

**FOOD MANAGEMENT PUBLICATION SERIES**

# RESEARCH PAPER #7

Personalized Nutrition and Smart Wearables  
for Menopause Management

*Personalisierte Ernährung und intelligente Wearables  
für das Management der Wechseljahre*



□ Baden-Wuerttemberg Corporate State University (Publisher)

*Duale Hochschule Baden-Württemberg (Herausgeber)*

Authors *Autorinnen*

Chenhui Wang, Kathrin Friedrichs and Katja Lotz

# Personalized Nutrition and Smart Wearables for Menopause Management

*Personalisierte Ernährung und intelligente Wearables  
für das Management der Wechseljahre*

**Authors: Chenhui Wang, Kathrin Friedrichs and Katja Lotz**

Heilbronn 2024, Baden-Wuerttemberg Corporate State University

*Heilbronn 2024, Duale Hochschule Baden-Württemberg*

Graphic design: Cathrina Priem-Sroder

*Layout und graphische Gestaltung: Cathrina Priem-Sroder*

Cover and back cover photo credits: AdobeStock\_605112800, modified

*Bildnachweis Titel- und Rückblatt: AdobeStock\_605112800, modifiziert*



## Abstract

Menopause marks a significant phase in a woman's life, characterized by a myriad of psychological and physiological transformations. The spectrum of symptoms associated with this transition can vary widely among individuals, potentially impacting a woman's quality of life profoundly.

An array of management strategies has been explored, as the transition through menopause also presents a critical window for implementing preventive measures against long-term post-menopausal health conditions. Nutrition plays a pivotal role in this context, yet there is no universally recommended diet for menopausal women. Given the highly individualized nature of the menopausal experience, characterized by diverse symptomatology and varying degrees of impact on quality of life, a one-size-fits-all approach is impractical, which highlights the potential and necessity of a personalized nutrition strategy tailored to individual needs and circumstances.

Wearable devices equipped with advanced sensors offer new avenues for both commercial applications and research innovations. These innovations promise a more personalized approach to health management by enabling real-time insights into an individual's overall well-being. The integration of digital health technologies into personalized nutrition for menopause management presents a significant opportunity in the related field. Commercial smart wearables, integrating various sensors, have already begun to transform health monitoring. Yet, the specific application to menopause management and personalized nutrition remains under-explored, signaling a significant opportunity for future research to harness these technologies for improving the quality of life among menopausal women through data-driven, tailored dietary and lifestyle interventions.

Following the analysis of the research and development progress in the related fields, a study is proposed conducted in Heilbronn, Germany, delves into this concept by integrating smart wearable technologies with personalized nutrition to offer a novel approach to menopause management. Through an observational study, the first phase aims to

## Zusammenfassung

Die Wechseljahre sind eine wichtige Phase im Leben einer Frau, die durch eine Vielzahl von psychologischen und physiologischen Veränderungen gekennzeichnet ist. Das Spektrum der mit diesem Übergang verbundenen Symptome kann von Person zu Person sehr unterschiedlich sein und die Lebensqualität einer Frau stark beeinträchtigen.

Es wurden eine Reihe von Behandlungsstrategien gesichtet, da der Übergang in die Wechseljahre auch ein kritisches Zeitfenster für die Umsetzung von Präventivmaßnahmen gegen langfristige postmenopausale Gesundheitsstörungen darstellt. Die Ernährung spielt in diesem Zusammenhang eine zentrale Rolle, doch gibt es keine allgemeinen Ernährungsempfehlungen für Frauen in den Wechseljahren. Angesichts der hochgradig individuellen Natur der Wechseljahre, die durch eine vielfältige Symptomatik und unterschiedlich starke Auswirkungen auf die Lebensqualität gekennzeichnet sind, ist ein „one-size fits all“ Ansatz nicht geeignet, was das Potenzial und die Notwendigkeit einer personalisierten, auf die individuellen Bedürfnisse und Umstände zugeschnittenen Ernährungsstrategie unterstreicht.

Wearables, ausgestattet mit fortschrittlichen Sensoren, bieten neue Möglichkeiten sowohl für kommerzielle Anwendungen als auch für Forschungsinnovationen. Diese Innovationen versprechen einen stärker personalisierten Ansatz für das Gesundheitsmanagement, indem sie in Echtzeit Einblicke in das allgemeine Wohlbefinden des Einzelnen ermöglichen. Die Integration digitaler Gesundheitstechnologien in die personalisierte Ernährung zur Bewältigung der Menopause stellt eine große Chance in diesem Bereich dar. Die Gesundheitsüberwachung wird bereits durch kommerzielle Smart Wearables verändert, in die verschiedene Sensoren integriert sind. Die spezifische Anwendung zum Management der Wechseljahre sowie der personalisierten Ernährung ist jedoch noch nicht ausreichend erforscht; diese Technologien zu nutzen, um die Lebensqualität von Frauen in den Wechseljahren durch datengestützte, personalisierte Ernährungs- und Lebensstilinterventionen zu verbessern, stellt eine bedeutende Möglichkeit für zukünftige Forschung dar.

Im Anschluss an die Analyse der Forschungs- und Entwicklungsfortschritte in den entsprechenden Bereichen wird eine Studie vorgeschlagen die in Heilbronn durchgeführt werden soll. Sie soll sich mit dem Konzept befassen, indem sie intelligente, tragbare Technologien mit personalisierter Ernährung kombiniert, um einen neuartigen Ansatz für das Management der Wechseljahre zu bieten. Im Rahmen einer Beobachtungsstudie sollen in der ers-

gather extensive datasets encompassing menopause quality of life questionnaires, food intake tracking, biomarkers, and smart device data. The subsequent intervention phase will be built on these insights to implement and monitor targeted nutritional interventions, assessing their impact on quality of life and symptom management.

This research work will underscore a paradigm shift towards personalized, data-driven strategies for managing menopause through nutrition intervention. By harnessing the power of smart technologies and personalized nutrition, the study not only aims to enhance the quality of life for menopausal women but also to pioneer a more nuanced understanding and approach to menopause management.

*ten Phase umfangreiche Datensätze gesammelt werden, die sowohl Fragebögen zur Lebensqualität in den Wechseljahren, Monitoring der Nahrungsaufnahme, sowie Biomarker und Daten von Smart Devices umfassen. Die anschließende Interventionsphase wird auf diesen Erkenntnissen aufbauen, um gezielte Ernährungsmaßnahmen durchzuführen und zu überwachen und ihre Auswirkungen auf die Lebensqualität und das Symptommanagement zu bewerten.*

*Diese Forschungsarbeit wird einen Paradigmenwechsel hin zu personalisierten, datengesteuerten Strategien für das Management der Menopause durch Ernährungseingriffe unterstreichen. Durch die Nutzung intelligenter Technologien und personalisierter Ernährung zielt die Studie nicht nur darauf ab, die Lebensqualität von Frauen in den Wechseljahren zu verbessern, sondern auch auf ein differenzierteres Verständnis und einen differenzierteren Ansatz für das Management der Wechseljahre.*





<b>3. Nutrition and selected nutrients during the menopause – Literature analysis</b>	
<b><i>Ernährung und ausgewählte Nährstoffe in der Menopause – Literaturanalyse</i></b>	<b>30</b>
3.1 Effectiveness of special dietary patterns <i>Effektivität spezieller Ernährungsmustern</i>	30
3.1.1 Mediterranean diet <i>Mediterrane Ernährung</i>	30
3.1.2 Low-fat diet <i>Fettarme Ernährung</i>	32
3.1.3 Other food patterns <i>Andere Ernährungsmuster</i>	32
3.2 Evidence for dietary supplements and related foods <i>Evidenz für Nahrungs- ergänzungsmittel und verwandte Lebensmittel</i>	33
3.2.1 Vitamins and minerals <i>Vitamine und Mineralstoffe</i>	33
3.2.2 Omega-3 fatty acids <i>Omega-3-Fettsäuren</i>	34
3.2.3 Phytoestrogens <i>Phytoöstrogene</i>	36
3.3 Role of personalized nutrition <i>Die Rolle der personalisierten Ernährung</i>	41
3.4 Interim summary <i>Zwischenfazit</i>	42
<b>4. Integration of digital health technologies in health management <i>Integration von digitalen Gesundheitstechnologien in das Gesundheitsmanagement</i></b>	<b>44</b>
4.1 Research innovation of wearable sensors for biochemical monitoring <i>Forschungs- innovation für tragbare Sensoren zur biochemischen Überwachung</i>	44
4.2 Commercial smart wearables for personal health <i>Kommerzielle intelligente Wearables für die persönliche Gesundheit</i>	47
4.3 Health-related studies using commercial smart wearables <i>Gesundheitsbezogene Studien unter Verwendung kommerzieller intelligenter Wearables</i>	49
4.4 Data-driven technologies for digital health innovations <i>Datengesteuerte Techno- logien für digitale Gesundheitsinnovationen</i>	51
4.5 Current running clinical studies within the topic of menopause with the scope of diet/nutrition or digital intervention <i>Laufende klinische Studien zum Thema Menopause mit den Schwerpunkten Diät/Ernährung oder digitale Intervention</i>	54
<b>5. Outlook <i>Ausblick</i></b>	<b>56</b>
5.1 Personalized nutrition and smart devices for menopause management <i>Personalisierte Ernährung und intelligente Geräte für das Management der Menopause</i>	56
5.2 Research possibilities in Heilbronn <i>Forschungsmöglichkeiten in Heilbronn</i>	58
5.3 Potential social influences <i>Mögliche soziale Einflüsse</i>	61
<b>6. Conclusion <i>Schlussfolgerung</i></b>	<b>62</b>
<b>Bibliography <i>Literaturverzeichnis</i></b>	<b>63</b>
<b>Authors <i>Autorinnen</i></b>	<b>73</b>
<b>Contact details <i>Kontakt</i></b>	<b>74</b>



## List of abbreviations *Abkürzungsverzeichnis*

ACC	Accelerometer <i>Beschleunigungsmesser</i>
AI	Artificial intelligence <i>Künstliche Intelligenz (KI)</i>
ALA	Alpha-linoleic acid <i>Alpha-Linolensäure</i>
BIA	Bioelectrical Impedance Analysis <i>Bioelektrische Impedanzanalyse</i>
BVP	Blood Volume Pulse <i>Blutvolumen-Puls</i>
CNN	Convolutional Neural Network <i>Faltungsneuronales Netzwerk</i>
CRP	C-reactive Protein <i>C-reaktives Protein</i>
DEXA	Dual-energy X-ray absorptiometry <i>Dual-Energy-Röntgenabsorptiometrie</i>
DHA	Docosahexaenoic acid <i>Docosahexaensäure</i>
DHBW	Baden-Württemberg State University <i>Duale Hochschule Baden-Württemberg</i>
ECG	Electrocardiogram <i>Elektrokardiogramm (EKG)</i>
EDA	Electrodermal Activity <i>Elektrodermale Aktivität</i>
EEG	Electroencephalogram <i>Elektroenzephalogramm</i>
EMAS	European Menopause and Andropause Society <i>Europäische Gesellschaft für Menopause und Andropause</i>
EPA	Eicosapentaenoic acid <i>Eicosapentaensäure</i>
EU	European Union <i>Europäische Union</i>
Fig	Figure <i>Abbildung (Abb)</i>
GSM	Genitourinary Syndrome of Menopause <i>Urogenitales Menopausensyndrom</i>
GSR	Galvanic Skin Response <i>Sensor für die galvanische Hautreaktion</i>
HR	Heart rate <i>Herzfrequenz/Herzfrequenzmonitore</i>
HRT	Hormone replacement therapy <i>Hormonersatztherapie</i>
HRV	Heart rate variability <i>Herzfrequenzvariabilität</i>
IgA	Immunoglobulin A <i>Immunglobulin A</i>
IL-6	Interleukin-6 <i>Interleukin-6</i>
IU	International unit <i>Internationale Einheit (IE)</i>
kcal	Kilocalories <i>Kilokalorien</i>
MD	Mediterranean Diet <i>Mittelmeerdiet</i>
MENQOL	Menopause-Specific Quality of Life <i>Fragebogen zur menopausenspezifischen Lebensqualität</i>
mg	Milligram <i>Milligramm</i>
MRS	Menopause Rating Scale <i>Menopause-Bewertungsskala</i>
MSE	Mean squared error <i>Mittlerer quadratischer Fehler</i>

PCA	Principal Component Analysis <i>Hauptkomponentenanalyse</i>
PPG	Photoplethysmography <i>Photoplethysmographie</i>
QoL	Quality of life <i>Lebensqualität</i>
ResNet	Deep Residual Network <i>Neuronale Restnetzwerke</i>
ROC-AUC	Area under Receiver Operating Characteristic Curve <i>Fläche unter Receiver-Operating-Characteristic-Kurve</i>
SpO <sub>2</sub>	Oxygen saturation <i>Sauerstoffsättigung</i>
STRAW	Stages of Reproductive Aging Workshop <i>Feststehender Name eines Workshops zur reproduktiven Alterung</i>
SWAN	Study of Women's Health Across the Nation <i>Feststehender Name einer Studie zur Gesundheit von Frauen in den mittleren Jahren</i>
THC	Tetrahydrocannabinol <i>Tetrahydrocannabinol</i>
VMS	Vasomotor Symptoms <i>Vasomotorische Symptome</i>



## List of figures *Abbildungsverzeichnis*

Figure 1: Impact of VMS caused by the menopause in Europe 2020 <i>Abbildung 1: Auswirkungen von VMS durch die Wechseljahre in Europa 2020</i> .....	13
Figure 2: Average out-of-pocket costs for treating menopause symptoms in selected European countries as of 2020 (in euro) <i>Abbildung 2: Durchschnittliche nicht erstattungsfähige Kosten für die Behandlung von Wechseljahrsbeschwerden in ausgewählten europäischen Ländern ab 2020 (in Euro)</i> .....	23
Figure 3: Lifestyle changes to cope with menopause symptoms in Europe 2020 <i>Abbildung 3: Änderungen des Lebensstils zur Bewältigung von Wechseljahrsbeschwerden in Europa</i> .....	25
Figure 4: Integration between smart wearables and health-related research <i>Abbildung 4: Integration von Smart Wearables in gesundheitsbezogene Forschung</i> .....	28
Figure 5: Summary of menopausal symptoms and menopause management options with opportunities and limitations (compiled by the author) <i>Abbildung 5: Übersicht über Wechseljahrsbeschwerden und Managementoptionen für die Wechseljahre mit Chancen und Grenzen (eigene Darstellung)</i> .....	30
Figure 6: Chemical structures of major omega-3 fatty acids <i>Abbildung 6: Chemische Strukturen der wichtigsten Omega-3-Fettsäuren</i> .....	35
Figure 7: Chemical structures of the major phytoestrogens associated with menopause beneficial effects <i>Abbildung 7: Chemische Strukturen der wichtigsten Phytoöstrogene, die mit den positiven Auswirkungen der Menopause in Verbindung gebracht werden</i> .....	37
Figure 8: Transformation of isoflavones by metabolic actions of gastrointestinal enzymes <i>Abbildung 8: Umwandlung von Isoflavonen durch metabolische Wirkungen von gastrointestinalen Enzymen</i> ....	39
Figure 9: The shell model of personalized nutrition considering the degree of individualization <i>Abbildung 9: Das Schalenmodell der personalisierten Ernährung unter Berücksichtigung des Individualisierungsgrades</i> .....	41
Figure 10: Procedures for the analysis of data collected by wearable sensors <i>Abbildung 10: Verfahren für die Analyse der von tragbaren Sensoren erfassten Daten</i> .....	51
Figure 11: Intervention type (left) and indication area (right) of current running clinical studies within the topic of menopause <i>Abbildung 11: Interventionsart (links) und Indikationsgebiet (rechts) der derzeit laufenden klinischen Studien zum Thema Wechseljahre</i> .....	54
Figure 12: Digital personalized nutrition for menopause management <i>Abbildung 12: Digitale personalisierte Ernährung für das Management der Wechseljahre</i> .....	58
Figure 13: Use of wearables to measure quality of life in association with nutritional factors <i>Abbildung 13: Nutzung von Wearables zur Messung der Lebensqualität in Verbindung mit Ernährungsfaktoren</i> .....	61

## List of tables *Tabellenverzeichnis*

Table 1: Examples of biomarkers in body fluids measurable by research-based wearable sensors

*Tabelle 1: Beispiele für Biomarker in Körperflüssigkeiten, die mit forschungsbasierten, tragbaren Sensoren gemessen werden können* ..... 45

Table 2: Common physical and bioelectrical parameters measured by commercial smart wearables

*Tabelle 2: Übliche physikalische und bioelektrische Parameter, die von kommerziellen intelligenten Wearables gemessen werden* ..... 47

Table 3: Potential menopause-related conditions monitoring with commercial smart wearable

*Tabelle 3: Potenzielle Wechseljahrsbeschwerden, die mit kommerziellen intelligenten Wearables überwacht werden können* ..... 57

## 1. Background on menopause

### 1.1 Definition, prevalence, and phases

Natural menopause marks the end of women's reproductive life, which is defined as the absence of menstrual cycles for 12 months. Therefore, the time point of menopause can only be diagnosed retrospectively. The age of natural menopause is around the age of 50 years. It is influenced by many factors including genetic, ethnic, and environmental factors as well as diet, exercise levels, smoking status, socioeconomic background, and body mass index (Lobo et al., 2014; Schoenaker et al., 2014). With increasing life expectancy, women are living a third of their lives in menopausal transition and postmenopausal phase (Lobo & Gompel, 2022; Paciuc, 2020).

In contrast to natural menopause, there is also surgical-induced menopause, occurring when both ovaries have to be removed surgically due to an underlying disease (Lobo and Gompel, 2022). In 2021 an estimated 1.02 billion women were postmenopausal globally. With the aging of the population, it is estimated that worldwide 1.2 billion women will be menopausal by the year 2030, with an anticipated increase to 1.65 billion menopausal women by 2050 (Dunneram et al., 2019; Duralde et al., 2023).

The Stages of Reproductive Aging Workshop (STRAW) criteria provide a framework for the different phases of menopause. It presents a staging system based on menstrual bleeding patterns and hormonal status derived from international studies and is agreed upon by investigators in the field (Santoro et al., 2021). According to the STRAW criteria, the menopause transition is divided into several key stages (Harlow et al., 2012).

