von Schilddrüsenhormonen*. Abgerufen im August 2024 von https://www.deutsches-schilddruesenzentrum.de/wissenswertes/funktion-der-schilddruese/hormone-und-hormonproduktion-der-schilddruese/
18) Bangkok International Hospital. *Brain Fog: Solutions To Telp You Improve Concentration*. Abgerufen im August 2024 von https://www.bangkokinternationalhospital.com/health-articles/disease-treatment/brain-fog-syndrome
19) Anand, Kuljeet Singh / Dhikav, Vikas (2012). *Hippocampus in health and disease: An overview*. Abgerufen im Oktober 2024 von https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3548359/#ref27
20) Zhu, Hancan / Wang, Shuai / Qu, Liangqioung / Shen, Dinggang (2021). *Hippocampus-Segmentierung in MR-Bildern: Multiatlas-Methoden und Deep-Learning-Methoden*. Abgerufen im Oktober 2024 von https://www.sciencedirect.com/topics/neuroscience/hippocampus
21) Graves, Austin R. / Moore, Shannon J. / Bloss, Erik B. / Mensh, Brett D. / Kath, William L. / Spruston, Nelson (2012). *Hippocampal pyramidal neurons comprise two distinct cell types that are countermodulated by metabotropic receptors*. Abgerufen von im Oktober 2024 von https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3509417/
22) Toni, Nicolas / Schinder, Alejandro F. (2016). *Maturation and Functional Integration of New Granule Cells into the Adult Hippocampus*. Abgerufen im Oktober 2024 von https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4691791/
23) Voos, Dunja (März 2017). *ACTH – Das adrenocorticotrope Hormon*. Abgerufen im Oktober 2024 von https://www.apotheken-umschau.de/diagnose/laborwerte/acth-das-adrenocorticotrope-hormon-740759.html

24) Futorjanski, Jakob (kein Datum vorhanden). *Arbeitsgedächtnis - Ein Überblick über die Funktionen*. Abgerufen im Oktober 2024 von https://www.neuronation.com/science/de/arbeitsgedachtnis-funktion/#:~:text=Das%20Arbeitsged%C3%A4chtnis%20ist%20ein%20wichtiger,Cortex%20und%20der%20temporale%20Cortex.
25) Arbeitsgedächtnis (Oktober 2024). In *Dorsch, Lexikon der Psychologie*. Herausgeber: Markus Antonius Wirtz.
26) Constantinidis, Christos / Klingberg, Torkel (2016). *The neuroscience of working memory capacity and training.* Abgerufen im Oktober 2024 von https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27225070/
27) Gedächtnisstörungen (Oktober 2024). In *Dorsch, Lexikon der Psychologie*. Herausgeber: Markus Antonius Wirtz.
28) Barth, Claudia / Villringer, Arno / Sacher, Julia (2015). Sex hormones affect neurotransmitters and shape the adult female brain during hormonal transition periods. Abgerufen im Oktober von https://www.frontiersin.org/journals/neuroscience/articles/10.3389/fnins.2015.00037/full
29) Keusch, Nelly. Künstliche Intelligenz bedroht vor allem «white-collar jobs» – schafft sie bald auch Manager ab? *Neue Züricher Zeitung*. 12.03.2024
30) Eignungstest für das Medizinstudium in der Schweiz (EMS) (2021). Beispielaufgaben zum EMS. Abgerufen im Juni 2024 von https://www.swissuniversities.ch/fileadmin/swissuniversities/Dokumente/Lehre/Medizin/Beispielaufgaben2021.pdf
31) Redaktion von BuzzFeed (2020). 26 Karten von fiktiven Orten, die Du gerne mal besuchen würdest. Abgerufen im Juli 2024 von https://www.buzzfeed.de/buzz/26-karten-von-fiktiven-orten-die-du-gerne-mal-besuchen-wuerdest-90138053.html
32) Baumann, Oliver und Mattingley, Jason B. (2016). *Functional Organization of the Parahippocampal Cortex: Dissociable Roles for Context Representations and the Perception of Visual Scenes.* Aberufen im August 2024 von https://www.jneurosci.org/content/36/8/2536#:~:text=More%20specifically%2C%20evidence%20suggests%20that,within%20the%20parahippocampal%20cortex%20anatomically
33) Augustinack, Jean C u.a. (2014). *Predicting the Location of Human Perirhinal Cortex, Brodmann's area 35, from MRI.* Abgerufen im August 2024 von https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3508349/#:~:text=The%20perirhinal%20cortex%20(Brodmann's%20area,very%20early%20in%20disease%20progression
34) Sacher, Julia / Barth, Claudia / Villringer, Arno (2016). *Wie beeinflussen Sexualhormone Gehirn und Verhalten?* Abgerufen im Oktober 2024 von https://www.mpg.de/11092376/mpi_cbs_jb_2016

35) Maiese, Kenneth (Januar 2024). *Auswirkungen des Alters auf das Nervensystem*. Abgerufen im Oktober 2024 von https://www.msdmanuals.com/de/heim/st%C3%B6rungen-der-hirn-r%C3%BCckenmarks-und-nervenfunktion/biologie-des-nervensystems/auswirkungen-des-alterns-auf-das-nervensystem?query=ged%C3%A4chtnisverlust
36) Niet, Maike (2016). *Verändert sich die Zahl der Nervenzellen im Lauf des Lebens?* Abgerufen im Oktober 2024 von https://www.dasgehirn.info/aktuell/frage-an-das-gehirn/veraendert-sich-die-zahl-der-nervenzellen-im-lauf-des-lebens
37) Geiser, Eveline (März 2024). *Weibliches und männliches Gehirn: Anatomisch sind sie gleich, und doch funktionieren sie anders.* Abgerufen im Oktober 2024 von https://www.nzz.ch/wissenschaft/weibliches-und-maennliches-gehirn-anatomisch-sind-sie-gleich-und-doch-funktionieren-sie-anders-ld.1814706
38) Nave, Gideon / Nadler, Amos / Zava, David / Camerer, Colin (2017). *Single-Dose Testosterone Administration Impairs Cognitive Reflection in Men*. Abgerufen im Oktober 2024 von https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28771393/
39) Bedrosian, Tracy A. et al. (Dezember 2020). Lamin B1 decline underlies age-related loss of adult hippocampal neurogenesis. Abgerufen im Dezember 2024 von https://www.embopress.org/doi/full/10.15252/embj.2020105819
40) O'Mara, S. M. / Commins, S. / Anderson, M. / Gigg, J. (2001). *The subiculum: a review of form, physiology and function.* Abgerufen im Oktober 2024 von https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11240210/
41) Celec, Peter / Ostatikova, Daniela / Hodosy, Julius (2015). Über die *Auswirkungen von Testosteron auf Verhaltensfunktionen des Gehirns*. Abgerufen im Dezember 2025 von https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4330791/

Bildquellen

A) https://www.istockphoto.com/de/vektor/chemische-summenformel-des-menschlichen-hormons-%C3%B6strogen-gm1363025697-434743794
B) https://www.thermacare.de/schmerzen/regelschmerzen/menstruationszyklus/
C) https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/hippocampus/31926
D) https://www.mpg.de/11092376/mpi_cbs_jb_2016

Anhänge

Der Fragebogen

Liebe/r Teilnehmer/in

Im Rahmen meiner Maturaarbeit untersuche ich die kognitiven Fähigkeiten während und nach den Wechseljahren. Dabei analysiere ich mit diesem Fragebogen die Veränderungen der kurzfristigen Gedächtnisleistung und vergleiche die Resultate von Frauen der ersten (20-30 Jahre) und zweiten Probandinnengruppe (45-55 Jahre). Für vertiefte Vergleiche und weitere Datenauswertungen darf die Umfrage auch gerne von Männern ausgefüllt werden.