#### Menopausal transition – Perimenopause

Late Reproductive Stage (-3): This stage precedes the onset of any menopausal transition symptoms but may include subtle changes in menstrual cycle length and hormonal fluctuations that could hint at the beginning of the transition. Early Menopausal Transition (-2): The first signs of the menopausal transition begin to appear, characterized by increased variability in menstrual cycle length. A woman is

## Hintergrund zur Menopause

### Definition, Prävalenz und Phasen

*Die natürliche Menopause markiert das Ende des reproduktiven Lebens der Frau und ist definiert als das Ausbleiben der Menstruation für 12 Monate. Daher kann der Zeitpunkt der Menopause nur rückwirkend diagnostiziert werden. Das Alter der natürlichen Menopause liegt bei etwa 50 Jahren. Es wird von vielen Faktoren beeinflusst, darunter genetische, ethnische und umweltbedingte Faktoren sowie Ernährung, Aktivitätslevel, Raucherstatus, sozioökonomischer Hintergrund und Body-Mass-Index (Lobo et al., 2014; Schoenaker et al., 2014). Mit der allgemein steigenden Lebenserwartung verbringen Frauen ein Drittel ihres Lebens in den Wechseljahren und in der postmenopausalen Phase (Lobo & Gompel, 2022; Paciuc, 2020).*

*Im Gegensatz zur natürlichen Menopause gibt es auch die chirurgisch induzierte Menopause, die eintritt, wenn beide Eierstöcke aufgrund einer Grunderkrankung chirurgisch entfernt werden müssen (Lobo & Gompel, 2022). Im Jahr 2021 waren schätzungsweise 1,02 Milliarden Frauen weltweit in der postmenopausalen Phase. Angesichts der Alterung der Bevölkerung wird geschätzt, dass bis zum Jahr 2030 weltweit 1,2 Milliarden Frauen in den Wechseljahren sein werden, mit einem voraussichtlichen Anstieg auf 1,65 Milliarden menopausaler Frauen im Jahr 2050 (Dunneram et al., 2019; Duralde et al., 2023).*

*Die Kriterien des Stages of Reproductive Aging Workshop (STRAW) bieten einen Rahmen für die verschiedenen Phasen der Menopause. Sie stellen ein Stufensystem dar, das auf Mustern der Menstruationsblutung und dem Hormonstatus basiert, die aus internationalen Studien abgeleitet wurden, und auf das sich die Forscher auf diesem Gebiet geeinigt haben (Santoro et al., 2021). Nach den STRAW-Kriterien wird der Übergang zur Menopause in mehrere Schlüsselphasen unterteilt (Harlow et al., 2012).*

#### Übergang in die Wechseljahre – Perimenopause

*Spätreproduktives Stadium (-3): Diese Phase geht dem Auftreten von Wechseljahrsbeschwerden voraus, kann aber subtile Veränderungen in der Länge des Menstruationszyklus und Hormonschwankungen beinhalten, die auf den Beginn des Übergangs hindeuten könnten. Früher Übergang in die Wechseljahre (-2): Die ersten Anzeichen des Übergangs in die Wechseljahre treten auf und sind durch eine größere Variabilität der Zykluslänge gekennzeichnet. Eine Frau befindet*

considered to be in this stage if she experiences a difference of more than seven days in the length of her menstrual cycles. Late Menopausal Transition (-1): Marked by more significant changes in menstrual cycles, including at least two missed periods and intervals of amenorrhea (no menstruation) of 60 days or more. This phase is seen as a window of opportunity to influence the risk of major chronic diseases like cardiovascular disease, cancer, dementia, and osteoporosis that occur in women in the postmenopausal phase (Lobo & Gompel, 2022).

## Menopause

The menopausal transition ends with the final menstrual period. This time point is the actual menopause and can only be diagnosed retrospectively after a woman has experienced 12 consecutive months without a menstrual period, determining the end of the menopausal transition (Santoro et al., 2021).

## Post menopause

Early Post menopause (+1): The early postmenopausal phase is characterized by continued symptoms such as hot flashes and changes in vaginal health due to decreased estrogen levels. Late Post menopause (+2): Occurs several years after menopause. During this stage, the symptoms of menopause may lessen or disappear, although long-term effects of lower estrogen levels, such as increased risk for osteoporosis and cardiovascular disease, remain.

## 1.2. Menopause symptoms

### 1.2.1 Vasomotor symptoms (VMS)

Vasomotor symptoms, such as hot flashes and night sweats, are frequently reported and highly bothersome among Caucasian women experiencing menopause and are the classic cluster affecting about 80% of peri- and postmenopausal women. These symptoms vary in severity and frequency, affecting the quality of life for many women. Vasomotor symptoms can lead to sleep disturbances, fatigue, and mood changes, significantly impairing day-to-day functioning (Paciuc, 2020; Santoro, 2016; Talaulikar, 2022).

*sich in diesem Stadium, wenn die Länge ihrer Menstruationszyklen um mehr als sieben Tage variiert. Später Übergang in die Wechseljahre (-1): Gekennzeichnet durch stärkere Veränderungen der Menstruationszyklen, einschließlich mindestens zweier ausbleibender Perioden und Intervallen der Amenorrhoe (ausbleibende Menstruation) von 60 Tagen oder mehr. Dieser Übergang in die Wechseljahre gilt als Chance, das Risiko für schwere chronische Krankheiten wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Krebs, Demenz und Osteoporose zu beeinflussen, die bei Frauen postmenopausal auftreten können (Lobo & Gompel, 2022).*

## Menopause

*Der Übergang in die Wechseljahre endet mit der letzten Menstruationsblutung. Dieser Zeitpunkt ist die eigentliche Menopause und kann erst rückwirkend diagnostiziert werden, nachdem eine Frau 12 aufeinander folgende Monate ohne Menstruation verbracht hat, wodurch das Ende des Übergangs in die Wechseljahre bestimmt wird (Santoro et al., 2021).*

## Postmenopause

*Frühe Postmenopause (+1): Die frühe postmenopausale Phase ist gekennzeichnet durch anhaltende Symptome wie Hitzewallungen und Veränderungen der vaginalen Gesundheit aufgrund des sinkenden Östrogenspiegels. Späte Postmenopause (+2): Tritt mehrere Jahre nach der Menopause ein. In dieser Phase können die Symptome der Menopause nachlassen oder verschwinden, obwohl die langfristigen Auswirkungen des niedrigeren Östrogenspiegels, wie ein erhöhtes Risiko für Osteoporose und Herz-Kreislauf-Erkrankungen, bestehen bleiben.*

## Symptome der Menopause

### Vasomotorische Symptome

*Vasomotorische Symptome wie Hitzewallungen und nächtliche Schweißausbrüche werden von kaukasischen Frauen in den Wechseljahren häufig berichtet und werden als sehr belastend empfunden. Etwa 80 % der Frauen in der Peri- und Postmenopause leiden unter dieser klassischen Symptomkombination. Diese Symptome variieren in Schwere und Häufigkeit und beeinträchtigen die Lebensqualität vieler Frauen. Vasomotorische Symptome können zu Schlafstörungen, Müdigkeit und Stimmungsschwankungen führen und das tägliche Leben erheblich beeinträchtigen (Paciuc, 2020; Santoro, 2016; Talaulikar, 2022).*

The graph below shows results from a survey carried out in five European countries in 2020, on the impact of vasomotor symptoms on different life aspects. Vasomotor symptoms have the most impact on sleep.

Die nachstehende Grafik zeigt die Ergebnisse einer in fünf europäischen Ländern im Jahr 2020 durchgeführten Umfrage zu den Auswirkungen vasomotorischer Symptome auf verschiedene Lebensbereiche. Vasomotorische Symptome haben die größten Auswirkungen auf den Schlaf.

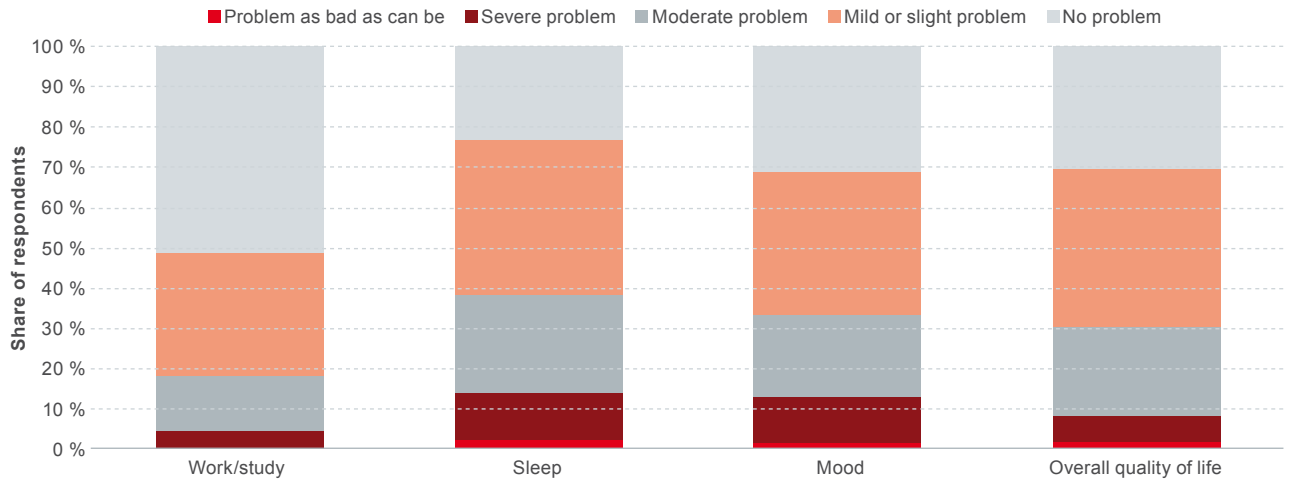


Figure 1: Impact of VMS caused by the menopause in Europe 2020; (Stute et al., 2022, adapted)  
 Abbildung 1: Auswirkungen von VMS durch die Wechseljahre in Europa 2020; (Stute et al., 2022, abgewandelt)

Vasomotor symptoms are most frequently experienced in the late perimenopausal phase and early postmenopausal phase. Most women report these symptoms in a timeframe of 1 – 6 years, but for some women they may persist for 10 - 15 years (Du, 2023; Santoro, 2016; Talaulikar, 2022). The altered thermoregulation is associated with the response to decreasing estrogen levels leading to changes in hypothalamic neurotransmitters such as serotonin and noradrenaline (Monteleone et al., 2018). This sensitivity in the hypothalamus affects various bodily functions such as appetite, sleep cycles, and body temperature regulation (Talaulikar, 2022).

Vasomotorische Symptome treten am häufigsten in der späten perimenopausalen Phase und der frühen postmenopausalen Phase auf. Die meisten Frauen berichten über diese Symptome in einem Zeitraum von 1 bis 6 Jahren, aber bei einigen Frauen können sie 10 bis 15 Jahre anhalten (Du, 2023; Santoro, 2016; Talaulikar, 2022). Die veränderte Thermoregulation steht im Zusammenhang mit der Reaktion auf den sinkenden Östrogenspiegel, der zu Veränderungen bei hypothalamischen Neurotransmittern wie Serotonin und Noradrenalin führt (Monteleone et al., 2018). Diese Empfindlichkeit im Hypothalamus beeinflusst verschiedene Körperfunktionen wie Appetit, Schlafzyklen und die Regulierung der Körpertemperatur (Talaulikar, 2022).

Factors that influence the occurrence of hot flashes are among others ethnic variations, individual physiological differences, genetic predisposition, and high intake of soy products. Smoking, obesity, and physical inactivity may exacerbate hot flashes (Talaulikar, 2022). Apart from their bother, hot flashes may have implications for a woman's health beyond the menopause transition. Not only are they an impairment to quality of life, but they also contribute to sleep and mood disturbances and are connected to a higher risk for cardiovascular diseases (Santoro, 2016).

Faktoren, die das Auftreten von Hitzewallungen beeinflussen, sind unter anderem ethnische Unterschiede, individuelle physiologische Unterschiede, genetische Veranlagung und ein hoher Verzehr von Sojaprodukten. Rauchen, Fettleibigkeit und Bewegungsmangel können Hitzewallungen verschlimmern (Talaulikar, 2022). Hitzewallungen sind nicht nur belastend, sondern können auch über die Wechseljahre hinaus Auswirkungen auf die Gesundheit der Frau haben. Sie beeinträchtigen nicht nur die Lebensqualität, sondern tragen auch zu Schlafstörungen und Stimmungsschwankungen bei und sind mit einem höheren Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen verbunden (Santoro, 2016).

### 1.2.2 Sleep disturbances

Sleep disorders are also common symptoms of menopause, including difficulties falling asleep, frequent awakenings, and early morning awakening (Lee et al., 2019). It is unclear if they directly result from hormonal changes or if they are rather a symptom of the aging process itself. However, research suggests that only a small proportion of women directly experience sleep difficulties due to hormonal decline (Santoro et al., 2021).

Whereas other studies indicate that menopause-associated sleep disturbances occur independently of age and may not entirely be explained by the disturbing vasomotor symptoms (Santoro, 2016). Hot flashes are associated with sleep disturbances, with more severe hot flashes correlating with increased insomnia (Santoro, 2016). Other factors like adverse mood, perceived health, quality of life, arthritis, and metabolic syndrome also show to affect sleep quality (Santoro, 2016).

### 1.2.3 Genitourinary symptoms

Due to estrogen deprivation, the vaginal walls become thin and dry. As a result, vaginal and bladder symptoms occur, including for example burning sensation, irritation and inflammation, painful sexual intercourse, increased urinary urgency and frequency and incontinence. Together these symptoms are called genitourinary syndrome of menopause (GSM) (Jin, 2017; Santoro, 2016; Santoro et al., 2021).

These symptoms rather occur in the later stages of the perimenopause or postmenopausal phase, in about 50% of postmenopausal women, and it negatively affects quality of life (Paciuc, 2020).

### 1.2.4 Psychological and cognitive symptoms

Menopause is associated with a range of psychological symptoms, including loss of confidence, issues with self-identity and body image anxiety, depression, and psychological distress (Alblooshi et al., 2023; Cronin et al., 2021). These symptoms can significantly impact a woman's quality of life, particularly in the workplace (Cronin et al., 2021).

### Schlafstörungen

*Auch Schlafstörungen sind häufige Symptome der Wechseljahre, darunter Einschlafprobleme, häufiges Aufwachen und frühmorgendliches Erwachen (Lee et al., 2019). Es ist unklar, ob sie direkt aus den hormonellen Veränderungen resultieren oder ob sie eher ein Symptom des Alterungsprozesses selbst sind. Die Forschung deutet jedoch darauf hin, dass nur ein kleiner Teil der Frauen direkt von Schlafstörungen aufgrund des Hormonabfalls betroffen ist (Santoro et al., 2021).*

*Andere Studien deuten darauf hin, dass Menopause bedingte Schlafstörungen unabhängig vom Alter auftreten und möglicherweise nicht vollständig durch die störenden vasomotorischen Symptome erklärt werden können (Santoro, 2016). Hitzewallungen sind mit Schlafstörungen verbunden, wobei stärkere Hitzewallungen mit vermehrter Schlaflosigkeit korrelieren (Santoro, 2016). Andere Faktoren wie schlechte Stimmung, wahrgenommener Gesundheitszustand, Lebensqualität, Arthritis und metabolisches Syndrom haben ebenfalls Auswirkungen auf die Schlafqualität (Santoro, 2016).*

### Urogenitale Symptome

*Aufgrund des Östrogenmangels werden die Scheidenwände dünn und trocken. Infolgedessen treten Vaginal- und Blasensymptome auf, wie z. B. Brennen, Reizungen und Entzündungen, Schmerzen beim Geschlechtsverkehr, vermehrter Harndrang und häufiges Wasserlassen sowie Inkontinenz. Zusammen werden diese Symptome als Urogenitales Menopausensyndrom (GSM) bezeichnet (Jin, 2017; Santoro, 2016; Santoro et al., 2021).*

*Diese Symptome treten häufiger in den späteren Stadien der Perimenopause oder in der Postmenopause auf. Sie betreffen etwa 50 % der postmenopausalen Frauen und beeinträchtigen die Lebensqualität (Paciuc, 2020).*

### Psychologische und kognitive Symptome

*Die Wechseljahre werden mit einer Reihe von psychologischen Symptomen assoziiert, darunter Verlust des Selbstvertrauens, Probleme mit der Selbstidentität und dem Körperbild, Ängste, Depressionen und psychische Belastungen (Alblooshi et al., 2023; Cronin et al., 2021). Diese Symptome können die Lebensqualität einer Frau erheblich beeinträchtigen, insbesondere am Arbeitsplatz (Cronin et al., 2021).*

Depressed mood and increased anxiety increase during the transition, with an abrupt rise in prevalence as women approach the later stages of the menopausal transition (Santoro, 2016). Data from the Study of Women's Health Across the Nation (SWAN), a multi-site longitudinal, epidemiologic study, designed to examine the health of women during their middle years, showed associations between poor sleep and hot flashes, anxiety, depressive symptoms, and low estrogen levels (Santoro, 2016).

### 1.2.5 Musculoskeletal symptoms

Menopause correlates with a heightened occurrence of joint discomfort, especially during the perimenopausal and postmenopausal phases. Menopause adversely affects connective tissues, joints, and bone structure, potentially resulting in musculoskeletal issues like joint pain and osteoarthritis, reduction in muscle mass and muscle strength as well as bone density (Fenton & Panay, 2016; Talaulikar, 2022). However, while there seems to be a significant correlation, for the evidence of a direct cause-and-effect relationship between estrogen deficiency and musculoskeletal pain or various forms of arthritis further studies are needed (Watt, 2018).

### 1.2.6 Changes in skin and hair

Human Skin contains estradiol receptors in the dermis and epidermis and is targeted by hormones. The reduction of estrogen during menopause leads to changes in composition depletion of skin thickness, loss of subcutaneous fat, dryness of skin, reduced wound healing, and pruritus. Symptoms regarding hair include changes in the hair cycle leading to reduced growth and density, altered hair quality and structure, and increased bothersome hair growth on the face (Kamp et al., 2022b, 2022a; Zinnat Ara Nasreen, 2020; Zouboulis et al., 2022).

Skin and hair symptoms often receive less attention than other menopausal symptoms despite having a significant negative effect on quality of life (Zouboulis et al., 2022). The visibility of these disorders significantly affects self-esteem and quality of life, due to the com-

*Depressive Verstimmungen und erhöhte Angstzustände nehmen während des Übergangs zu, wobei die Prävalenz abrupt ansteigt, wenn sich die Frauen den späteren Phasen des Übergangs zur Menopause nähern (Santoro, 2016). Daten aus der Study of Women's Health Across the Nation (SWAN), einer epidemiologischen Längsschnittstudie an mehreren Standorten, die die Gesundheit von Frauen in den mittleren Jahren untersuchen sollte, zeigten Zusammenhänge zwischen schlechtem Schlaf und Hitzewallungen, Angstzuständen, depressiven Symptomen und niedrigen Östrogenspiegeln (Santoro, 2016).*

### *Symptome des Bewegungsapparats*

*Die Menopause geht mit einem verstärkten Auftreten von Gelenkbeschwerden einher, insbesondere in der perimenopausalen und postmenopausalen Phase. Die Wechseljahre wirken sich nachteilig auf das Bindegewebe, die Gelenke und die Knochenstruktur aus, was zu muskuloskelettalen Problemen wie Gelenkschmerzen und Arthrose, einer Abnahme der Muskelmasse und Muskelkraft sowie der Knochendichte führen kann (Fenton & Panay, 2016; Talaulikar, 2022). Es scheint zwar ein signifikanter Zusammenhang zu bestehen, jedoch sind für den Nachweis einer direkten Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen Östrogenmangel und muskuloskelettalen Schmerzen oder verschiedenen Formen von Arthritis weitere Studien erforderlich (Watt, 2018).*

### *Veränderungen von Haut und Haaren*

*Die menschliche Haut besitzt Estradiolrezeptoren in der Dermis und Epidermis und wird durch Hormone beeinflusst. Die Verringerung des Östrogenspiegels in der Menopause führt zu Veränderungen in der Zusammensetzung der Haut: Abnahme der Hautdicke, Verlust von subkutanem Fett, Trockenheit der Haut, verminderte Wundheilung und Juckreiz. Zu den Symptomen in Bezug auf Haare gehören Veränderungen im Haarzyklus, die zu vermindertem Wachstum und geringerer Dichte führen, veränderter Haarqualität und -struktur sowie vermehrtem störendem Haarwuchs im Gesicht führen (Kamp et al., 2022b, 2022a; Zinnat Ara Nasreen, 2020; Zouboulis et al., 2022).*

*Haut- und Haarsymptome werden oft weniger Aufmerksamkeit geschenkt als anderen Wechseljahrsbeschwerden, obwohl sie die Lebensqualität erheblich beeinträchtigen (Zouboulis et al., 2022). Die Sichtbarkeit dieser Störungen beeinträchtigt das Selbstwertgefühl und die Lebensqualität erheblich, da Weib-*

mon association of femininity and beauty with hair and skin (Blume-Peytavi et al., 2012).