Sollten Sie in den zuvor genannten Altersklassen liegen, wäre ich Ihnen sehr dankbar, wenn Sie sich 15 bis 20 Minuten Zeit nehmen würden und die Umfrage ausfüllen. Hierbei ist es wichtig, dass die Damen meine Fragen 7 Tage nach Ende Ihrer letzten Periode beantworten, falls Sie überhaupt noch menstruieren, ansonsten spielt es keine Rolle. Ausserdem ist es wichtig, dass Sie den Fragebogen lediglich ausfüllen, wenn Sie keine hormonellen Verhütungsmittel verwenden.
Ich möchte Sie bitten, die Fragen ohne weiteres Nachsehen der zuvor erhaltenen Informationen zu beantworten.

Alle Daten werden ausschliesslich für meine Maturaarbeit verwendet und anonym sowie vertraulich behandelt.

Ich bedanke mich bereits im Voraus für Ihre Zeit und Ihren Aufwand!

Mit freundlichen Grüssen
Shakina Mona

1 * **Welches ist Ihr biologisches Geschlecht?**

> Sollten Sie geschlechtsangleichende Massnahmen durchgeführt haben, danke ich Ihnen, dass Sie an dieser Umfrage teilnehmen wollten, jedoch entsprechen Sie für diese Untersuchung nicht meiner benötigten Proband/innen-Gruppe.

- ◯ Ich bin eine biologische Frau.
- ◯ Ich bin ein biologischer Mann.

2 **Wie alt sind Sie?**

*

3 **Für die Damen: Falls Sie nicht mehr regelmässig oder gar nicht mehr menstruieren, vor wie langer Zeit hatten Sie Ihre letzte Periode?**

T

4 **Falls Sie sich bereits in der Menopause (Frauen) oder der Andropause (Männer) befinden, welche der unten genannten Hormontherapien wenden Sie an?**

- ☐ Östradiol-Gel
- ☐ Progesteron-Kapsel
- ☐ Testosteron-Gel
- ☐ Ich bin mindestens seit drei Monaten in keiner Hormonbehandlung.
- ☐ Ich habe noch gar keine Hormonbehandlung bezüglich meiner Meno-/ Andropause gemacht.

Sie verwenden einen anderen Hormonersatz: Welcher ist das?

5 **Sollten Sie aktuell schwanger sein, in welcher Woche befinden Sie sich?**

#

6 **Welchen Beruf üben Sie aus und/oder welche Ausbildung absolvieren Sie aktuell?**

T

5000

7 **Welche ist Ihre höchste bisher absolvierte Ausbildung?**

T

8 **Wie verbringen Sie Ihre Freizeit?**

- [ ] Lesen
- [ ] Texte schreiben
- [ ] Puzzle
- [ ] Rätselaufgaben lösen
- [ ] Rubiks Cube
- [ ] Ausdauersport
- [ ] Kraftsport
- [ ] Musizieren

9

Merken Sie sich diese Personen und die Zusatzinformationen gut, es folgen später Fragen dazu.

Personen, die Sie an einem Anlass kennengelernt haben

- Luisa, Ehefrau von Peter
- Herr Greco, Vater von Luisa
- Tobias, hat einen Rottweiler und eine Schildkröte
- Frau Nielsen, arbeitet bei der „Julius Bär“

11

Merken Sie sich diese Reisedaten gut, es folgen später Fragen dazu.

Daten zu einer Reise

09:05 Haus verlassen

09:15 – 09:30 S27 Richtung Flughafen

Am Flughafen: Terminal 2, Gate 56

11:15 – 12:50 Flug nach Dubrovnik

13:22 – 13:31 Bus 82 zum Hotel

Am nächsten Tag mieten Sie sich ein Auto: Sie stellen es im Parkhaus auf der Nummer 463 im vierten Stock ab. Das Auto ist ein Audi mit vier Sitzen.

12

Lesen Sie den Text gut durch, es folgen später Fragen dazu.

KI übernimmt immer mehr Aufgaben

Dazu gehören Tech-Unternehmen wie Google, Amazon und SAP, die ihre jüngsten Stellenstreichungen mit einem grösseren Fokus auf KI begründeten. Das heisst, dass für die Jobs, die wegfallen, an anderer Stelle neue entstehen. So kündigte der deutsche Softwarekonzern SAP zwar an, 8000 Stellen abzubauen, will aber gleichzeitig eine Milliarde Euro in die Entwicklung von künstlicher Intelligenz stecken.

Doch nicht alle KI-bedingten Kündigungen lassen sich auf diese harmonische Weise erklären. Die Sprachlern-App Duolingo verlängerte kürzlich Freelancer-Verträge nicht, weil sich KI als gut darin erweist, Texte für die Sprachübungen der App zu erstellen. Der amerikanische Paketdienst UPS kündigte an, 12 000 Stellen zu streichen, die nicht nachbesetzt werden sollen. Weil KI inzwischen vermehrt Aufgaben wie die Ermittlung der Preise für Sendungen übernimmt, werden in diesen Bereichen künftig weniger Mitarbeiter gebraucht.

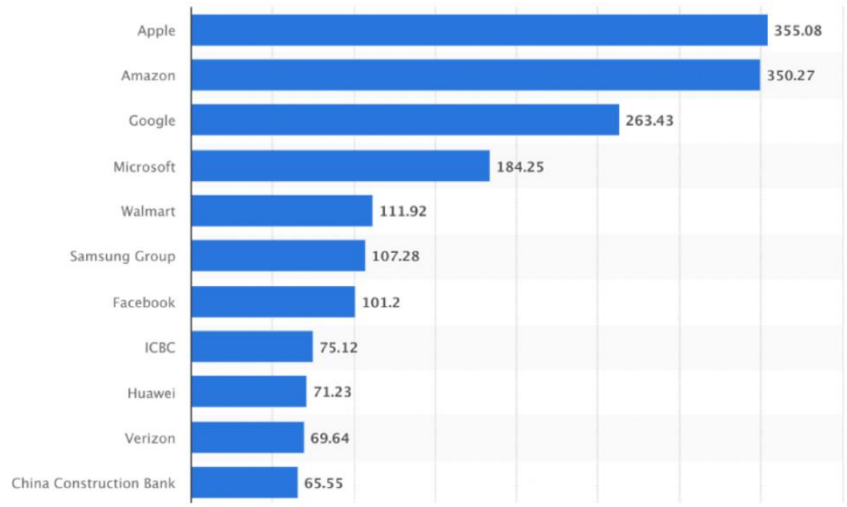
Seit dem Erfolg von Chat-GPT dreht die Diskussion darüber, welche Jobs der Technologie als Erstes zum Opfer fallen, ihre Runden. Inzwischen ist man sich darin einig, dass es sogenannte «white-collar jobs» treffen wird – also Tätigkeiten, die von Büroangestellten in weissen Hemden ausgeübt werden, etwa in der Verwaltung, im Marketing oder im Finanzwesen.

Aus dem NZZ-Artikel „Künstliche Intelligenz bedroht vor allem «white-collar jobs» – schafft sie bald auch Manager ab?" vom 12.03.2024, geschrieben von Nelly Keusch

14

Schauen Sie sich die Statistik gut an, es folgen später Fragen dazu.

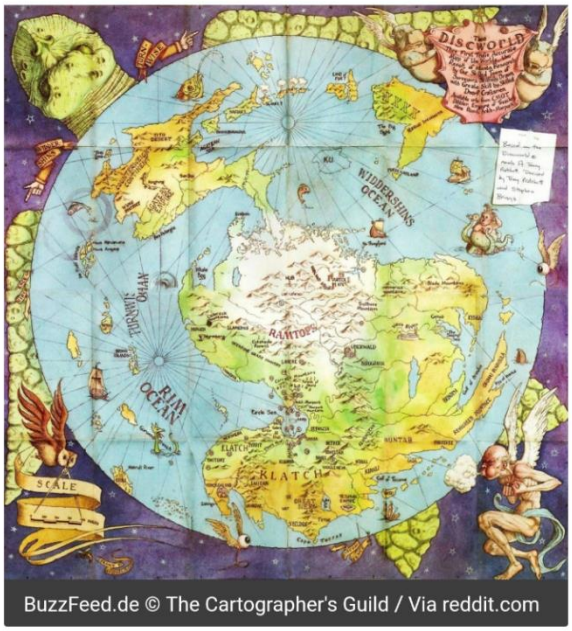
Quelle der Statistik für die wertvollsten Marken weltweit im Jahr 2022: Hootsuite



15

Schauen Sie sich diese fiktive Karte gut an, es folgen später Fragen dazu.