### 1.2.7 Weight gain and changes in body composition

During the menopausal transition, besides musculoskeletal changes and changes of skin and hair, women often experience weight gain and alterations in body composition, which is characterized by increased fat mass and decreased lean mass, particularly a more abdominal or visceral fat distribution with increased waist circumference (Cerdas Pérez, 2023; Fenton, 2021).

The changes can be associated with a proportional change in circulating estrogen and androgen levels. While estrogen therapy may not fully prevent these changes, further research is needed to understand the pathogenesis of menopausal weight and body composition changes better. Obese and overweight women undergoing menopause often suffer more severe symptoms, whereas weight loss can improve quality of life, and psychological well-being (Fenton, 2021).

### 1.2.8 Asymptomatic changes

#### 1.2.8.1 Metabolic changes

The transition to menopause induces multiple metabolic changes, which can be attributed to hormonal fluctuations. These changes lead to dysregulation of lipid and glucose metabolism and also affect various aspects of energy metabolism together contributing to weight gain (Cerdas Pérez, 2023; Fenton, 2021; Karppinen et al., 2021; Peppia, 2012; Wang et al., 2018).

#### 1.2.8.2 Carbohydrate metabolism

Menopause is associated with significant changes in carbohydrate metabolism, including impaired glucose tolerance, reduced insulin secretion, insulin sensitivity, and activity, leading to an increased risk for type 2 diabetes development or difficulty in diabetes management (Paschou et al., 2019; Stachowiak et al., 2015). Also aging itself and further with menopause asso-

lichkeit und Schönheit häufig mit Haaren und Haut assoziiert werden (Blume-Peytavi et al., 2012).

### Gewichtszunahme und Veränderungen der Körperzusammensetzung

Während des Übergangs in die Wechseljahre kommt es bei Frauen neben muskuloskelettalen Veränderungen und Veränderung von Haut und Haaren häufig zu einer Gewichtszunahme und einer Veränderung der Körperzusammensetzung. Neben einer generellen Zunahme der Fettmasse und eine Abnahme der Magermasse, kommt es insbesondere zu einer stärkeren Ausprägung des Bauch- oder Visceralfetts, mit erhöhtem Taillenumfang (Cerdas Pérez, 2023; Fenton, 2021).

Diese Veränderungen können mit einer proportionalen Veränderung der zirkulierenden Östrogen- und Androgenspiegel zusammenhängen. Eine Östrogentherapie kann allerdings diese Veränderungen nicht vollständig verhindern, so dass weitere Forschungen erforderlich sind, um die Pathogenese der Veränderungen des Gewichts und der Körperzusammensetzung in den Wechseljahren besser zu verstehen. Übergewichtige und fettleibige Frauen in den Wechseljahren leiden häufig unter schwereren Symptomen, während eine Gewichtsabnahme die Lebensqualität und das psychische Wohlbefinden verbessern kann (Fenton, 2021).

### Asymptomatische Veränderungen

#### Stoffwechselveränderungen

Der Übergang in die Wechseljahre führt zu vielfältigen Stoffwechselveränderungen, die auf hormonelle Schwankungen zurückzuführen sind. Diese Veränderungen führen zu einer Dysregulation des Lipid- und Glukosestoffwechsels und wirken sich auch auf verschiedene Aspekte des Energiestoffwechsels aus, die zusammen zu einer Gewichtszunahme beitragen (Cerdas Pérez, 2023; Fenton, 2021; Karppinen et al., 2021; Peppia, 2012; Wang et al., 2018).

#### Kohlenhydrat-Stoffwechsel

Die Menopause geht mit erheblichen Veränderungen im Kohlenhydratstoffwechsel einher, einschließlich einer gestörten Glukosetoleranz, einer verringerten Insulinsekretion, Insulinsensitivität und Aktivität, was zu einem erhöhten Risiko für die Entwicklung eines Typ-2-Diabetes oder zu Schwierigkeiten bei der Diabetesbehandlung führen kann (Paschou et al., 2019; Stachowiak et al., 2015). Auch das Altern selbst und weitere mit der Me-



ciated risk factors including obesity, low physical activity impaired Vitamin D3 metabolism and calcium deficiency lead to an increased risk for diabetes (Stachowiak et al., 2015).

### 1.2.8.3 Lipid metabolism

Next to changes in carbohydrate metabolism also alterations in the blood levels of circulating (apo-) lipoproteins, low- and high-density lipoproteins, and triacylglycerol may occur presenting a proatherogenic picture (Karppinen et al., 2021; Ko & Kim, 2020). High-density lipoproteins are usually considered the "good" lipoprotein compared to low-density lipoproteins, however, the positive features and positive effects of high density lipoproteins are weakened during menopause (El Khoudary et al., 2020).

### 1.2.8.4 Calcium deficiency

Calcium deficiency is a concern in peri- and postmenopausal women, as it enhances bone resorption and the risk of osteoporosis (NAMS, 2006). The bone resorption itself additionally leading to a decreased absorption of calcium from the intestines and the kidneys due to negative feedback to the involved hormones resulting in an altered metabolism (Wawrzyniak & Suliburska, 2021).

Vitamin D plays an important role by promoting the resorption of Calcium from the intestines, a process which is also impaired due to menopause and aging itself (Fleet, 2022). Therefore, there is a strong recommendation to provide adequate calcium intake, along with sufficient vitamin D to maintain bone health in peri- and postmenopausal women (NAMS, 2006). To meet the calcium needs calcium-rich dietary sources should be preferred before supplementation, which should be considered if adequate dietary intake is not possible (Bauer, 2013; Michos et al., 2021).

The effect of additional supplemental in the absence of calcium deficiency on bone health is not clear, thus the intake of calcium supplements has been associated with increased risk for cardiovascular disease, therefore the benefits and risks must be considered carefully (Bauer, 2013; Michos et al., 2021).

*nopause verbundene Risikofaktoren wie Fettleibigkeit, geringe körperliche Aktivität, ein gestörter Vitamin-D3-Stoffwechsel und Kalziummangel führen zu einem erhöhten Risiko für Diabetes (Stachowiak et al., 2015).*

### **Lipid-Stoffwechsel**

*Neben Veränderungen im Kohlenhydratstoffwechsel können auch Veränderungen von zirkulierenden (Apo-) Lipoproteinen, Low- und High-Density-Lipoproteinen und Triacylglycerin im Blut auftreten, die zu einem proatherogenen Status führen (Karppinen et al., 2021; Ko & Kim, 2020). High-Density-Lipoproteine werden im Allgemeinen als die „guten“ Lipoproteine im Vergleich zu Low-Density-Lipoproteinen angesehen. Die positiven Eigenschaften der High-Density-Lipoproteine ändern sich jedoch während der Menopause, so dass die positiven Effekte schwächer werden (El Khoudary et al., 2020).*

### **Kalziummangel**

*Kalziummangel ist bei Frauen in der Peri- und Postmenopause ein Problem, da er die Knochenabbau und das Osteoporoserisiko erhöht (NAMS, 2006). Der Knochenabbau selbst führt zusätzlich zu einer verringerten Aufnahme von Kalzium aus dem Darm und den Nieren aufgrund einer negativen Rückkopplung durch die beteiligten Hormone, was zu einem veränderten Calcium-Stoffwechsel führt (Wawrzyniak & Suliburska, 2021).*

*Vitamin D spielt eine wichtige Rolle, da es die Resorption von Kalzium aus dem Darm fördert, ein Prozess, der auch durch die Menopause und das Altern selbst beeinträchtigt wird (Fleet, 2022). Daher wird dringend empfohlen, eine angemessene Kalziumzufuhr zusammen mit ausreichend Vitamin D zu gewährleisten, um die Knochengesundheit bei Frauen in der Peri- und Postmenopause zu erhalten (NAMS, 2006). Zur Deckung des Kalziumbedarfs sollten kalziumreiche Nahrungsquellen vor einer Nahrungsergänzung bevorzugt werden, die in Betracht gezogen werden sollte, wenn eine angemessene Nahrungsaufnahme nicht möglich ist (Bauer, 2013; Michos et al., 2021).*

*Wie eine zusätzliche Supplementation die Knochengesundheit beeinflusst, wenn kein Kalziummangel vorliegt, ist unklar, jedoch wird die Einnahme von Kalziumpräparaten mit einem erhöhten Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen in Verbindung gebracht, so dass Nutzen und Risiko hier gut abgewogen werden muss (Bauer, 2013; Michos et al., 2021).*

### 1.2.8.5 Changes in gut microbiota

Female sex hormones have an impact on the composition of the gut microbiota, however, this is a two-way effect as the microbiome itself plays a role in regulating levels of steroid hormones, such as estrogens (Peters et al., 2022; Siddiqui et al., 2022).

Studies indicate that menopause is linked to reduced diversity in the gut microbiome and a shift towards a composition more closely resembling that of the male gut microbiome (Peters et al., 2022). These changes might contribute to the development of diseases associated with menopause, such as osteoporosis, breast cancer, cardiometabolic, and cardiovascular diseases (Barrea et al., 2021). Research in this research area in this research area is still in its infancy and further research is needed to gain more insights including the potential opportunities for intervention with pre-, pro, and antibiotics to improve peri- and postmenopausal health aspects (Barrea et al., 2021; Peters et al., 2022).

## 1.2.9 Chronic diseases and cancers

### 1.2.9.1 Osteoporosis

Women typically achieve their maximum bone mass at approximately age 30. Following this, there is a period of relative stability before experiencing an annual bone mass decline of 2-5% starting one to three years prior to menopause, persisting for five to 10 years. Consequently, there is an average reduction of 10-15% in bone mineral density during the menopausal transition (Duralde et al., 2023; Santoro et al., 2021).

In terms of bone tissue, the decline in estrogen levels during and after menopause, along with the natural aging process, leads to alterations in bone turnover. This manifests in decreased bone mass and compromised bone structure. Consequently, this contributes to osteoporosis, characterized by heightened fragility and an elevated risk of fractures (Zinnat Ara Nasreen, 2020). Regular exercise plays a pivotal role in sustaining muscle mass and promoting bone health within a healthy lifestyle (Talaulikar, 2022).

### Veränderungen der Darmmikrobiota

*Weibliche Sexualhormone wirken sich auf die Zusammensetzung des Darmmikrobioms aus, allerdings ist dies ein wechselseitiger Effekt, da das Mikrobiom selbst eine Rolle bei der Regulierung von Steroidhormonen wie Östrogenen spielt (Peters et al., 2022; Siddiqui et al., 2022).*

*Studien deuten darauf hin, dass die Wechseljahre mit einer geringeren Vielfalt des Darmmikrobioms verbunden sind und es zu einer Verschiebung in der Zusammensetzung kommt, die der des männlichen Darmmikrobioms ähnlicher ist (Peters et al., 2022). Diese Veränderungen könnten zur Entstehung von Krankheiten beitragen, die mit der Menopause einhergehen, wie Osteoporose, Brustkrebs, kardiometabolische und kardiovaskuläre Erkrankungen (Barrea et al., 2021). Die Forschung in diesem Bereich steckt noch in den Kinderschuhen, weitere Untersuchungen sind erforderlich, um mehr Erkenntnisse zu gewinnen, einschließlich der potenziellen Möglichkeiten für Interventionen mit Prä-, Pro- und Antibiotika zur Verbesserung der Gesundheitsaspekte in der Peri- und Postmenopause (Barrea et al., 2021; Peters et al., 2022).*

## Chronische Krankheiten und Krebserkrankungen

### Osteoporose

*Frauen erreichen ihre maximale Knochenmasse in der Regel im Alter von etwa 30 Jahren. Danach folgt eine Phase relativer Stabilität, bevor ein bis drei Jahre vor der Menopause ein jährlicher Rückgang der Knochenmasse um 2-5 % einsetzt, der fünf bis 10 Jahre anhält. Folglich nimmt die Knochenmineraldichte während des Übergangs in die Wechseljahre um durchschnittlich 10-15 % ab (Duralde et al., 2023; Santoro et al., 2021).*

*Der Rückgang des Östrogenspiegels während Peri- und Postmenopause führt zusammen mit dem natürlichen Alterungsprozess zu Veränderungen des Knochenumsatzes. Dies äußert sich in einer Abnahme der Knochenmasse und einer Beeinträchtigung der Knochenstruktur und trägt folglich zur Osteoporose bei, die durch eine erhöhte Fragilität und ein erhöhtes Risiko von Knochenbrüchen gekennzeichnet ist (Zinnat Ara Nasreen, 2020). Regelmäßige Bewegung spielt eine entscheidende Rolle für den Erhalt der Muskelmasse und die Förderung der Knochengesundheit im Rahmen einer gesunden Lebensweise (Talaulikar, 2022).*

### 1.2.9.2 Cardiovascular diseases

The metabolic changes in postmenopausal women described above, such as increased visceral fat accumulation, insulin resistance, and dyslipidemia are determinants for oxidative stress, inflammation, and atherosclerosis, all contributing to higher cardiometabolic risk (Fenton, 2021; Ko & Kim, 2020; Peppas, 2012; Wang et al., 2018). In addition to the metabolic risk factors, it was shown that vascular health is impaired during menopausal transition when cardio-protective effects of estrogen cease, which presents as carotid atherosclerosis and arterial stiffness (El Khoudary et al., 2020; Saeed et al., 2017).

Menopause transition-related hypertension is multifactorial including a genetic predisposition and age-related causes. It is suggested that hypertension is rather a result of metabolic, weight, and vascular changes, than directly due to hormonal changes during menopause. All these aspects contribute to a higher risk for cardiovascular disease, stroke, and coronary heart disease (Wenger et al., 2018).

### 1.2.9.3 Cancers

Menopause is associated with an increased risk of various cancers, including ovarian, breast, lung, and endometrial cancer (Collaborative Group on Epidemiological Studies of Ovarian Cancer, 2015; Rampersad et al., 2015). However, cancer development is multifactorial with menopause being one factor for the risk of cancer development.

Age at menopause is a crucial indicator, with a later age at menopause being associated with a higher prevalence of hormone-related cancers such as breast, endometrial (uterine), and ovarian cancers (Dunneram et al., 2019; Collaborative Group on Hormonal Factors in Breast Cancer, 2012; Surakasula et al., 2014; Wu et al., 2019). A younger age is increasing the risk of postmenopausal lung cancer, especially in women who smoke (Chung et al., 2021; Min et al., 2017). Also, the phase of menopause is a predictor, for example, the risk of ovarian cancer is higher in postmenopausal women, in contrast, the risk of breast cancer is higher in premenopausal than postmenopausal (Rampersad et al., 2015; Surakasula et al., 2014).

### Herz-Kreislauf-Erkrankungen

*Die oben beschriebenen metabolischen Veränderungen bei postmenopausalen Frauen, wie erhöhte viszerale Fettansammlung, Insulinresistenz und Dyslipidämie, sind Determinanten für oxidativen Stress, Entzündungen und Atherosklerose, die alle zu einem höheren kardiometabolischen Risiko beitragen (Fenton, 2021; Ko & Kim, 2020; Peppas, 2012; Wang et al., 2018). Zusätzlich zu den metabolischen Risikofaktoren wurde aufgezeigt, dass die vaskuläre Gesundheit während der Wechseljahre beeinträchtigt wird, wenn die kardioprotektiven Wirkungen von Östrogen nachlassen, was sich in Form von Karotis-Atherosklerose und Arteriensteifheit zeigt (El Khoudary et al., 2020; Saeed et al., 2017).*

*Bluthochdruck in den Wechseljahren ist multifaktoriell bedingt, einschließlich einer genetischen Prädisposition und altersbedingter Ursachen. Es wird vermutet, dass Bluthochdruck eher eine Folge von Stoffwechsel-, Gewichts- und Gefäßveränderungen ist als eine direkte Folge der hormonellen Veränderungen in den Wechseljahren. All diese Aspekte tragen zu einem höheren Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Schlaganfall und koronare Herzkrankheit bei (Wenger et al., 2018).*

### Krebserkrankungen

*Die Menopause wird mit einem erhöhten Risiko für verschiedene Krebsarten in Verbindung gebracht, darunter Eierstock-, Brust-, Lungen- und Endometriumkrebs (Collaborative Group on Epidemiological Studies of Ovarian Cancer, 2015; Rampersad et al., 2015). Die Krebsentstehung ist jedoch multifaktoriell bedingt, wobei die Menopause ein Risikofaktor für die Krebsentstehung ist.*

*Das Alter bei Menopause ist ein entscheidender Indikator, wobei ein höheres Alter bei Menopause mit einer höheren Prävalenz von hormonbedingten Krebsarten wie Brust-, Gebärmutter- und Eierstockkrebs verbunden ist (Dunneram et al., 2019; Collaborative Group on Hormonal Factors in Breast Cancer, 2012; Surakasula et al., 2014; Wu et al., 2019). Ein jüngeres Alter erhöht das Risiko für postmenopausalen Lungenkrebs, insbesondere bei Frauen, die rauchen (Chung et al., 2021; Min et al., 2017). Auch die Phase der Menopause ist ein Prädiktor, beispielsweise ist das Risiko für Eierstockkrebs bei Frauen nach der Menopause höher, während das Risiko für Brustkrebs bei prämenopausalen Frauen höher ist als bei postmenopausalen (Rampersad et al., 2015; Surakasula et al., 2014).*

Hormone therapy during the transition phase and after menopause is controversial and related to the increased risk in some cancers while also decreasing the risk in others (Collaborative Group on Epidemiological Studies of Ovarian Cancer, 2015). There is first evidence that diets promoting obesity and insulin resistance have an impact on the timing of menopause and the risk of ovarian, endometrial, and breast cancer. However, current evidence of the association is conflicting, and further investigation is necessary to grasp the connection between dietary patterns, the timing of menopause, and cancers associated with hormones (Dunneram et al., 2019).

### 1.3 Quality of life (QoL)

A multinational prospective survey with 7164 women on women's perception of menopause revealed that 90% of the women in the EU experienced physical symptoms, and 55 % of the European participating women experienced psychological symptoms (Panay et al., 2021). Physical and psychological changes can impact women's quality of life (Widjayanti, 2022). Symptoms that affect quality of life the most are vasomotor symptoms and associated sleep disturbances, genitourinary syndrome as well as psychological and neurological symptoms like anxiety and cognitive impairment (Gava et al., 2019; Nappi et al., 2023; Núñez-Pizarro et al., 2017; Paciuc, 2020; Panay et al., 2021).