Quelle: BuzzFeed "26 Karten von fiktiven Orten, die Du gerne mal besuchen würdest"



BuzzFeed.de © The Cartographer's Guild / Via reddit.com

16 ✳ **Was ist die Hauptstadt von Australien?**

- ◯ Sydney
- ◯ Perth
- ◯ Canberra
- ◯ Melbourne
- ◯ Adelaide

17 ✳ **Wer ist der/die Bundespräsident*in von Deutschland?**

- ◯ Christian Lindnder
- ◯ Annalena Baerbock
- ◯ Boris Pistorius
- ◯ Frank-Walter Steinmeier
- ◯ Olaf Scholz

18 ✳ **Welche Universität ist laut "QS Top Universities" die beste Uni der Welt?**

- ◯ University of Cambridge
- ◯ MIT (Massachusetts Institute of Technology)
- ◯ University of Oxford
- ◯ Imperial College London
- ◯ Harvard University

19 * **In welcher Stadt/Gemeinde wurde Wolfgang Amadeus Mozart geboren?**

- ○ Frankfurt
- ○ Salzburg
- ○ Eisenach
- ○ Wien
- ○ Bad Ischl

20 * **Welche ist die Landessprache der Demokratischen Republik Kongo?**

- ○ Lingala
- ○ Deutsch
- ○ Englisch
- ○ Monokutuba
- ○ Französisch

21 * **Bewerten Sie folgende Aussage: Frau Nielsen arbeitet für die UBS?**

- ○ Richtig
- ○ Falsch

22 * **Luisas Ehemann heisst Greco zum Nachnamen.**

- ○ Richtig
- ○ Falsch

23 * **Zu welcher Hunderasse gehört Tobias' Hund?**

- ○ Pudel
- ○ Rottweiler
- ○ Pitbull
- ○ Bullterrier
- ○ Bolonka

24 * **Was für Teigwaren stehen auf der Einkaufsliste?**

- ○ Weizen
- ○ Roggen
- ○ Buchweizen
- ○ Dinkel

25 * **Welche Artikel stehen NICHT auf der Einkaufsliste?**

- [ ] Cherrytomaten
- [ ] Waschmittel
- [ ] 10er Pack Eier
- [ ] Vanille Kekse
- [ ] Weisse Zwiebeln
- [ ] Gefrorener Brokkoli

26 * **Bewerten Sie folgende Aussage: Kartoffeln stehen auf der Einkaufsliste.**

- ○ Richtig
- ○ Falsch

27 * **Bewerten Sie folgende Aussage: Ihre Reise beginnt um 09:00.**

- ○ Richtig
- ○ Falsch

28 * **Welche Elemente Ihrer Reise sind RICHTIG?**

- [ ] Sie müssen zum Gate 56.
- [ ] Sie fliegen nach Warschau.
- [ ] Sie mieten sich einen Audi.
- [ ] Sie parkieren auf Nummer 462.
- [ ] Ihre Reise von Zuhause zum Flughafen dauert 30 Minuten.

29 * **Mit welchem Zug kommen Sie zum Flughafen?**

- ○ S16
- ○ S82
- ○ Z17
- ○ S27
- ○ S28

30 * **Welcher im NZZ Artikel erwähnte Konzern möchte 1 Milliarde Euro in KI-Forschung investieren?**

- ○ Amazon
- ○ SAP
- ○ Google
- ○ Duolingo

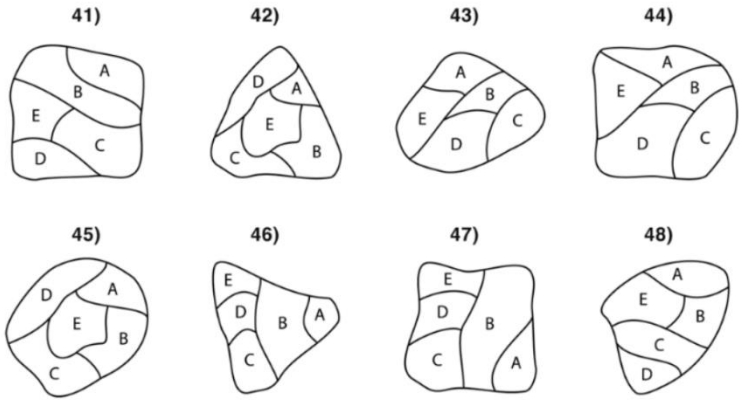
31 * **Wie heisst die Autorin des NZZ Artikels?**

- ○ Birgit Schmid
- ○ Susanne Gaschke
- ○ Nelly Keusch
- ○ Seraina Kobler
- ○ Nicole Althaus

32 * **Welche Stellen werden in Zukunft wahrscheinlich durch KI ersetzt?**

- ○ "tie jobs"
- ○ "white-collar jobs"
- ○ "black-trouser jobs"
- ○ "no-jeans jobs"

33

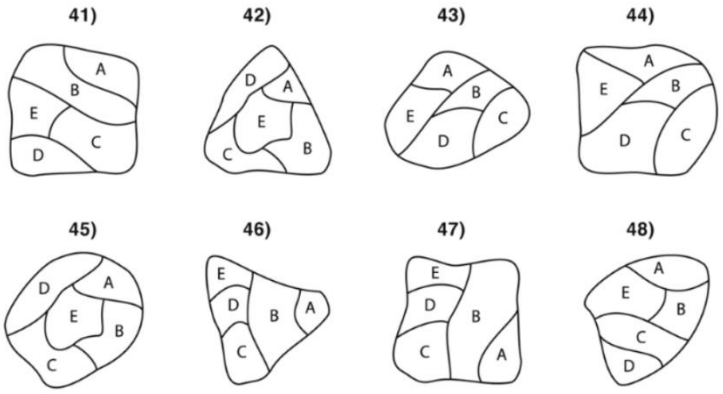


34 * **Welcher Teil von Figur 42 war gefärbt?**

> Achtung! Die Reihenfolge der Figuren kann sich geändert haben.

- ○ A
- ○ B
- ○ C
- ○ D
- ○ E

35



36 * **Welcher Teil von Figur 48 war gefärbt?**

Achtung! Die Reihenfolge der Figuren kann sich geändert haben.

- ○ A
- ○ B
- ○ C
- ○ D
- ○ E

37 * **Sie haben vorhin eine Statistik zu den wertvollsten Marken der Welt gesehen: Welche Marke war auf Platz 4?**

- ○ Apple
- ○ Walmart
- ○ Facebook
- ○ Amazon
- ○ Microsoft
- ○ Samsung Group

38 * **Sie haben vorher eine Statistik zu den wertvollsten Marken der Welt gesehen: Welcher Wert trifft am ehesten auf Huawei zu?**

- ○ 101 Mia. USD
- ○ 75 Mia. USD
- ○ 71 Mia. USD
- ○ 69 Mia. USD
- ○ 65 Mia. USD

39 * **Welcher der folgenden Ozeane gab es in der Karte?**

- ◯ Ram Ocean
- ◯ Widdershins Ocean
- ◯ Turwu Ocean
- ◯ Klatchabu Ocean

40 * **Der kleinste der drei Kontinente auf der Karte befindet sich im Nordwesten.**

- ◯ Richtig
- ◯ Falsch

Schlusstext

Liebe/r Testproband/in

Vielen Dank, dass Sie an meiner Umfrage teilgenommen haben und mir somit aktiv helfen, eine qualitativ hochwertige Maturaarbeit zu schreiben.

Falls Sie Schwierigkeiten hatten, diese Aufgaben zu lösen, möchte ich Ihnen einfach mitteilen, dass dies durch die Meno- /Andropause ein normaler Prozess ist. Sollten Sie an einer Hormontherapie interessiert sein, um dieser Entwicklung etwas entgegenzuwirken, kontaktieren Sie ihre/n Ärztin/Arzt, um sich professionell beraten zu lassen.