Additionally, these symptoms have significant negative effects on productivity and physical health perception and lead to greater work and activity impairments already during the phase of perimenopause but also postmenopausal (Delamater & Santoro, 2018; Gava et al., 2019; Panay et al., 2021). The quality of life during menopause is influenced by various factors. First of all the number of symptoms experienced and their severity are factors in determining the impact on quality of life (Panay et al., 2021). Further physical activity, lifestyle, level of education, age, occupation, chronic disease history, and duration of menopause play a role (Andayani & Guna, 2023; Barati et al., 2021; Theis et al., 2023). Surveys also revealed that women who do not feel supported by their family, friends, health care professionals, and employers report more symptoms and a

*Die Hormontherapie in Peri- und Postmenopause ist umstritten und wird mit einem erhöhten Risiko für einige Krebsarten in Verbindung gebracht, während sie das Risiko für andere Krebsarten senkt (Collaborative Group on Epidemiological Studies of Ovarian Cancer, 2015). Es gibt erste Hinweise darauf, dass eine Ernährung, die Fettleibigkeit und Insulinresistenz fördert, einen Einfluss auf den Zeitpunkt der Menopause und das Risiko von Eierstock-, Endometrium- und Brustkrebs hat. Die derzeitigen Belege für diesen Zusammenhang sind jedoch widersprüchlich, und es sind weitere Untersuchungen erforderlich, um den Zusammenhang zwischen Ernährungsmustern, dem Zeitpunkt der Menopause und hormonell bedingten Krebserkrankungen zu verstehen (Dunneram et al., 2019).*

### Lebensqualität

*Eine multinationale prospektive Erhebung mit 7164 Frauen über die Wahrnehmung der Wechseljahre durch Frauen ergab, dass 90 % der Befragten in der EU körperliche Symptome und 55 % der teilnehmenden europäischen Frauen psychische Symptome hatten (Panay et al., 2021). Die körperlichen und psychischen Veränderungen können sich auf die Lebensqualität der Frauen auswirken (Widjayanti, 2022). Die Symptome, die die Lebensqualität am stärksten beeinträchtigen, sind vasomotorische Symptome und damit verbundene Schlafstörungen, das Urogenitalsyndrom sowie psychologische und neurologische Symptome wie Angstzustände und kognitive Beeinträchtigungen (Gava et al., 2019; Nappi et al., 2023; Núñez-Pizarro et al., 2017; Paciuc, 2020; Panay et al., 2021).*

*Darüber hinaus haben diese Symptome erhebliche negative Auswirkungen auf die Produktivität und die Wahrnehmung der körperlichen Gesundheit und führen bereits in der Phase der Perimenopause, aber auch in der Postmenopause zu größeren Beeinträchtigungen bei Arbeit und Aktivität (Delamater & Santoro, 2018; Gava et al., 2019; Panay et al., 2021). Die Lebensqualität in den Wechseljahren wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst, wobei in erster Linie die Anzahl der auftretenden Symptome und deren Schweregrad wichtige Faktoren sind (Panay et al., 2021). Darüber hinaus spielen körperliche Aktivität, Lebensstil, Bildungsgrad, Alter, Beruf, chronische Krankheiten und die Dauer der Wechseljahre eine Rolle (Andayani & Guna, 2023; Barati et al., 2021; Theis et al., 2023). Erhebungen ergaben auch, dass Frauen, die sich von ihrer Familie, ihren Freunden, ihren medizinischen Fachkräften und ihren Arbeitgebern nicht unterstützt fühlen, über eine höhere Anzahl an Symptomen und*

greater impact of those symptoms (Panay et al., 2021). Research indicates that there is a widespread lack of awareness, comprehension, and value placed on menopause and its associated symptoms. This highlights the requirement for educational initiatives for women, their partners, employers, etc. aiming to boost understanding and support for women experiencing this phase of life (Panay et al., 2021).

However, menopause is also associated with the process of aging and loss of beauty. The start of menopause-related symptoms is likely to not only affect quality of life but also how women perceive and define their identity (Larroy et al., 2020). A special focus of the menopausal QoL lies in the workplace, which is determined not only by the factors above but additionally by type of work, working environment, and mental factors like stress level (Theis et al., 2023). Menopause might play a role in the reduced working capacity of women and could be a possible reason for women's higher sickness rates in this life stage. But it also showed that women with menopausal symptoms feel the need to continue to work, hide their menopausal symptoms, and try to cope with work (Verdonk et al., 2022; Whiteley et al., 2013).

The European Menopause and Andropause Society published guidelines urging workplaces to integrate menopause support into their health and wellbeing policies, promoting a culture of openness and inclusion without discrimination. The recommendations stress the need for accessible medical and psychological support and workplace adjustments to accommodate menopausal employees. Recognizing menopause as a gender and age equality issue is crucial for fostering an inclusive work environment. It will support menopausal women, and at the same time maintain valuable skills of women in this life stage (Rees et al., 2021). Strategies to improve quality of life in the peri and post-menopausal life stage include hormonal therapies and non-hormonal pharmacological treatment as well as herbal and complementary remedies, physical exercise, lifestyle changes including diet, alcohol consumption, and smoking as well as educational and counseling sessions (Nguyen et al., 2020; Taebi et al., 2018; Wang et al., 2018).

*eine stärkere Auswirkung dieser Symptome berichten (Panay et al., 2021). Die Forschung zeigt, dass die Menopause und die damit verbundenen Symptome weit- hin nicht bekannt sind, nicht verstanden werden und keinen Stellenwert haben. Dies unterstreicht die Notwendigkeit von Aufklärungsinitiativen für Frauen, ihre Partner, Arbeitgeber usw. mit dem Ziel, das Verständnis und die Unterstützung für Frauen in dieser Lebensphase zu verbessern (Panay et al., 2021).*

*Die Wechseljahre werden auch mit dem Prozess des Alterns und dem Verlust der Schönheit in Verbindung gebracht. Der Beginn der Menopause bedingten Symptome hat wahrscheinlich nicht nur Auswirkungen auf die Lebensqualität, sondern auch darauf, wie Frauen ihre Identität wahrnehmen und definieren (Larroy et al., 2020). Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Lebensqualität am Arbeitsplatz, die nicht nur von den oben genannten Faktoren, sondern auch von der Art der Arbeit, dem Arbeitsumfeld und psychischen Faktoren wie dem Stressniveau bestimmt wird (Theis et al., 2023). Die Wechseljahre könnten eine Rolle bei der verringerten Arbeitsfähigkeit von Frauen spielen und ein möglicher Grund für die höheren Krankenstände von Frauen in dieser Lebensphase sein. Es zeigte sich aber auch, dass Frauen mit Wechseljahrsbeschwerden das Bedürfnis haben, weiter zu arbeiten, ihre Wechseljahrsbeschwerden zu verbergen und zu versuchen, die Arbeit zu bewältigen (Verdonk et al., 2022; Whiteley et al., 2013).*

*Die Europäische Gesellschaft für Menopause und Andropause hat Leitlinien veröffentlicht, in denen die Unternehmen aufgefordert werden, die Unterstützung der Menopause in ihre Gesundheits- und Wellbeing-Politik zu integrieren und eine Kultur der Offenheit und Einbeziehung ohne Diskriminierung zu fördern. In den Empfehlungen wird die Notwendigkeit einer zugänglichen medizinischen und psychologischen Unterstützung sowie von Anpassungen am Arbeitsplatz betont, um Mitarbeiterinnen in den Wechseljahren zu unterstützen. Die Anerkennung der Wechseljahre als ein Thema der Geschlechter- und Altersgleichstellung ist entscheidend für die Förderung eines integrativen Arbeitsumfelds, die Frauen in den Wechseljahren unterstützen wird und gleichzeitig wertvolle Fähigkeiten von Frauen in dieser Lebensphase erhalten soll (Rees et al., 2021). Zu den Strategien zur generellen Verbesserung der Lebensqualität in der Peri- und Postmenopause gehören hormonelle Therapien und nicht-hormonelle pharmakologische Behandlungen sowie pflanzliche und komplementäre Heilmittel, körperliche Bewegung, Änderung des Lebensstil einschließlich der Ernährung, Alkoholkonsum und Rauchen sowie Bildungs- und Beratungsgespräche (Nguyen et al., 2020; Taebi et al., 2018; Wang et al., 2018).*

## 1.4 Medical menopause management

### 1.4.1 Hormone replacement therapy

Although a symptom-driven treatment approach with individualized decision-making can improve health and quality of life for midlife women, menopausal symptoms remain substantially undertreated by healthcare providers. Hormone replacement therapy (HRT) compensates for estrogen deficiency, and is the most effective treatment for many of the symptoms associated with menopause (Duralde et al., 2023). HRT is especially recommended for the treatment of vasomotor symptoms (VMS), genitourinary syndrome of menopause (GSM), and the prevention of osteoporosis in high-risk women (Lundberg et al., 2020; Pan et al., 2022). Hormone replacement therapy is also discussed for preventing chronic diseases (Armeni et al., 2021). Evidence shows that under hormone therapy, for example, the development of diabetes and other cardiometabolic factors may be reduced (Cerdas Pérez, 2023).

Another area of interest is the possible therapeutic window of perimenopause in which hormone therapy might prevent cognitive decline (Morgan et al., 2018). Especially in women without contraindications below age 60 and within 10 years of the onset of menopause, HRTs have a generally favorable benefit-risk ratio for women (Duralde et al., 2023; Lobo et al., 2014). However, HRT is currently not recommended for prevention of diseases (Lundberg et al., 2020). The association between HT and the risks of cardiovascular diseases, venous thromboembolism, neurodegenerative diseases, breast cancer, and endometrial cancer remains controversial (Pan et al., 2022).

There are several different hormones comprising estrogens, progestogens, and combinations thereof. In addition, the route of administration is diverse including oral or transdermal administration using for example creams or patches. Each route of administration has advantages and disadvantages (Alanazi et al., 2021; Cho et al., 2023). These factors along with dosage, initiation time, regimen, and duration of intake appear to influence both the positive outcomes and the management of risks associated with diseases. Therefore, adopting an individualized and holistic strategy is recommended, including close monitoring and

## Medizinische Behandlung der Menopause

### Hormonersatztherapie

*Obwohl ein symptomorientierter Behandlungsansatz mit individueller Entscheidungsfindung die Gesundheit und Lebensqualität von Frauen in der Lebensmitte verbessern kann, werden Wechseljahrsbeschwerden nach wie vor viel zu selten behandelt. Die Hormonersatztherapie (HRT) gleicht den Östrogenmangel aus und ist die effektivste Behandlung für viele der mit den Wechseljahren verbundenen Symptome (Duralde et al., 2023). Die HRT wird insbesondere für die Behandlung vasomotorischer Symptome (VMS), des Urogenitalen Menopausensyndroms (GSM) und zur Vorbeugung von Osteoporose bei Frauen mit hohem Risiko empfohlen (Lundberg et al., 2020; Pan et al., 2022). Die Hormonersatztherapie wird auch als Prävention für chronischer Krankheiten diskutiert (Armeni et al., 2021). Es gibt Hinweise darauf, dass unter einer Hormontherapie beispielsweise die Entwicklung von Diabetes und anderen kardiometabolischen Faktoren verringert werden kann (Cerdas Pérez, 2023).*

*Ein weiterer interessanter Bereich ist das mögliche therapeutische Fenster der Perimenopause, in dem eine Hormontherapie einen kognitiven Abbau verhindern könnte (Morgan et al., 2018). Insbesondere bei Frauen ohne Kontraindikationen, unter 60 Jahren und innerhalb von 10 Jahren nach Beginn der Menopause haben HRTs ein allgemein günstiges Nutzen-Risiko-Verhältnis (Duralde et al., 2023; Lobo et al., 2014). Allerdings wird eine HRT derzeit nicht zur Prävention von Krankheiten empfohlen (Lundberg et al., 2020). Der Zusammenhang zwischen Hormonersatztherapie und dem Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, venösen Thromboembolien, neurodegenerativen Erkrankungen, Brustkrebs und Gebärmutterkrebs ist nach wie vor umstritten (Pan et al., 2022).*

*Es gibt viele verschiedene Hormone, darunter Östrogene, Gestagene und Kombinationen davon. Darüber hinaus gibt es verschiedene Darreichungsformen, darunter die orale oder transdermale Anwendung, z. B. durch Cremes oder Pflaster. Jede Darreichungsart hat ihre Vor- und Nachteile (Alanazi et al., 2021; Cho et al., 2023). Diese Faktoren sowie die Dosierung, der Zeitpunkt des Beginns der Einnahme, das Einnahmeschema und die Dauer der Einnahme scheinen sowohl die positiven Ergebnisse als auch die Risiken im Zusammenhang mit zugrunde liegenden Erkrankungen zu beeinflussen. Daher wird eine individuelle und ganzheitliche Strategie empfohlen, die eine sorgfältige Überwachung und gegebenenfalls eine Anpassung*

regimen adjustment if necessary (Cerdas Pérez, 2023; Cho et al., 2023; El Khoudary et al., 2020; Lundberg et al., 2020; Morgan et al., 2018; Pan et al., 2022; Shufelt & Manson, 2021).

Still, hormone therapy is not suitable for all women due to potential health risks and side effects. Therefore, its use in women with chronic medical conditions requires careful consideration then non-hormonal alternatives may be considered (Kapoor et al., 2021; Lundberg et al., 2020).

### 1.4.2 Alternative treatment options

A range of alternative therapies have been explored for managing menopausal symptoms. These include non-hormonal medications, lifestyle modifications, diet and food supplements, and behavioral and alternative medicine therapies (Mintziori et al., 2015).

Non-hormonal medications are prescribed to alleviate bothersome vasomotor symptoms. Some medications like antidepressants, medication for high blood pressure, epilepsy, or overactive gallbladder have been shown to reduce hot flashes and night sweats. However, these medications can cause bothersome side effects, for example, headaches, dry mouth, dizziness, fatigue, etc. (Madsen et al., 2023; Mintziori et al., 2015; Sahni et al., 2021).

der Therapie beinhaltet (Cerdas Pérez, 2023; Cho et al., 2023; El Khoudary et al., 2020; Lundberg et al., 2020; Morgan et al., 2018; Pan et al., 2022; Shufelt & Manson, 2021).

Dennoch ist die Hormontherapie aufgrund potenzieller Gesundheitsrisiken und Nebenwirkungen nicht für alle Frauen geeignet. Daher muss ihre Anwendung bei Frauen mit chronischen Erkrankungen sorgfältig abgewogen werden, ggf. sollten nicht-hormonelle Alternativen in Betracht gezogen werden (Kapoor et al., 2021; Lundberg et al., 2020).

### Alternative Behandlungsmöglichkeiten

Zur Behandlung von Wechseljahrsbeschwerden wurde eine Reihe von alternativen Therapien betrachtet. Dazu gehören nicht-hormonelle Medikamente, Änderung des Lebensstils, die Ernährung und der Einsatz von Nahrungsergänzungsmitteln, sowie verhaltensorientierte und alternativmedizinische Therapien (Mintziori et al., 2015).

Nicht-hormonelle Medikamente werden verschrieben, um vasomotorischen Symptome zu lindern. Einige Medikamente wie Antidepressiva, Medikamente gegen Bluthochdruck, Epilepsie oder eine überaktive Gallenblase können Hitzewallungen und nächtliche Schweißausbrüche nachweislich verringern. Diese Medikamente können jedoch ebenfalls Nebenwirkungen verursachen, z. B. Kopfschmerzen, Mundtrockenheit, Schwindel, Müdigkeit usw. wurde beobachtet (Madsen et al., 2023; Mintziori et al., 2015; Sahni et al., 2021).

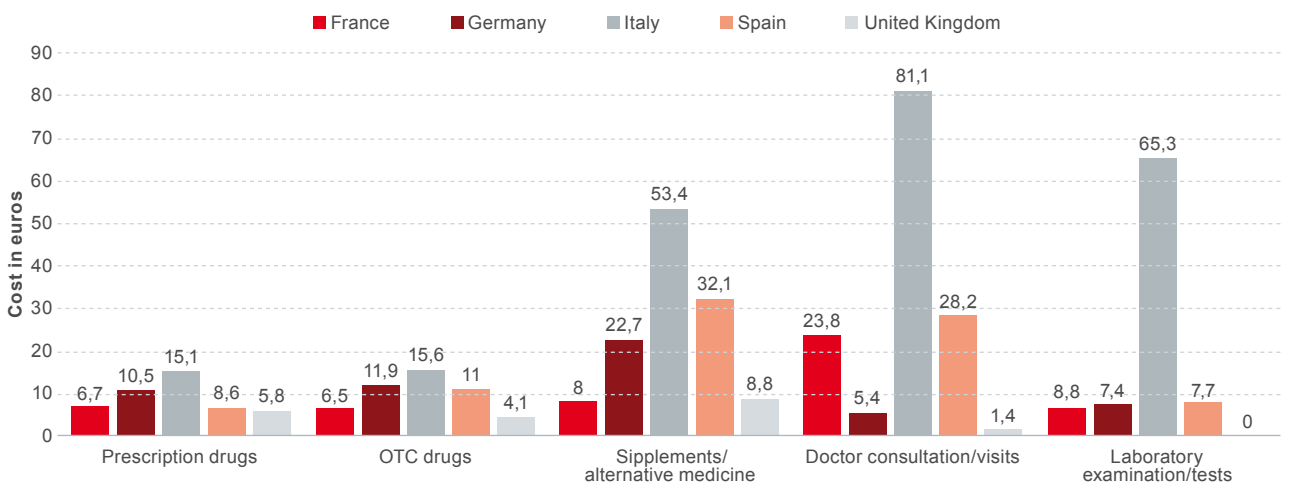


Figure 2: Average out-of-pocket costs for treating menopause symptoms in selected European countries as of 2020 (in euro); (Nappi et al., 2023, adapted)  
 Abbildung 2: Durchschnittliche nicht erstattungsfähige Kosten für die Behandlung von Wechseljahrsbeschwerden in ausgewählten europäischen Ländern ab 2020 (in Euro); (Nappi et al., 2023, abgewandelt)

There is growing interest in alternative treatments, including phytoestrogens, other dietary supplements, and acupuncture. Some alternative methods have shown potential such as

Das Interesse an alternativen Behandlungsmethoden, einschließlich Phytoöstrogenen, anderen Nahrungsergänzungsmitteln und Akupunktur, wächst. Einige alternative Methoden wie verschiedene Nahrungsergän-

different dietary supplements or herbal preparations but effectiveness remains uncertain. While phytoestrogens and soy isoflavones for example are known for their estrogen-like properties, the outcomes of studies show mixed results (Lundberg et al., 2020; Mintziori et al., 2015). Further, there is still uncertainty about the appropriate dose and preparation of herbal preparations leading to a potential safety concern (Yelland et al., 2023). Other treatment options for example physical activity, yoga acupuncture, and a healthy diet might be used complementary or can also be a choice and can contribute to quality of life and prevention strategies (Lobo et al., 2014; Pan et al., 2022; Sahni et al., 2021; Stachowiak et al., 2015).

## 2. Nutrition management and menopause

Besides physiological factors such as genetic traits, diet factors have also been widely recognized for their influences on the timing of menopause, the severity of related symptoms, and various aspects of well-being in this phase of life (Silva et al., 2021). Dietary patterns characterized by high consumption of fat and protein, particularly those from meat, have been associated with a delayed onset of menopause (Dunneram et al., 2019). The start of the menopause transition signals the requirement for a more carefully controlled diet. The modulating effects of food and nutraceutical supplements on menopausal psychological status can be attributed to their impacts on metabolism regulation, weight management and body image, inflammation, gut microbiota, brain-gut axis, and symptom and discomfort relief (Noll et al., 2021). Associated with various aspects of quality of life during menopause, the impacts of nutrition extend beyond physical effects to psychological influences (Grigolon et al., 2023; Taebi et al., 2018).

The overall dietary recommendations for menopausal females largely coincide with those for a more general population, which comprises rich sources of high-quality proteins and fats, low-glycemic index (GI) carbohydrates, fibers, vitamins, minerals, and phytonutrients, while restricting the intake of saturated fat, added sugar, and salt (Yelland et al., 2023). Dietary intervention through

*zungsmittel oder pflanzliche Präparate haben sich als potenziell wirksam erwiesen, ihre Wirksamkeit bleibt jedoch ungewiss. Während Phytoöstrogene und Soja-Isoflavone beispielsweise für ihre östrogenähnlichen Eigenschaften bekannt sind, zeigen Studien-Ergebnisse gemischte Resultate (Lundberg et al., 2020; Mintziori et al., 2015). Darüber hinaus besteht nach wie vor Unsicherheit über die angemessene Dosis und die Zubereitung pflanzlicher Zubereitungen, was zu potenziellen Sicherheitsbedenken führt (Yelland et al., 2023). Andere Behandlungsoptionen, wie körperliche Aktivität, Yoga, Akupunktur und eine gesunde Ernährung können ergänzend eingesetzt werden oder auch die beste Wahl darstellen und zur Lebensqualität und zu Präventionsstrategien beitragen (Lobo et al., 2014; Pan et al., 2022; Sahni et al., 2021; Stachowiak et al., 2015).*

## *Ernährungsmanagement und Menopause*

*Neben physiologischen Faktoren, wie genetischen Merkmalen, sind Ernährungsfaktoren weithin für ihren Einfluss auf den Zeitpunkt der Menopause, die Schwere der damit verbundenen Symptome und verschiedene Aspekte des Wohlbefindens in dieser Lebensphase bekannt (Silva et al., 2021). Ernährungsgewohnheiten, die durch einen hohen Fett- und Proteinkonsum, insbesondere von Fleisch, gekennzeichnet sind, wurden mit einem verzögerten Einsetzen der Menopause in Verbindung gebracht (Dunneram et al., 2019). Der Beginn des Übergangs in die Wechseljahre signalisiert die Notwendigkeit einer kontrollierteren Ernährung. Die modulierende Wirkung von Nahrungsmitteln und Nahrungsergänzungsmitteln auf den psychologischen Status in den Wechseljahren kann auf deren Wirkung auf die Stoffwechselregulierung, das Gewichtsmanagement und das Körperbild, Entzündungen, die Darmmikrobiota, die Darm-Hirn-Achse und die Linderung von Symptomen und Beschwerden zurückgeführt werden (Noll et al., 2021). In Verbindung mit verschiedenen Aspekten der Lebensqualität in den Wechseljahren reichen die Auswirkungen der Ernährung über die körperlichen Auswirkungen hinaus bis hin zu psychologischen Einflüssen (Grigolon et al., 2023; Taebi et al., 2018).*

*Die allgemeinen Ernährungsempfehlungen für Frauen in den Wechseljahren stimmen weitgehend mit denen für die Allgemeinbevölkerung überein, die reichhaltige Quellen für hochwertige Proteine und Fette, Kohlenhydrate mit niedrigem glykämischen Index (GI), Ballaststoffe, Vitamine, Mineralstoffe und Phytonährstoffe umfassen, während die Aufnahme von gesättigten Fetten, zugesetztem Zucker und Salz eingeschränkt wird (Yelland et al., 2023). Ernährungsinterventionen*



supplementation of micronutrients and nutraceuticals, intake of functional food, and change in dietary patterns have gained considerable research interest for their potential as supplementary, even alternative treatment, for smoothing menopausal symptoms, enhancing general well-being, and preventing related diseases (Comhaire & Depypere, 2015).

The idea of involving dietary interventions in menopause management has also gained favor with the general public due to the positive impression of being natural, more easily available, and fewer side effects. According to a survey carried out among postmenopausal women in five European countries, the most common lifestyle changes are increased levels of exercise and changes in diet (Fig. 3). However, research findings on the effect of certain food or dietary substituents on specific menopausal symptoms and asymptomatic changes are controversial, underlying the challenge of optimizing general nutritional intervention strategies to effectively address the complex and diverse nature of menopause transition.

durch die Ergänzung von Mikronährstoffen und Nutraceuticals, den Verzehr von funktionellen Lebensmitteln und die Änderung von Ernährungsmustern haben aufgrund ihres Potenzials als ergänzende oder sogar alternative Behandlung zur Linderung von Wechseljahrsbeschwerden, zur Verbesserung des allgemeinen Wohlbefindens und zur Vorbeugung damit verbundener Krankheiten erhebliches Forschungsinteresse gefunden (Comhaire & Depypere, 2015).

Die Idee, diätetische Maßnahmen in die Behandlung der Wechseljahre einzubeziehen, hat auch in der breiten Öffentlichkeit Anklang gefunden, da sie als natürlich, leicht verfügbar und nebenwirkungsarm gelten. Laut einer Umfrage unter postmenopausalen Frauen in fünf europäischen Ländern sind die häufigsten Änderungen des Lebensstils ein höheres Maß an Bewegung und eine Umstellung der Ernährung (Abb. 3). Die Forschungsergebnisse über die Wirkung bestimmter Nahrungsmittel oder Nahrungsergänzungsmittel auf spezifische Wechseljahrsbeschwerden und asymptotische Veränderungen sind jedoch umstritten, was die Herausforderung mit sich bringt, allgemeine Ernährungsinterventionsstrategien zu optimieren, um der komplexen und vielfältigen Natur des Übergangs in die Wechseljahre wirksam zu begegnen.

Put in place lifestyle changes	France n = 406	Germany n = 405	Italy n = 413	Spain n = 406	UK n = 405
	66 %	72 %	79 %	79 %	78 %
Increased level of exercise	24 %	27 %	39 %	41 %	28 %
Changed my diet	18 %	29 %	37 %	46 %	28 %
Keeping cool	15 %	16 %	30 %	32 %	45 %
Rest and relaxation	21 %	45 %	23 %	23 %	26 %
Wearing loose/breathable clothing	19 %	28 %	20 %	28 %	33 %
Dieting for weight loss	14 %	16 %	30 %	28 %	26 %
Reducing caffeine intake	12 %	11 %	17 %	16 %	20 %
Reducing alcohol intake	9 %	15 %	9 %	10 %	22 %
Pelvic floor exercises	5 %	11 %	3 %	16 %	16 %
Quitting/cutting down smoking	9 %	7 %	11 %	15 %	6 %
Yoga	8 %	8 %	8 %	14 %	7 %
Mediation	7 %	8 %	6 %	9 %	9 %
Massage	3 %	9 %	5 %	10 %	2 %
Aromatherapy	5 %	3 %	2 %	3 %	3 %
Reflexology	2 %	2 %	1 %	2 %	1 %
Acupuncture	3 %	2 %	1 %	1 %	0 %
Magnet therapy	0 %	0 %	1 %	0 %	4 %
Other	5 %	4 %	1 %	2 %	2 %
None of the above	34 %	28 %	21 %	21 %	22 %

Figure 3: Lifestyle changes to cope with menopause symptoms in Europe 2020; (Nappi et al., 2023, adapted)

Abbildung 3: Änderungen des Lebensstils zur Bewältigung von Wechseljahrsbeschwerden in Europa 2020; (Nappi et al., 2023, abgewandelt)

While demonstrating general trends and interventions, recent research has begun to shed light on the individualized nature of menopause and acknowledge the need for personalized approaches to understand and manage the menopausal transition effectively

Während allgemeine Trends und Interventionen aufgezeigt werden, hat die jüngste Forschung damit begonnen, die individuelle Natur der Wechseljahre zu beleuchten und die Notwendigkeit personalisierter Ansätze anzuerkennen, um den Übergang in die Wechseljahre zu verstehen und effektiv zu bewältigen (Lobo

(Lobo & Gompel, 2022). Menopause affects individuals differently, with considerable variations in timing, physiological declines, and psychological impacts. Meanwhile, individual responses toward nutrition intervention are also highly influenced by genotype, phenotype, lifestyle, medical, and many other factors (Lobo & Gompel, 2022).

Addressing individualized variability during this transitional life stage, personalized nutrition presents as a valuable component in comprehensive menopause management by tailoring dietary recommendations according to individual experiences, responses, and needs, to achieve optimal health outcomes during and beyond menopause. The dynamic field also represents an emphasis on preventive healthcare, addressing dietary requirements based on individual variations in biological and lifestyle profiles to improve health outcomes and quality of life.

## 2.1 Monitoring of menopause-related changes

Monitoring of menopause-related changes plays an important role in the evaluation of the effectiveness of health management in this crucial phase of life. Evaluation methods for menopause management or treatment strategies measure the influences on symptom relief and overall health. The commonly used self-report methods include various standard scales, such as the Menopause Rating Scale (MRS) and the Greene Climacteric Scale to record the frequency and intensity of menopausal symptoms such as hot flashes, night sweats, vaginal dryness, and mood swings (Kroenke et al., 2012). Established questionnaires, such as the Menopause-Specific Quality of Life (MENQOL) questionnaire, are used for recording physical, mental, and sexual changes that affect well-being during menopause (Nappi et al., 2023).

Analyses of physiological markers and signals are widely involved in assessing specific biological and mental conditions. Examples are blood tests for hormonal levels, lipids, glucose, insulin, and markers of inflammation, anthropometric measurements for height, weight, and waist circumference, Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) and Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) for body composition and bone

& Gompel, 2022). Die Menopause wirkt sich auf jeden Menschen anders aus, mit erheblichen Unterschieden in Bezug auf den Zeitpunkt, den physiologischen Rückgang und die psychologischen Auswirkungen. Gleichzeitig werden die individuellen Reaktionen auf Ernährungsinterventionen stark von Genotyp, Phänotyp, Lebensstil, medizinischen und vielen anderen Faktoren beeinflusst (Lobo & Gompel, 2022).

Um den individuellen Schwankungen in dieser Übergangsphase gerecht zu werden, stellt die personalisierte Ernährung eine wertvolle Komponente für ein umfassendes Management der Wechseljahre dar, indem sie Ernährungsempfehlungen auf die individuellen Erfahrungen, Reaktionen und Bedürfnisse zuschneidet, um optimale Gesundheitsergebnisse während und nach der Menopause zu erzielen. Dieser dynamische Bereich legt auch einen Schwerpunkt auf die präventive Gesundheitsfürsorge, indem er die Ernährungsbedürfnisse auf der Grundlage individueller Variationen der biologischen Profile und des Lebensstils berücksichtigt, um die Gesundheitsergebnisse und die Lebensqualität zu verbessern.

## Überwachung der menopausebedingten Veränderungen

Die Beobachtung von Veränderungen in den Wechseljahren spielt eine wichtige Rolle bei der Bewertung der Wirksamkeit des Gesundheitsmanagements in dieser entscheidenden Lebensphase. Bewertungsmethoden für das Management der Menopause oder Behandlungsstrategien messen die Einflüsse auf die Symptomlinderung und die allgemeine Gesundheit. Zu den häufig verwendeten „self-report“ Methoden gehören verschiedene Standardskalen wie die Menopause Rating Scale (MRS) und die Greene Climacteric Scale zur Erfassung der Häufigkeit und Intensität von Wechseljahrsbeschwerden wie Hitzewallungen, nächtliche Schweißausbrüche, vaginale Trockenheit und Stimmungsschwankungen (Kroenke et al., 2012). Etablierte Fragebögen wie der Fragebogen zur menopausenspezifischen Lebensqualität (MENQOL) dienen der Erfassung körperlicher, geistiger und sexueller Veränderungen, die das Wohlbefinden in den Wechseljahren beeinträchtigen (Nappi et al., 2023).

Analysen von physiologischen Markern und Signalen sind weit verbreitet, um spezifische biologische und psychische Zustände zu beurteilen. Beispiele sind Bluttests für Hormonspiegel, Lipide, Glukose, Insulin und Entzündungsmarker, anthropometrische Messungen von Größe, Gewicht und Taillenumfang, die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) und die Dual-Energy-Röntgenabsorptiometrie (DEXA) für Körperzusammensetzung und Knochenmineraldichte (Car-

mineral density (Carty et al., 2011; Wu et al., 2019; Yong and Logan, 2021). Besides the measurement of blood pressure and heart rate, vital signals, such as body temperature, heart rate, respiratory rate, and blood pressure, and bioelectric signals, such as the electrocardiogram (ECG), and photoplethysmography (PPG) can be involved in the assessment of cardiovascular conditions as well as mental status (Chopade et al., 2023). With the growing popularity of personal well-being mobile Apps, many menopause management Apps, such as Clue, Clover, and Caria have been developed. The key features of these apps are menstrual cycle and menopause-related symptom recording, together with lifestyle suggestions and educational resources (Godfrey, 2023). These Apps present as more accessible tools for general females to track the menopause transition and improve their well-being during this life stage.

### 2.1.1 Smart wearables and data analysis tech

The rapidly evolving landscape of digital health and information technologies brings about new technical opportunities for menopause management. Smart wearable devices, such as smartwatches and fitness trackers, have become increasingly popular for convenient, efficient, and integrated personal health monitoring and management, as well as for close monitoring of health-related parameters in research studies (John Dian et al., 2020). Utilizing advanced sensors and technology to collect data on various health metrics, these devices provide rich physical and bioelectric information, enhancing the effectiveness of health tracking and management (Romero-Tapiador et al., 2023).

Smartwatches are among the most popular personal health devices for their versatility and convenience (Jat & Grønli, 2022). They are equipped with a range of sensors that can record heart rate, blood oxygen levels, sleep patterns, and physical activity, and some models also offer capabilities for stress monitoring and menstrual tracking, making them a comprehensive tool for monitoring personal wellness. Many personalized fitness and dietary apps, such as MyFitnessPal, Lose IT!, and Yazio, offer robust integration options with smart watches and scales. By leveraging

*ty et al., 2011; Wu et al., 2019; Yong & Logan, 2021). Neben der Messung von Blutdruck und Herzfrequenz können auch Vitalparameter wie Körpertemperatur, Herzfrequenz, Atemfrequenz und Blutdruck sowie bioelektrische Signale wie das Elektrokardiogramm (EKG) und die Photoplethysmographie (PPG) in die Bewertung des kardiovaskulären Zustands und des mentalen Status einbezogen werden (Chopade et al., 2023). Mit der zunehmenden Beliebtheit von Apps für das persönliche Wohlbefinden wurden viele Apps für das Menopausenmanagement entwickelt, z. B. Clue, Clover und Caria. Die wichtigsten Merkmale dieser Apps sind die Aufzeichnung des Menstruationszyklus und der Wechseljahrsbeschwerden sowie Vorschläge für den Lebensstil und pädagogische Ressourcen (Godfrey, 2023). Diese Apps stellen für Frauen im Allgemeinen leichter zugängliche Hilfsmittel dar, um den Übergang zur Menopause zu verfolgen und ihr Wohlbefinden in dieser Lebensphase zu verbessern.*

### *Intelligente Wearables und Datenanalysetechnologie*

*Die sich rasch entwickelnde Landschaft der digitalen Gesundheits- und Informationstechnologien bietet neue technische Möglichkeiten für das Management der Menopause. Intelligente, tragbare Geräte wie Smartwatches und Fitness-Tracker werden immer beliebter für das bequeme, effiziente und integrierte persönliche Gesundheitsmonitoring und -management sowie für die genaue Überwachung gesundheitsbezogener Parameter in Forschungsstudien (John Dian et al., 2020). Durch den Einsatz fortschrittlicher Sensoren und Technologien zur Erfassung von Daten zu verschiedenen Gesundheitsparametern liefern diese Geräte umfangreiche physische und bioelektrische Informationen, die die Wirksamkeit der Gesundheitsmonitorings und des Gesundheitsmanagements verbessern (Romero-Tapiador et al., 2023).*

*Smartwatches gehören aufgrund ihrer Vielseitigkeit und Bequemlichkeit zu den beliebtesten persönlichen Gesundheitsgeräten (Jat & Grønli, 2022). Sie sind mit einer Reihe von Sensoren ausgestattet, die die Herzfrequenz, den Blutsauerstoffgehalt, das Schlafverhalten und die körperliche Aktivität aufzeichnen können, und einige Modelle bieten auch Funktionen zur Überwachung von Stress und Menstruation, was sie zu einem umfassenden Instrument zum Monitoring des persönlichen Wohlbefindens macht. Viele personalisierte Fitness- und Ernährungs-Apps, wie MyFitnessPal, Lose IT! und Yazio, bieten robuste Integrationsoptionen zu Smartwatches und smarten Waagen. Durch die Nut-*

data from these smart devices, the apps can provide more accurate and personalized recommendations, helping users achieve their wellness objectives more efficiently (Li et al., 2021). The recent development of commercial smart health devices for personal health monitoring also offers emerging opportunities for health- and dietary-related research, such as longitudinal studies related to physical activity, sleep quality, heart health, chronic disease, weight management, and nutritional interventions (Salinari et al., 2023). The incorporation of commercial smart devices into nutrition studies shows great potential due to the devices' capacity to track diverse physical or even emotional markers that can be associated with dietary intake and related health impacts (Fig. 4).

The extensive data collected by wearable devices can be analyzed to identify more detailed patterns in dietary habits and health outcomes (Mortazavi & Gutierrez-Osuna, 2023). Machine learning and artificial intelligence techniques can further enhance the analysis, offering deeper and more precise insights into the effectiveness of nutritional factors and trends in intervention responses, which is particularly crucial in the domain of personalized nutrition (Sempionatto et al., 2022).

zung der Daten dieser intelligenten Geräte können die Apps genauere und individuellere Empfehlungen geben und den Nutzern helfen, ihre Wellness-Ziele effizienter zu erreichen (Li et al., 2021). Die jüngste Entwicklung kommerzieller intelligenter Wearables für die persönliche Gesundheitsüberwachung bietet auch neue Möglichkeiten für die gesundheits- und ernährungsbezogene Forschung, z. B. Längsschnittstudien zu körperlicher Aktivität, Schlafqualität, Herzgesundheit, chronischen Krankheiten, Gewichtsmanagement und Ernährungsinterventionen (Salinari et al., 2023). Die Einbeziehung kommerzieller Smart Wearables in Ernährungsstudien birgt großes Potenzial, da sie in der Lage sind, verschiedene körperliche oder sogar emotionale Marker zu erfassen, die mit der Nahrungsaufnahme und den damit verbundenen gesundheitlichen Auswirkungen in Verbindung gebracht werden können (Abb. 4).

Die umfangreichen Daten, die von Wearables gesammelt werden, können analysiert werden, um detailliertere Muster in den Ernährungsgewohnheiten und den gesundheitlichen Ergebnissen zu erkennen (Mortazavi & Gutierrez-Osuna, 2023). Techniken des maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz können die Analyse weiter verbessern und tiefere und präzisere Einblicke in die Wirksamkeit von Ernährungsfaktoren und Trends bei Interventionsreaktionen bieten, was insbesondere im Bereich der personalisierten Ernährung von entscheidender Bedeutung ist (Sempionatto et al., 2022).