Ich wünsche Ihnen alles Gute!

Shakina Mona

Die Resultate (Tabelle)

	Alter	letzte Periode, falls unregelmässig (in Monaten)
Lösungen	/	/
Gruppe 1 (Frauen 20 - 30 Jahre)		
Probandin 1J	23	/
Probandin 2J	26	/
Probandin 3J	20	/
Probandin 4J	22	/
Probandin 5J	29	/
Probandin 6J	26	/
Probandin 7J	24	/
Probandin 8J	20	/
Probandin 9J	21	/
Standartabweichung	2.910178	
Gruppe 2 (Frauen von 45 - 55 Jahre)		
Probandin 1A	50	7 (keine Zeitangabe)
Probandin 2A	54	3 (keine Zeitangabe)
Probandin 3A	54	36 Monate
Probandin 4A	51	18 Monate
Probandin 5A	54	10 Monate
Probandin 6A	51	120 Monate
Probandin 7A	49	/
Probandin 8A	47	/
Probandin 9A	52	27 Monate
Standartabweichung	2.3094011	
Gruppe 3 (Männer von 20 - 30)		
Proband 1J	28	/
Proband 2J	27	/
Proband 3J	30	/
Proband 4J	25	/
Standartabweichung	1.8027756	
Gruppe 4 (Männer von 45 - 55)		
Proband 1A	54	/
Proband 2A	53	/
Proband 3A	48	/
Proband 4A	51	/
Standartabweichung	2.2912878	

Hormontherapien	Schwangerschaftswoche	Hauptstadt Australien
/	/	Canbarra
/	/	1
/	/	1
/	/	1
/	/	1
/	/	0
/	/	1
/	/	1
/	/	1
/	/	1
Ostradiol-Gel, Progesteron-Kapsel	/	1
Ostradiol-Gel	/	0
Ostradiol-Gel	/	0
/	/	0
pflanzliche östrogenhaltige Mittel, seit über drei Monaten nicht mehr	/	0
/	/	0
/	/	1
/	/	0
Ostradiol-Gel	/	0
/	X	1
/	X	1
/	X	1
/	X	1
/	X	1
/	X	1
/	X	1
/	X	1

deutscher Bundespräsident	beste Uni	Geburtsort Mozart	Landessprache Kongo	Frau Nielsen UBS
Frank-Walter Steinmeier	MIT	Salzburg	Französisch	FALSCH
1	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	0	0	1	1
1	0	1	1	1
0	1	1	1	1
1	0	0	1	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	1	1	0	1
0	1	0	1	1
0	0	1	1	1
0	0	1	1	1
0	0	1	1	1
0	0	1	0	1
0	0	0	0	1
0	0	1	1	1
1	0	1	1	1
0	0	1	1	1
1	0	1	1	1
1	0	1	1	1
0	1	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	1	1	1
1	0	1	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1

Nachname Luisas Ehemann ist Greco	Tobias Hunderasse	Teigwaren
FALSCH	Rottweiler	Dinkel
1	1	1
1	1	1
1	1	0
1	1	1
1	1	0
1	1	1
1	1	0
1	1	1
1	1	0
1	1	1
1	1	0
1	1	0
1	1	1
1	1	1
0	1	1
0	0	0
1	1	1
0	1	1
1	1	1
0	1	1
1	1	1
1	1	1
1	1	1
1	1	1
1	1	1
1	1	0

09:00 Reisebeginn	RICHTIGE Reiseelemente (	Zuglinie	1 Mia. Euro Investition	Autorin
FALSCH	2/5 Gate 56, Audi	S27	SAP	Nelly Keusch
1	2	1	1	1
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
1	-1	0	0	0
1	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	1	0
0	0	0	0	1
1	2	1	1	1
1	-1	1	0	0
1	-1	1	0	0
0	2	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	1	0	1
1	-1	0	0	0
0	2	1	0	1
1	0	1	0	1
1	0	0	0	0
0	1	0	0	0
1	0	1	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	0
1	0	0	0	0
0	1	0	1	0
1	1	0	0	0