Figure 4: Integration between smart wearables and health-related research; (compiled by the author)  
Abbildung 4: Integration von Smart Wearables in gesundheitsbezogene Forschung; (eigene Darstellung)

## 2.2 Potentials of incorporating smart devices for menopause management with personalized nutrition

Acknowledging that menopause impacts women in diverse and complex ways, a personalized nutrition approach tailors interventions

## Potenziale der Integration intelligenter Wearables für das Menopausenmanagement mit personalisierter Ernährung

In Anerkennung der Tatsache, dass sich die Wechseljahre auf unterschiedliche und komplexe Weise auf Frauen auswirken, werden bei einem personalisierten Er-

to the unique experiences and needs of each woman for optimized outcomes (Mortazavi & Gutierrez-Osuna, 2023). Supported by appropriate data-analysis techniques, the involvement of these non-invasive smart devices can be further incorporated into the development of menopausal management strategies, particularly personalized nutrition intervention, to capture the individual physiological and even psychological parameters in a more objective, sensitive, real-time, and user-friendly fashion (Godfrey, 2023).

The integration of commercial smart devices and data science holds great promise for quantifying the varying individual experiences, monitoring unique responses to interventions, and optimizing personalized menopause nutrition strategies, which offers innovative platforms for research, dietary practice, and public health initiatives. By harnessing the power of nutrition science and digital health technologies, research and development efforts in the field of personalized nutrition would contribute to the transformation of the menopausal management landscape in the future.

### 2.3 Interim Summary

During the menopausal transition, the number and severity of symptoms can greatly vary not only between different individuals but also throughout the duration of the process for each person. *Figure 5* demonstrates the the variety of changes that might be experienced by women, of which especially those underlined are leading to an impairment of quality of life and reduced working capacity. *Figure 5* also shows an overview of different options to manage the menopausal transition, ranging from medical medication to changes of life style including nutrition adaptation and physical activity. However, those options provide opportunities and limitations. Especially the incorporation of smart devices into menopause management strategies is an objective, sensitive, real-time, and user-friendly way of monitoring the effects of different strategies.

*nährungsansatz die Maßnahmen auf die einzigartigen Erfahrungen und Bedürfnisse jeder Frau zugeschnitten, um optimale Ergebnisse zu erzielen (Mortazavi & Gutierrez-Osuna, 2023). Unterstützt durch geeignete Datenanalysetechniken kann die Einbeziehung dieser nicht-invasiven smart Wearables in die Entwicklung von Strategien für das Management der Wechseljahre, insbesondere von personalisierten Ernährungsinterventionen, einbezogen werden, um die individuellen physiologischen und sogar psychologischen Parameter objektiver, sensibler, in Echtzeit und benutzerfreundlich zu erfassen (Godfrey, 2023).*

*Die Verknüpfung von handelsüblichen intelligenten Wearables und Datenwissenschaft ist vielversprechend, um die unterschiedlichen individuellen Erfahrungen zu quantifizieren, die individuellen Reaktionen auf Interventionen zu überwachen und personalisierte Ernährungsstrategien für die Wechseljahre zu optimieren, was innovative Plattformen für Forschung, Ernährungspraxis und öffentliche Gesundheitsinitiativen bietet. Durch die Nutzung der Möglichkeiten der Ernährungswissenschaft und der digitalen Gesundheitstechnologien würden Forschungs- und Entwicklungsbemühungen im Bereich der personalisierten Ernährung dazu beitragen, die Landschaft des Managements der Wechseljahre in Zukunft zu verändern.*

### Zwischenfazit

*Während der Wechseljahre können Anzahl und Schweregrad der Symptome nicht nur von Frau zu Frau, sondern auch im Verlauf des Prozesses stark variieren. Abbildung 5 veranschaulicht die Vielfalt der möglichen Symptome, die Frauen erfahren können, von denen insbesondere die unterstrichenen Symptome zu einer Beeinträchtigung der Lebensqualität und eingeschränkter Leistungsfähigkeit führen. Abbildung 5 zeigt ebenso verschiedene Möglichkeiten zur Bewältigung der Wechseljahre, die von der medikamentösen Behandlung bis hin zu Änderungen des Lebensstils, einschließlich der Anpassung der Ernährung und der körperlichen Betätigung, reichen, und Chancen bieten aber auch Grenzen haben. Insbesondere die Einbeziehung intelligenter Geräte in die Strategien zur Bewältigung der Wechseljahre ist eine objektive, sensible, Echtzeit- und benutzerfreundliche Möglichkeit, die Auswirkungen der verschiedenen Strategien zu überwachen.*

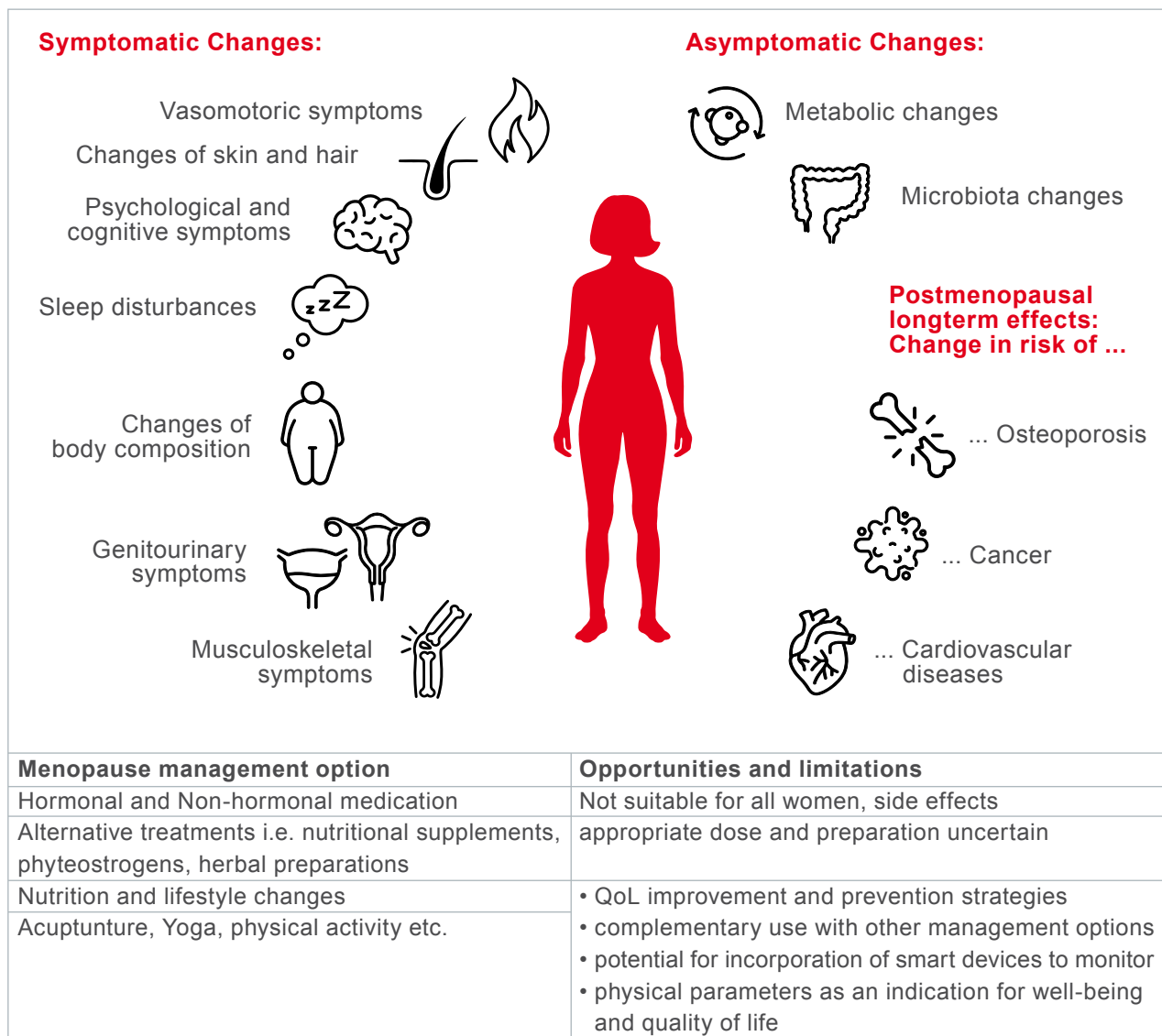


Figure 5: Summary of menopausal symptoms and menopause management options with opportunities and limitations (compiled by the author)  
 Abbildung 5: Übersicht über Wechseljahrsbeschwerden und Managementoptionen für die Wechseljahre mit Chancen und Grenzen (eigene Darstellung)

### 3. Nutrition and selected nutrients during menopause – Literature review

#### 3.1 Effectiveness of special dietary pattern

##### 3.1.1 Mediterranean diet

The Mediterranean diet (MD) is recognized as a healthy, palatable diet characterized by a high content of olive oil, nuts, vegetables, fruits, and whole-grain cereals. It includes a moderate amount of fish and poultry while limiting dairy products, red meat, processed meats, and sweets. Wine is consumed in moderation with meals. An emphasis is the replacement of saturated animal fats with unsaturated vegetable fats, and it is considered rich in bioactive compounds such as polyphenols and omega-3 fatty acids, which have anti-inflammatory and antioxidant properties (Cano et al., 2020; Pugliese et al., 2020). Research consistently shows

### Ernährung und ausgewählte Nährstoffe in der Menopause – Literaturanalyse

#### Effektivität spezieller Ernährungsmuster

##### Mediterrane Ernährung

Die Mittelmeerdiet (MD) gilt als gesunde, schmackhafte Ernährung, die sich durch einen hohen Anteil an Olivenöl, Nüssen, Gemüse, Obst und Vollkorngetreide auszeichnet. Sie enthält mäßig viel Fisch und Geflügel, während Milchprodukte, rotes Fleisch, verarbeitete Fleischsorten und Süßigkeiten eingeschränkt werden. Wein wird in Maßen zu den Mahlzeiten getrunken. Ein Schwerpunkt ist der Ersatz von gesättigten tierischen Fetten durch ungesättigte pflanzliche Fette, sie gilt als reich an bioaktiven Verbindungen wie Polyphenolen und Omega-3-Fettsäuren, die entzündungshemmende und antioxidative Eigenschaften haben (Cano et al., 2020; Pugliese et al., 2020). Die Forschung zeigt immer wieder, dass sich die mediterrane Ernährung

that the Mediterranean diet can have a positive impact on menopausal health. MD is known especially for its positive effects on cardiovascular risk factors such as blood pressure, cholesterol, and blood glucose levels, body weight, and the reduced risk of cardiovascular events and death in peri- and postmenopausal women (Cano et al., 2020; Gonçalves et al., 2024; Pugliese et al., 2020). Moreover, MD can also reduce vasomotor symptoms, joint pain, mood, and symptoms of depression. These effects might be attributed to reduced body weight as a result of adherence to MD especially when combined with low calorie intake (Barrea et al., 2021; Cano et al., 2020; Pugliese et al., 2020; Watt, 2018). European Menopause and Andropause Society (EMAS) suggests that long-term adherence to MD shows maintenance of bone mineral density or improvement in women with osteoporosis, prevention of cognitive decline, reduced risk of breast cancer, and all-cause mortality (Cano et al., 2020). A higher adherence to MD was associated with a lower body fat mass in a study. However, the effects of MD on body fat mass are controversial and need further research (Silva et al., 2021). A dietary pattern emphasizing the intake of fruit, vegetables, whole grains, poultry, fish, nuts, and legumes, as in the MD is associated with a beneficial impact on bone health and density in postmenopausal women (Movassagh and Vatanparast, 2017; Rivas et al., 2013).

Vetrani et al found an association between lower severity of menopausal symptoms and adherence to the Mediterranean diet (Vetrani et al., 2022). However, evidence suggesting dietary patterns may benefit psychological symptoms like depression, anxiety, and cognition so far mostly come from observational studies in the general adult population. Further interventional studies with dietary patterns are needed concentrating on different stages of menopause (Yelland et al., 2023). A literature review of 19 studies revealed an association of a dietary pattern similar to MD with higher consumption of vegetables, whole grains, and unprocessed foods with lower intensity of psychological symptoms, sleep disorders, and vasomotor, urogenital, and somatic symptoms (Noll et al., 2021).

*positiv auf die Gesundheit in den Wechseljahren auswirken kann. Die MD ist vor allem für ihre positiven Auswirkungen auf kardiovaskuläre Risikofaktoren wie Blutdruck, Cholesterin- und Blutzuckerspiegel, Körpergewicht und ein geringeres Risiko für kardiovaskuläre Ereignisse und Tod bei Frauen in der Peri- und Postmenopause bekannt (Cano et al., 2020; Gonçalves et al., 2024; Pugliese et al., 2020). Darüber hinaus kann die MD auch vasomotorische Symptome, Gelenkschmerzen, die Stimmung und Symptome von Depressionen verringern. Diese Wirkungen könnten auf die Verringerung des Körpergewichts infolge der Einhaltung der MD zurückzuführen sein, insbesondere in Kombination mit einer niedrigen Kalorienzufuhr (Barrea et al., 2021; Cano et al., 2020; Pugliese et al., 2020; Watt, 2018). Die European Menopause and Andropause Society (EMAS) weist darauf hin, dass die langfristige Einhaltung der MD bei Frauen mit Osteoporose die Knochenmineraldichte erhält oder verbessert, dem kognitiven Verfall vorbeugt und das Risiko für Brustkrebs und die Gesamtmortalität verringert (Cano et al., 2020). In einer Studie wurde ein höherer Grad der Einhaltung von MD mit einer geringeren Körperfettmasse in Verbindung gebracht. Die Auswirkungen der MD auf die Körperfettmasse sind jedoch umstritten und bedürfen weiterer Forschung (Silva et al., 2021). Ein Ernährungsmuster, bei dem der Schwerpunkt auf dem Verzehr von Obst, Gemüse, Vollkornprodukten, Geflügel, Fisch, Nüssen und Hülsenfrüchten liegt, wie in der MD, wird mit einem positiven Einfluss auf die Knochengesundheit und -dichte bei postmenopausalen Frauen in Verbindung gebracht (Movassagh & Vatanparast, 2017; Rivas et al., 2013).*

*Vetrani et al. fanden einen Zusammenhang zwischen einem geringeren Schweregrad der Wechseljahresbeschwerden und der Einhaltung der MD (Vetrani et al., 2022). Die Belege dafür, dass Ernährungsmuster psychologische Symptome wie Depressionen, Angstzustände und Kognition begünstigen können, stammen bisher jedoch hauptsächlich aus Beobachtungsstudien in der allgemeinen erwachsenen Bevölkerung. Es sind weitere Interventionsstudien mit Ernährungsmustern erforderlich, die sich auf verschiedene Stadien der Menopause konzentrieren (Yelland et al., 2023). Eine Literaturübersicht über 19 Studien ergab einen Zusammenhang zwischen einer MD-ähnlichen Ernährungsweise mit einem höheren Verzehr von Gemüse, Vollkornprodukten und unverarbeiteten Lebensmitteln und einer geringeren Intensität von psychologischen Symptomen, Schlafstörungen sowie vasomotorischen, urogenitalen und somatischen Symptomen (Noll et al., 2021).*

### 2.1.2 Low-fat diet

Current evidence suggests that low-fat, plant-based diets in general are associated with beneficial effects on body composition, but further studies are needed to confirm these results in postmenopausal women. (Silva et al., 2021). Further, low-fat diets are associated with benefits for metabolic risk factors, weight loss, and cancer risk. In the Women's Health Initiative Dietary Modification Trial which included 48 835 women in the age of 50 – 79 years of age. The participating women followed a low-fat diet with increased fruit; vegetable, and fiber intake, and participants who lost weight during the trial reported a reduction or elimination of vasomotor symptoms. (Kroenke et al., 2012). The same study shows a long-term beneficial effect on body composition and suggests a reduced risk of death as a result of breast cancer and benefits on cardiovascular disease and diabetes in postmenopausal women in the intervention group. (Carty et al., 2011; Chlebowski et al., 2017; Prentice et al., 2019). A further study with low-fat diet intervention showed reduced total cholesterol as well as a beneficial change of high and low-density lipoproteins in the intervention group (Wu et al., 2014).

### 2.1.3 Other food patterns

A further study investigated the association of the degree of food processing with the intensity of menopausal symptoms and found a higher intensity of vasomotor, sexual, somatic, and memory and concentration symptoms with a higher intake of ultra-processed foods (Noll et al., 2022). For weight loss during menopause, a general calorie restriction is suggested. For example, the German Adiposity Society recommends a reduction of 500 – 600 kcal (Hauner et al., 2019). There are various calorie-restricted diets, thus the composition of macronutrients is debatable and neither a low-carbohydrate, low-fat diet nor a high-protein diet seems to have superior effects on weight loss (Kapoor et al., 2017). However, this does not apply to the effect on cardiovascular risk factors, where low-carbohydrate diets rather lower triglyceride levels; low-fat diets have a greater beneficial effect on low-density lipoproteins. (Silva et al., 2021). Inter-

### Fettarme Ernährung

*Die derzeitigen Erkenntnisse deuten darauf hin, dass eine fettarme, pflanzenorientierte Ernährung im Allgemeinen mit positiven Auswirkungen auf die Körperzusammensetzung verbunden ist, doch sind weitere Studien erforderlich, um diese Ergebnisse bei Frauen nach der Menopause zu bestätigen (Silva et al., 2021). Außerdem werden fettarme Diäten mit Vorteilen für metabolische Risikofaktoren, Gewichtsverlust und Krebsrisiko in Verbindung gebracht. An der Women's Health Initiative Dietary Modification Trial nahmen 48 835 Frauen im Alter von 50 bis 79 Jahren teil. Die teilnehmenden Frauen hielten sich an eine fettarme Diät mit erhöhtem Obst-, Gemüse- und Ballaststoffverzehr. Teilnehmerinnen, die während der Studie Gewicht verloren, berichteten über eine Verringerung oder Beseitigung vasomotorischer Symptome. (Kroenke et al., 2012). Dieselbe Studie zeigt eine langfristige positive Wirkung auf die Körperzusammensetzung und deutet auf ein verringertes Risiko für Brustkrebs und Vorteile bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Diabetes bei postmenopausalen Frauen in der Interventionsgruppe hin. (Carty et al., 2011; Chlebowski et al., 2017; Prentice et al., 2019). Eine weitere Studie mit einer fettarmen Diätintervention zeigte eine Verringerung des Gesamtcholesterins sowie eine positive Veränderung der Lipoproteine hoher und niedriger Dichte in der Interventionsgruppe (Wu et al., 2014).*

### Andere Ernährungsmuster

*Eine weitere Studie untersuchte den Zusammenhang zwischen dem Grad der Lebensmittelverarbeitung und der Intensität der Wechseljahrsbeschwerden und fand eine höhere Intensität vasomotorischer, sexueller, somatischer sowie Gedächtnis- und Konzentrationssymptome bei einem höheren Verzehr ultraverarbeiteter Lebensmittel (Noll et al., 2022). Zur Gewichtsabnahme in den Wechseljahren wird eine allgemeine Kalorienbeschränkung empfohlen. Die Deutsche Adipositas-Gesellschaft empfiehlt zur Gewichtsabnahme zum Beispiel eine Reduktion von 500 - 600 kcal/pro Tag (Hauner et al., 2019). Es gibt verschiedene kalorienbeschränkte Diäten, wobei die Zusammensetzung der Makronährstoffe umstritten ist und weder eine kohlenhydrat- und fettarme noch eine eiweißreiche Diät überlegene Effekte auf die Gewichtsabnahme zu haben scheint (Kapoor et al., 2017). Dies gilt jedoch nicht für die Auswirkungen auf kardiovaskuläre Risikofaktoren, bei denen kohlenhydratarms Diäten eher den Triglyceridspiegel senken; fettarme Diäten haben eine größere positive Wirkung auf Low-Density-Lipoproteine (Silva*



mittent fasting is a popular diet regimen with numerous positive effects. There are not many clinical studies performed on this topic. However, a literature review summarizing clinical and preclinical results suggested that intermittent fasting could be beneficial for numerous experienced symptoms of menopause like metabolic health, mental health, and the risk of cancer (Nair & Khawale, 2016).

## 2.2 Evidence for dietary supplements and related foods

While a balanced diet rich in whole foods, fruits, vegetables, lean proteins, and healthy fats is crucial for overall health and well-being during menopause, dietary supplements or foods rich in certain micronutrients can provide important health benefits for menopausal females, such as supporting bone health, cardiovascular health, mood regulation, cognitive function, and alleviating menopausal symptoms (Silva et al., 2021). Within the wide range of micronutrients or dietary supplements, certain vitamins and minerals, omega-3 fatty acids, and phytoestrogens have been frequently associated with beneficial effects for menopausal females to support their health and alleviate symptoms associated with menopause (Yelland et al., 2023).

### 3.2.1 Vitamins and minerals

Vitamins and minerals play essential roles in supporting overall health and well-being during menopause. Calcium and vitamin D have attracted more research attention for their role in bone health as the former is the key component of bone tissue, and the latter enhances calcium absorption and regulates calcium levels in the blood. Loss of bone mass and osteoporosis becomes a significant concern during menopause due to declining estrogen levels (Rizzoli et al., 2014). A large volume of studies has demonstrated that a simultaneous higher intake of calcium and vitamin D from dietary sources and supplements has been proposed to preserve bone density during and after menopause (Silva et al., 2021).

Taking the European Guidance for the Diagnosis and Management of Osteoporosis in Post-

*et al., 2021). Intermittierendes Fasten ist ein beliebtes Ernährungsmuster mit zahlreichen positiven Effekten. Es gibt nicht viele klinische Studien, die zu diesem Thema durchgeführt wurden. Eine Literaturübersicht, die klinische und präklinische Ergebnisse zusammenfasst, deutet jedoch darauf hin, dass intermittierendes Fasten für zahlreiche Symptome der Menopause wie Stoffwechsel, psychische Gesundheit und Krebsrisiko von Vorteil sein könnte (Nair & Khawale, 2016).*

## **Evidenz für Nahrungsergänzungsmittel und verwandte Lebensmittel**

*Eine ausgewogene Ernährung, die reich an Vollwertkost, Obst, Gemüse, magerem Eiweiß und gesunden Fetten ist, ist zwar für die allgemeine Gesundheit und das Wohlbefinden in den Wechseljahren von entscheidender Bedeutung, doch können Nahrungsergänzungsmittel oder Lebensmittel, die reich an bestimmten Mikronährstoffen sind, wichtige gesundheitliche Vorteile für Frauen in den Wechseljahren bieten, z. B. zur Unterstützung der Knochengesundheit, der kardiovaskulären Gesundheit, der Stimmungsregulierung, der kognitiven Funktion und zur Linderung von Wechseljahrsbeschwerden (Silva et al., 2021). Innerhalb des breiten Spektrums an Mikronährstoffen oder Nahrungsergänzungsmitteln werden bestimmte Vitamine und Mineralstoffe, Omega-3-Fettsäuren und Phytoöstrogene häufig mit positiven Auswirkungen auf die Gesundheit von Frauen in den Wechseljahren und mit der Linderung von Wechseljahrsbeschwerden in Verbindung gebracht (Yelland et al., 2023).*

### **Vitamine und Mineralstoffe**

*Vitamine und Mineralstoffe spielen eine wichtige Rolle für die allgemeine Gesundheit und das Wohlbefinden in den Wechseljahren. Kalzium und Vitamin D haben aufgrund ihrer Rolle für die Knochengesundheit mehr Aufmerksamkeit in der Forschung erregt, da Kalzium der Hauptbestandteil des Knochengewebes ist, während Vitamin D die Kalziumaufnahme fördert und den Kalziumspiegel im Blut reguliert. Der Verlust von Knochenmasse und Osteoporose wird in den Wechseljahren aufgrund des sinkenden Östrogenspiegels zu einem großen Problem (Rizzoli et al., 2014). Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass eine gleichzeitige höhere Zufuhr von Kalzium und Vitamin D aus der Nahrung und aus Nahrungsergänzungsmitteln die Knochendichte während und nach der Menopause erhalten kann (Silva et al., 2021).*

*In den Europäischen Leitlinien für die Diagnose und Behandlung von Osteoporose bei Frauen nach der*

menopausal Women for an example, with a recommended daily intake of 800 mg of calcium and 400 IU of vitamin D for adults in general, the recommendations for females over 50 years of age were elevated to 1000-1300 mg/day for calcium and 800 IU for vitamin D (Kanis et al., 2013). Compared to supplements, food might be the preferable source of calcium as its supplement is associated with increased risks of cardiovascular conditions and kidney stones (Yong & Logan, 2021). Dairy products are the richest dietary source of calcium, the recommended dietary intake for calcium can be met with four to five servings of dairy products. A meta-analysis of the role of combined calcium and vitamin D supplementation for osteoporosis in postmenopausal women found that dairy products fortified with calcium and vitamin D have a favorable effect on bone mineral density, but the preventative effects of calcium and vitamin D on bone fractures are inconclusive (Liu et al., 2020). Although some studies have suggested the VMS relief effects of certain minerals and vitamins, such as vitamin E, the evidence is limited (Djapardy & Panay, 2022).

### 3.2.2 Omega-3 fatty acids

Mainly comprised of docosahexaenoic acid (DHA), eicosapentaenoic acid (EPA), and alpha-linoleic acid (ALA) (Fig. 6), omega-3 fatty acids are a group of polyunsaturated fatty acids with various critical physiological functions throughout the body (Calder, 2012). The primary sources of EPA and DHA are fatty fish and seafood such as salmon, mackerel, and herring, and they can be also converted from ALA to a lower extent. However, ALA can only be provided by plant-based food sources such as seeds and nuts (Shahidi & Ambigaipalan, 2018). Omega-3 fatty acids supplements come in various forms, and the most common ones include fish, cod liver, krill, algal, and flaxseed oils. Algal and flaxseed oils contain primarily DHA and ALA, respectively. Fish and cod liver oils both contain EPA and DHA in triglyceride forms, while krill oil contains the two omega-3 fatty acids in phospholipid forms, which are associated with higher bioavailability (Ulven et al., 2011).

*Menopause wurde beispielsweise eine empfohlene Tageszufuhr von 800 mg Kalzium und 400 IE Vitamin D für Erwachsene im Allgemeinen festgelegt, während die Empfehlungen für Frauen über 50 Jahre auf 1000-1300 mg/Tag für Kalzium und 800 IE für Vitamin D angehoben wurden (Kanis et al., 2013). Im Vergleich zu Nahrungsergänzungsmitteln könnte natürliche Nahrung die bessere Kalziumquelle sein, da die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln mit einem erhöhten Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Nierensteine verbunden ist (Yong & Logan, 2021). Milchprodukte sind die reichhaltigste Quelle für Kalzium in der Ernährung; die empfohlene Tageszufuhr für Kalzium kann mit vier bis fünf Portionen Milchprodukten gedeckt werden. Eine Metaanalyse über die Rolle einer kombinierten Kalzium- und Vitamin-D-Supplementierung bei Osteoporose bei postmenopausalen Frauen ergab, dass mit Kalzium und Vitamin D angereicherte Milchprodukte eine günstige Wirkung auf die Knochenmineraldichte haben, jedoch die präventive Wirkung von Kalzium und Vitamin D auf Knochenbrüche nicht einheitlich belegt ist (Liu et al., 2020). Obwohl einige Studien auf die erleichternde Wirkung bestimmter Mineralien und Vitamine, wie Vitamin E, auf vasomotorische Symptome hinweisen, ist die Beweislage begrenzt (Djapardy & Panay, 2022).*

### Omega-3-Fettsäuren

*Omega-3-Fettsäuren, die hauptsächlich aus Docosahexaensäure (DHA), Eicosapentaensäure (EPA) und Alpha-Linolensäure (ALA) bestehen (Abb. 6), sind eine Gruppe mehrfach ungesättigter Fettsäuren mit verschiedenen wichtigen physiologischen Funktionen im Körper (Calder, 2012). Die wichtigsten Quellen für EPA und DHA sind fetter Fisch und Meeresfrüchte wie Lachs, Makrele und Hering, und sie können in geringerem Umfang auch aus ALA umgewandelt werden. ALA kann jedoch nur aus pflanzlichen Nahrungsquellen wie Samen und Nüssen gewonnen werden (Shahidi & Ambigaipalan, 2018). Nahrungsergänzungsmittel mit Omega-3-Fettsäuren gibt es in verschiedenen Formen, und zu den gängigsten gehören Fisch-, Lebertran-, Krill-, Algen- und Leinsamenöl. Algen- und Leinsamenöl enthalten hauptsächlich DHA bzw. ALA. Fisch- und Lebertran enthalten beide EPA und DHA in Form von Triglyceriden, während Krillöl die beiden Omega-3-Fettsäuren in Form von Phospholipiden enthält, die eine höhere Bioverfügbarkeit aufweisen (Ulven et al., 2011).*

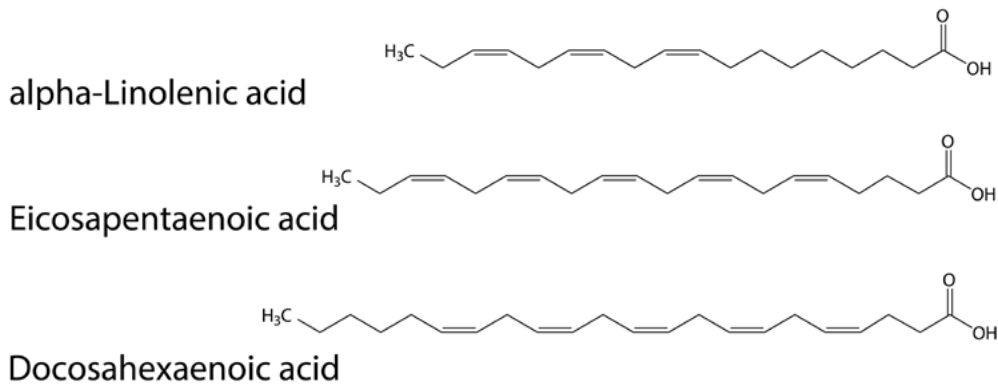


Figure 6: Chemical structures of major omega-3 fatty acids; (logos2012 – stock.adobe.com)  
 Abbildung 6: Chemische Strukturen der wichtigsten Omega-3-Fettsäuren; (logos2012 – stock.adobe.com)

Cardiovascular health-promoting effects such as lowering triglyceride levels, reducing blood pressure, and improving endothelial function have been attributed to the anti-inflammatory properties of the metabolites of omega-3 fatty acids and their roles in regulating blood lipid profile (Calder, 2012; De Roos et al., 2009). While abundant intakes of fatty fishes, nuts, and seeds are recommended as favorable sources of protein and fat in a healthier diet for the general public, there is still a lack of evidence on the preventative functions of omega-3 fatty acids from either food sources or supplements towards cardiovascular diseases from clinical trials (Sánchez-Borrego et al., 2017; Shahidi and Ambigaipalan, 2018). As integral structural and functional components of cell membranes, omega-3 fatty acids are particularly abundant in the central neural system and exert key functions in intracellular signaling processes (Calder, 2012). They are in turn widely promoted for neuroprotective properties and have been associated with benefits on cognitive function and mood regulation, randomized clinical trials on the therapeutic effects of omega-3 fatty acid supplements on mental and cognitive conditions have yielded inconclusive results in either studies involving both gender or studies specifically targeted at menopausal females (Ciappolino et al., 2018; Decandia et al., 2022; Lange, 2020). Although preliminary studies associated the supplementation of omega-3 fatty acids with the reduction of severity of the hot flash of menopausal females, the effect was not supported by better-designed randomized trials (Ciappolino et al., 2018).

Similarly, the preventative effects of omega-3 fatty acids on breast cancers are controversial,

*Die gesundheitsfördernden Wirkungen auf das Herz-Kreislauf-System, wie die Senkung des Triglyceridspiegels, die Senkung des Blutdrucks und die Verbesserung der Endothelfunktion, werden den entzündungshemmenden Eigenschaften der Metaboliten von Omega-3-Fettsäuren und ihrer Rolle bei der Regulierung des Blutfettprofils zugeschrieben (Calder, 2012; De Roos et al., 2009). Während die reichliche Aufnahme von fettem Fisch, Nüssen und Samen als günstige Protein- und Fettquellen in einer gesünderen Ernährung für die Allgemeinheit empfohlen wird, gibt es immer noch keinen Nachweis über die präventiven Funktionen von Omega-3-Fettsäuren aus Nahrungsquellen oder Nahrungsergänzungsmitteln in Bezug auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen aus klinischen Studien (Sánchez-Borrego et al., 2017; Shahidi & Ambigaipalan, 2018). Als integrale strukturelle und funktionelle Bestandteile von Zellmembranen sind Omega-3-Fettsäuren besonders häufig im zentralen Nervensystem vorhanden und üben Schlüsselfunktionen bei intrazellulären Signalprozessen aus (Calder, 2012). In randomisierten klinischen Studien zur therapeutischen Wirkung von Omega-3-Fettsäurepräparaten auf mentale und kognitive Zustände wurden jedoch keine eindeutigen Ergebnisse erzielt, weder in Studien, die beide Geschlechter einschlossen, noch in Studien, die speziell auf Frauen in den Wechseljahren ausgerichtet waren (Ciappolino et al., 2018; Decandia et al., 2022; Lange, 2020). Obwohl vorläufige Studien einen Zusammenhang zwischen der Supplementierung von Omega-3-Fettsäuren und der Verringerung des Schweregrads von Hitzewallungen bei Frauen in den Wechseljahren herstellten, wurde diese Wirkung nicht durch besser konzipierte randomisierte Studien unterstützt (Ciappolino et al., 2018).*

*Auch die präventiven Wirkungen von Omega-3-Fettsäuren auf Brustkrebs sind umstritten, wobei wider-*

with contradictory results obtained from different clinical studies with various designs (Sánchez-Borrego et al., 2017). The anti-inflammatory benefits of omega-3 fatty acids were also suggested to contribute to bone health, but a systematic review of eight randomized controlled trials highlighted the lack of evidence on the effects of omega-3 fatty acids on bone mass density and other bone turnover markers (Shen et al., 2017).

### 3.2.3 Phytoestrogens

Phytoestrogens are naturally occurring as plant secondary metabolites that structurally and functionally mimic some of the effects of estrogen, the primary female sex hormone (Petrine & Del Bianco-Borges, 2021). The major classes of phytoestrogens are isoflavones (i.e. genistein, daidzein, and glycitein) and lignans (i.e. secoisolariciresinol and matairesinol).

Predominantly found in soybeans and soy products (tofu, tempeh, soy milk), as well as in other legumes, isoflavones are characterized by a phenyl ring attached to a heterocyclic ring that resembles the structure of estrogen (Fig. 7). Abundant in flaxseeds, sesame seeds, whole grains, and certain fruits and vegetables, lignans have a diverse structure which generally consists of two phenylpropane units (Patra et al., 2023) (Fig. 7). Isoflavones are primarily consumed in foods as glycosides in which isoflavone unit is bound to a sugar moiety. In the digestive tract, enzymes cleave the sugar moiety, converting them into isoflavone aglycones and then partially metabolized into products like equol which then enter blood circulation with the directly absorbed isoflavones (Fig. 8). Similarly, lignans also exist in their precursors in food sources and are metabolized to bioactive forms by the gut microorganism before absorption (Petrine & Del Bianco-Borges, 2021).

Phytoestrogen supplements are available in various forms, such as pills, capsules, and powders, with isoflavone-based supplements derived from soy being the most common due to the raw material availability and relatively higher bioactivity (Canivenc-Lavier & Bennetau-Pelissero, 2023; Chen & Chen, 2021).