Art von Jobs	Figur 42	Figur 48	Firma Nr. 4	Wert Huawei	Name Ozean
"white-collar jobs"	C	C	Microsoft	71 Mia. USD	Widdershins Ocean
1	1	1	0	1	0
1	1	0	0	1	1
1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0
1	1	0	1	1	1
1	0	0	0	1	0
1	0	1	0	1	0
1	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	0
1	1	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0
1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0

Ort kleinster Kontinent ist NW	Beruf / Ausbildung
FALSCH	/
0	Masterstudium in Banking & Finance, Customer Support
1	Mitarbeiterin Administration
0	HR Service Managerin
1	Projektleitung
1	Primarschullehrerin
0	PhD in Geographie
0	Bankangestellte
1	Bachelorstudium in BWL, Tänzerin
0	/
1	Sachbearbeiterin
1	Sal (Schule für Angewandte Linguistik)
1	Sales Director
0	Bankangestellte
1	Supervisior
0	FaBe Kinder
1	Selbstständig
1	Planung Nasszellen, Buchhaltung, Administration, selbstständig
1	Kaufmännische Angestellte
1	Projektleiter Digitalisierung Immobilien
0	Key Account Manager
1	Relationship Manager, Finanzbereich
1	Bankangestellter
0	Kundenberater, kaufmännischer Angestellter
0	/
0	selbstständig mit eigener Firma
1	Versicherungsvertreter

höchste Ausbildung	Freizeitbeschäftigungen
/	/
Bachelor	Lesen, Rätselaufgaben, Ausdauersport, Kraftsport
EFZ	Lesen, Kraftsport
Kaufmännische Lehre mit BMS	Lesen
Technische Kauffrau	Ausdauersport, Kraftsport
Lehramtsstudium	Lesen, Ausdauersport
Master	Lesen, Schach
Lehrabschluss	Ausdauersport, Kraftsport
Matura	Kraftsport, Tanzen
/	/
Schauspielerin	Lesen
/	/
Fachausbildung	Lesen, Puzzle, Musizieren
Kaufmännische Lehre	Hundespaziergänge
Studium	Lesen, Ausdauersport
Sozial Animation	Lesen, Ausdauersport, Kraftsport
Matura	Lesen, Ausdauersport, Kraftsport
Lehrabschluss EFZ	Motorrad fahren, Lesen, Kraftsport
Lehrabschluss	Lesen
Bachelor of Science in Betriebsökonomie	Ausdauersport
Diplomierter Betriebswirtschaftler HF	Tennis
Nachdiplomstudium	Lesen, Karftsport, Ausdauersport
Master	Kraftsport, Zeit mit Freunden

Zeit zum Ausfüllen des Fragebogens	Durchschnitt Zeit zum Ausfüllen des Fragebogens
19.5	
15.53	
13.1	
9.18	
16.02	
14.47	
12.85	
15.13	
11.68	14.16 min (14 min 10 s)
Standartabweichung	2.762437642
17.16	
18.42	
18.07	
10.9	
5.85	
9.13	
6	
10.73	
12.16	12.05 min (12 min 03 s)
Standartabweichung	4.589543671
13.45	
14.77	
8	
11.83	12.01 min (12 min 01 s)
Standartabweichung	2.539865892

Punkte total	Punkte ohne Zusatzaufgaben	Durchschnitt Punkte total
22	19	
19	16	
9	7	
14	10	
16	13	
20	17	
13	11	
17	15	
12	9	15.77
3.93778781	3.80058475	Standartabweichung
21	18	
11	9	
11	9	
15	13	
12	11	
10	10	
6	3	
17	14	
12	10	12.77
4.103596736	3.880944266	Standartabweichung
15	11	
12	8	
16	14	
15	12	14.5
1.5	2.165063509	Standartabweichung

Durchschnitt Punkte ohne Zusatzaufgaben	Differenz total (jung > alt)	Differenz ohne Zusatzpunkte (jung > alt)
13		
10.77	3	2.23
11.25		