*sprüchliche Ergebnisse aus verschiedenen klinischen Studien mit unterschiedlichem Design vorliegen (Sánchez-Borrego et al., 2017). Die entzündungshemmenden Wirkungen von Omega-3-Fettsäuren sollen auch zur Knochengesundheit beitragen, aber eine systematische Überprüfung von acht randomisierten kontrollierten Studien zeigte, dass es an Beweisen für die Auswirkungen von Omega-3-Fettsäuren auf die Knochenmassendichte und andere Knochenumsatzmarker mangelt (Shen et al., 2017).*

### Phytoöstrogene

*Phytoöstrogene sind natürlich vorkommende sekundäre Pflanzenstoffe, die strukturell und funktionell einige der Wirkungen von Östrogen, dem primären weiblichen Geschlechtshormon, nachahmen (Petrine & Del Bianco-Borges, 2021). Die wichtigsten Klassen von Phytoöstrogenen sind Isoflavone (d.h. Genistein, Daidzein und Glycitein) und Lignane (d.h. Secoisolariciresinol und Matairesinol).*

*Isoflavone sind vor allem in Sojabohnen und Sojaprodukten (Tofu, Tempeh, Sojamilch) sowie in anderen Hülsenfrüchten enthalten und zeichnen sich durch einen Phenylring aus, der an einen heterozyklischen Ring gebunden ist, der der Struktur von Östrogen ähnelt (Abb. 7). Die in Leinsamen, Sesamsamen, Vollkorngetreide und bestimmten Obst- und Gemüsesorten reichlich vorhandenen Lignane haben eine vielfältige Struktur, die im Allgemeinen aus zwei Phenylpropaneinheiten besteht (Patra et al., 2023) (Abb. 7). Isoflavone werden in Lebensmitteln hauptsächlich in Form von Glykosiden aufgenommen, bei denen die Isoflavoneinheit an eine Zuckereinheit gebunden ist. Im Verdauungstrakt spalten Enzyme die Zuckerkomponente und wandeln sie in Isoflavon-Aglykone um, die dann teilweise in Produkte wie Equol umgewandelt werden, die dann mit den direkt aufgenommenen Isoflavonen in den Blutkreislauf gelangen (Abb. 8). In ähnlicher Weise kommen Lignane auch in ihren Vorstufen in Nahrungsmitteln vor und werden vor der Absorption durch Darmmikroorganismen in bioaktive Formen umgewandelt (Petrine & Del Bianco-Borges, 2021).*

*Phytoöstrogene sind in verschiedenen Formen erhältlich, z.B. als Pillen, Kapseln und Pulver, wobei Präparate auf Isoflavonbasis, die aus Soja gewonnen werden, aufgrund der Verfügbarkeit des Rohstoffs und der relativ höheren Bioaktivität am häufigsten verwendet werden (Canivenc-Lavier & Bennetau-Pelissero, 2023; Chen & Chen, 2021).*

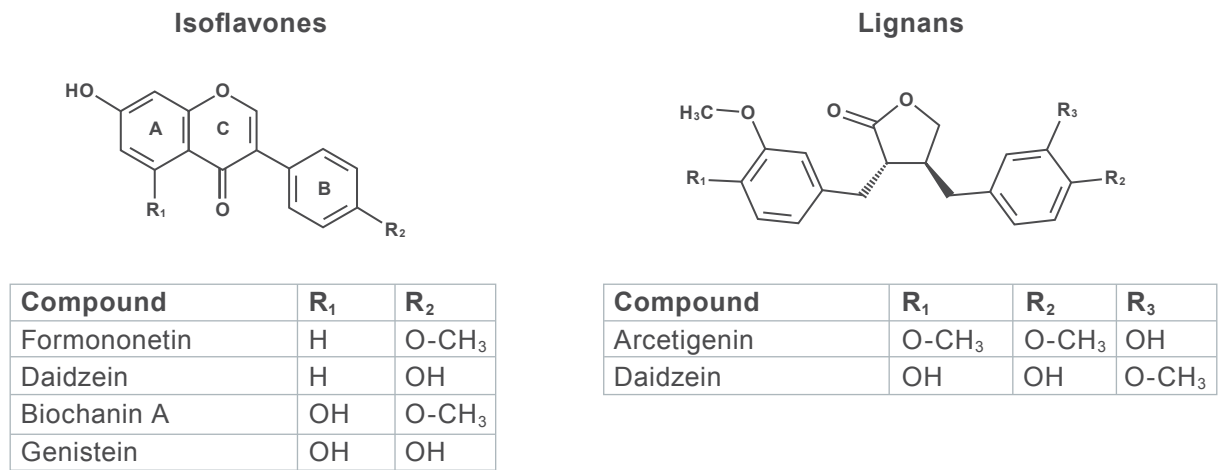


Figure 7: Chemical structures of the major phytoestrogens associated with menopause beneficial effects; (Ionescu et al., 2021, adapted)

Abbildung 7: Chemische Strukturen der wichtigsten Phytoöstrogene, die mit den positiven Auswirkungen der Menopause in Verbindung gebracht werden; (Ionescu et al., 2021, angepasst)

The major physiological mechanism associated with phytoestrogens' potential health benefits is their binding capacity to estrogen receptors throughout the body. Able to modulate estrogenic activity and mitigate the decline in endogenous estrogen levels, phytoestrogen may offer protective effects against a range of menopause-related conditions (Petrine & Del Bianco-Borges, 2021). Research on such potential health benefits of phytoestrogen supplements and phytoestrogen-rich diets has expanded significantly over the past decade, covering various health aspects from vasomotor symptoms and urogenital conditions to chronic conditions like diabetes, cardiovascular diseases, and osteoporosis, as well as mental health and cognitive capacity issues associated with menopause (Khalid, 2020; Petrine & Del Bianco-Borges, 2021). Systematic reviews and meta-analyses have generally shown that isoflavone supplements from soy can reduce the frequency and severity of hot flashes and other vasomotor symptoms during menopause (Oh et al., 2024). Improvements in vaginal dryness and overall urogenital health in postmenopausal women have been also frequently associated with phytoestrogen intake, particularly through dietary soy or supplements (Abdi et al., 2021).

Some research findings suggest the beneficial roles of phytoestrogen consumption in reducing bone loss, elevating glycemic control, protecting cardiovascular systems, preventing breast cancer, treating sleep disturbances, im-

Der wichtigste physiologische Mechanismus, der mit den potenziellen gesundheitlichen Vorteilen von Phytoöstrogenen in Verbindung gebracht wird, ist ihre Bindungsfähigkeit an Östrogenrezeptoren im gesamten Körper. Da Phytoöstrogene in der Lage sind, die Östrogenaktivität zu modulieren und den Rückgang des endogenen Östrogenspiegels abzuschwächen, können sie schützende Wirkungen gegen eine Reihe von Erkrankungen im Zusammenhang mit der Menopause haben (Petrine & Del Bianco-Borges, 2021). Die Forschung zu den potenziellen gesundheitlichen Vorteilen von Phytoöstrogenen in Nahrungsergänzungsmitteln und phytoestrogenreicher Ernährung hat sich in den letzten zehn Jahren erheblich ausgeweitet und deckt verschiedene Gesundheitsaspekte ab, von vasomotorischen Symptomen und urogenitalen Erkrankungen bis hin zu chronischen Erkrankungen wie Diabetes, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Osteoporose sowie Fragen der psychischen Gesundheit und der kognitiven Fähigkeiten im Zusammenhang mit den Wechseljahren (Khalid, 2020; Petrine & Del Bianco-Borges, 2021). Systematische Übersichten und Metaanalysen haben im Allgemeinen gezeigt, dass Isoflavonpräparate aus Soja die Häufigkeit und den Schweregrad von Hitzewallungen und anderen vasomotorischen Symptomen in den Wechseljahren reduzieren können (Oh et al., 2024). Verbesserungen der vaginalen Trockenheit und der allgemeinen urogenitalen Gesundheit bei postmenopausalen Frauen wurden ebenfalls häufig mit der Einnahme von Phytoöstrogenen in Verbindung gebracht, insbesondere durch Soja in der Nahrung oder durch Nahrungsergänzungsmittel (Abdi et al., 2021).

Einige Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass der Verzehr von Phytoöstrogenen den Knochenschwund verringert, die Kontrolle des Blutzuckerspiegels verbessert, das Herz-Kreislauf-System schützt, Brustkrebs vor-

proving mental health, and benefiting cognitive capacity for postmenopausal females, the evidence from clinical trials is unclear and inconsistent (Jieyun et al., 2020; Oh et al., 2024; Patra et al., 2023; Petrine & Del Bianco-Borges, 2021; Polasek et al., 2023; Wolters et al., 2020). The contribution of a phytochemical-rich diet to general health status is more likely to be attributed to the lower consumption of unhealthy fats, and higher intake of vitamins and dietary fibers by substituting animal proteins with plant protein sources like soybeans and other legumes (Błaszczuk et al., 2022; Canivenc-Lavier & Bennetau-Pelissero, 2023). While phytoestrogens are generally considered safe for most people when consumed as part of a balanced diet, the long-term safety and efficacy of higher-dose supplements remain subjects of ongoing research (Patra et al., 2023).

Although the growing body of research on phytoestrogens offers insights into their potential health benefits in menopausal transition, results vary across studies by the baseline severity of symptoms, dosage, and the individual's capacity to metabolize phytoestrogens into more potent metabolites like equol (Chen & Chen, 2021). Some epidemiological studies suggest an enhanced protective effect of phytoestrogens, especially in populations like East Asians with a long-term habitual intake of phytoestrogen-rich foods (Canivenc-Lavier & Bennetau-Pelissero, 2023), but the genetic, physiological, or environmental factors associated with the variations in the capacity to utilize phytoestrogens have not been clarified.

*beugt, Schlafstörungen behandelt, die psychische Gesundheit verbessert und die kognitiven Fähigkeiten von Frauen nach der Menopause fördert, aber die Beweise aus klinischen Studien sind unklar und widersprüchlich (Jieyun et al., 2020; Oh et al., 2024; Patra et al., 2023; Petrine & Del Bianco-Borges, 2021; Polasek et al., 2023; Wolters et al., 2020). Der Beitrag einer an sekundären Pflanzenstoffen reichen Ernährung zum allgemeinen Gesundheitszustand ist wahrscheinlich eher auf den geringeren Verzehr ungesunder Fette und die höhere Aufnahme von Vitaminen und Ballaststoffen, sowie durch den Ersatz tierischer Proteine durch pflanzliche Proteinquellen wie Sojabohnen und andere Hülsenfrüchte zurückzuführen (Błaszczuk et al., 2022; Canivenc-Lavier & Bennetau-Pelissero, 2023). Während Phytoöstrogene im Allgemeinen als unbedenklich für die meisten Menschen gelten, wenn sie im Rahmen einer ausgewogenen Ernährung konsumiert werden, sind die langfristige Sicherheit und Wirksamkeit von höher dosierten Nahrungsergänzungsmitteln weiterhin Gegenstand laufender Untersuchungen (Patra et al., 2023).*

*Obwohl die wachsende Zahl von Forschungsarbeiten zu Phytoöstrogenen Einblicke in ihren potenziellen gesundheitlichen Nutzen beim Übergang in die Wechseljahre bietet, variieren die Ergebnisse der einzelnen Studien je nach Ausgangsschwere der Symptome, der Dosierung und der Fähigkeit des Einzelnen, Phytoöstrogene in wirksamere Metaboliten wie Equol umzuwandeln (Chen & Chen, 2021). Einige epidemiologische Studien deuten auf eine verstärkte Schutzwirkung von Phytoöstrogenen hin, insbesondere in Bevölkerungsgruppen wie Ostasiaten mit einem langfristigen gewohnheitsmäßigen Verzehr Phytoöstrogen-reicher Lebensmittel (Canivenc-Lavier & Bennetau-Pelissero, 2023). Die genetischen, physiologischen oder umweltbedingten Faktoren, die mit den Variationen in der Fähigkeit, Phytoöstrogene zu verwerten, in Zusammenhang stehen, sind jedoch noch nicht geklärt.*

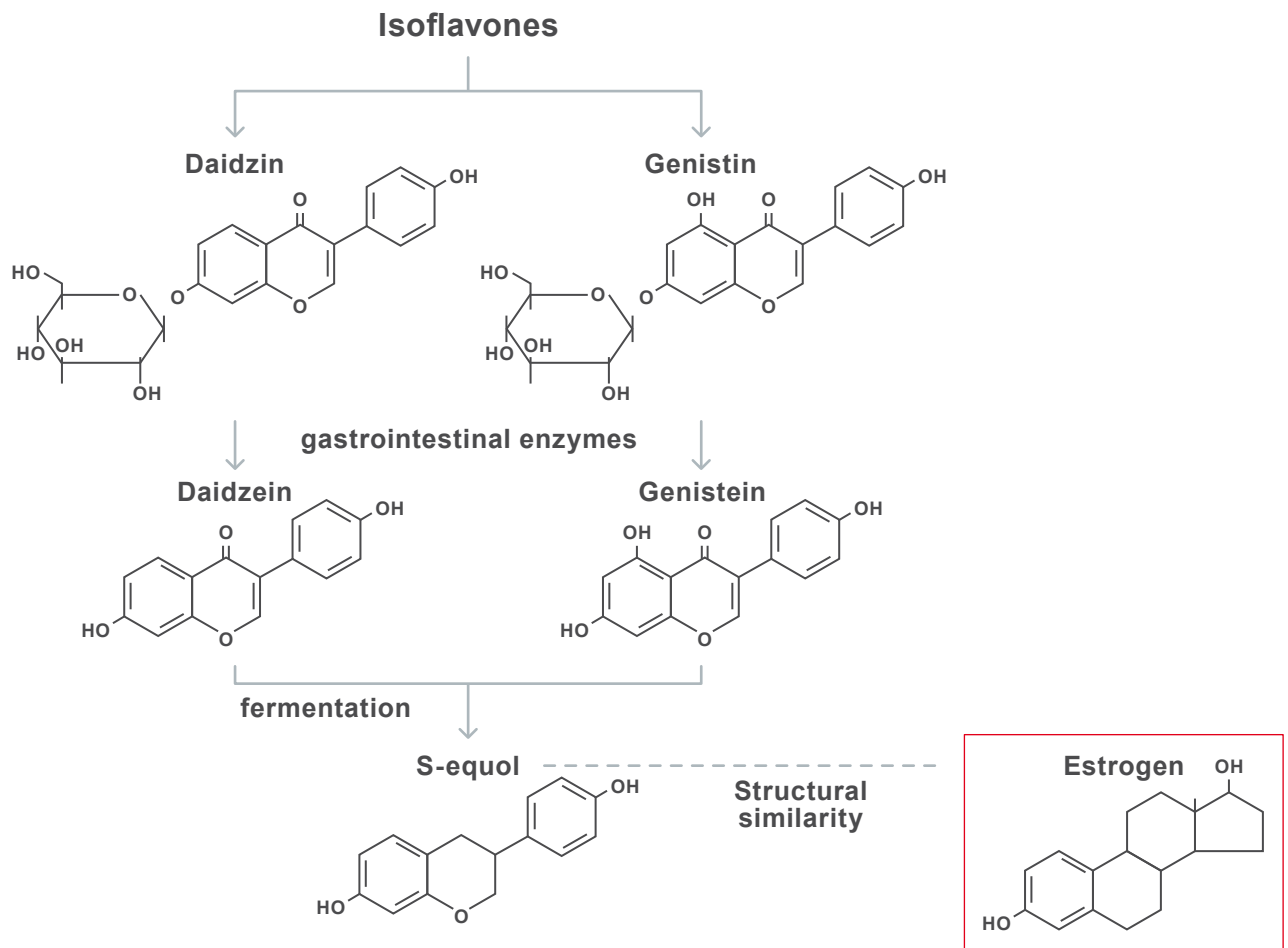


Figure 8: Transformation of isoflavones by metabolic actions of gastrointestinal enzymes; (Chen & Chen, 2021)  
 Abbildung 8: Umwandlung von Isoflavonen durch metabolische Wirkungen von gastrointestinalen Enzymen; (Chen & Chen, 2021)

The heterogeneities among the study results on the effects of the micronutrients and phytoestrogens on menopause symptoms and related conditions can be attributed to various reasons. Participants with different baseline characteristics may respond differently to interventions, leading to heterogeneity in results. Variability in the baseline health status of study participants, including differences in menopausal stage, overall health, and presence of comorbidities, can influence study outcomes. Individual differences in hormonal fluctuations during menopause, such as changes in estrogen levels and hormone receptor sensitivity, may also contribute to heterogeneity in results. Variations in dietary intake and nutritional status among participants, including differences in nutrient intake, dietary patterns, and nutrient deficiencies, can affect the effectiveness of interventions. Individuals with inadequate intake of micronutrients or phytoestrogens may derive greater benefits

Die Heterogenität der Studienergebnisse zu den Auswirkungen von Mikronährstoffen und Phytoöstrogenen auf Wechseljahrsbeschwerden und damit zusammenhängende Erkrankungen kann auf verschiedene Gründe zurückgeführt werden. Teilnehmende mit unterschiedlichen Ausgangsmerkmalen reagieren möglicherweise unterschiedlich auf die Interventionen, was zu einer Heterogenität der Ergebnisse führt. Die Variabilität des gesundheitlichen Ausgangszustands der Studienteilnehmende, einschließlich der Unterschiede im Stadium der Wechseljahre, des allgemeinen Gesundheitszustands und des Vorhandenseins von Begleiterkrankungen, kann die Ergebnisse von Studien beeinflussen. Individuelle Unterschiede in den Hormonschwankungen während der Wechseljahre, wie z. B. Veränderungen des Östrogenspiegels und der Hormonrezeptorempfindlichkeit, können ebenfalls zur Heterogenität der Ergebnisse beitragen. Schwankungen in der Nahrungsaufnahme und im Ernährungszustand der Teilnehmer, einschließlich Unterschieden in der Nährstoffaufnahme, den Ernährungsmustern und Nährstoffmängeln, können die Wirksamkeit der Maßnahmen beeinträchtigen. Personen mit einer unzureichenden Aufnahme von Mikronährstoffen

from supplementation compared to those with sufficient intake (Sánchez-Borrego et al., 2017). In particular, the effectiveness of phytoestrogens for these purposes can vary widely among individuals, influenced by factors gut microbiota composition, genetic differences, and dietary habits in estrogen receptor and phytoestrogen metabolism (Chen & Chen, 2021).

Meanwhile, inconsistency in study design, including differences in sample size, study duration, participant characteristics, and methods of assessment, contribute to heterogeneity in results.

The variations in doses and forms of micronutrients or phytoestrogens add to the difficulties in comparison of findings across studies. Inconsistencies in study findings underscore the need for further investigation to fully understand the implications of phytoestrogen use for various health conditions. A recurring theme in the research on dietary menopausal management is the considerable variability in individual responses, highlighting the need for personalized dietary and supplement recommendations. In addition, the landscape of research on dietary supplements and functional foods for menopausal women has been predominantly focused on symptom relief and disease prevention, but this symptom- or condition-specific approach has inadvertently left a gap in understanding the broader impact of these interventions on the overall QoL for menopausal women. Although symptom management and disease prevention are crucial, they represent only a portion of a woman's overall QoL.

The psychological, social, and emotional aspects of the menopausal transition, which significantly impact QoL, have received less attention in the context of dietary interventions, suggesting that the potential for dietary supplements and functional foods to improve aspects such as mood, energy levels, social functioning, and sexual health remains underexplored. Incorporating validated QoL assessment tools and methodology, future research is warranted to evaluate how dietary supplements and functional foods impact the holistic well-being of menopausal women.

*oder Phytoöstrogenen profitieren möglicherweise stärker von einer Supplementierung als Personen mit einer ausreichenden Aufnahme (Sánchez-Borrego et al., 2017). Insbesondere die Wirksamkeit von Phytoöstrogenen für diese Zwecke kann von Person zu Person stark variieren, was durch Faktoren wie die Zusammensetzung der Darmmikrobiota, genetische Unterschiede und Ernährungsgewohnheiten im Östrogenrezeptor- und Phytoöstrogenstoffwechsel beeinflusst wird (Chen & Chen, 2021).*

*Darüber hinaus trägt die Inkonsistenz des Studiendesigns, einschließlich der Unterschiede im Stichprobenumfang, der Studiendauer, der Teilnehmermerkmale und der Bewertungsmethoden, zur Heterogenität der Ergebnisse bei.*

*Die unterschiedlichen Dosierungen und Formen von Mikronährstoffen oder Phytoöstrogenen erschweren den Vergleich der Ergebnisse verschiedener Studien zusätzlich. Unstimmigkeiten in den Studienergebnissen unterstreichen die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen, um die Auswirkungen der Verwendung von Phytoöstrogenen auf verschiedene Gesundheitszustände vollständig zu verstehen. Ein immer wiederkehrendes Thema in der Forschung zur diätetischen Behandlung der Wechseljahre ist die beträchtliche Variabilität der individuellen Reaktionen, was den Bedarf an personalisierten Ernährungs- und Ergänzungsempfehlungen unterstreicht. Zusätzlich konzentrierte sich die Forschung zu Nahrungsergänzungsmitteln und funktionellen Lebensmitteln für Frauen in den Wechseljahren überwiegend auf die Linderung von Symptomen und die Vorbeugung von Krankheiten. Dieser symptom- oder krankheitsspezifische Ansatz hat jedoch unbeabsichtigt eine Lücke im Verständnis der umfassenderen Auswirkungen dieser Interventionen auf die allgemeine Lebensqualität von Frauen in den Wechseljahren hinterlassen. Obwohl die Behandlung von Symptomen und die Vorbeugung von Krankheiten von entscheidender Bedeutung sind, machen sie nur einen Teil der gesamten Lebensqualität einer Frau aus.*

*Den psychologischen, sozialen und emotionalen Aspekten des Übergangs in die Wechseljahre, die sich erheblich auf die Lebensqualität auswirken, wurde im Zusammenhang mit Ernährungsinterventionen weniger Aufmerksamkeit geschenkt, was darauf hindeutet, dass das Potenzial von Nahrungsergänzungsmitteln und funktionellen Lebensmitteln zur Verbesserung von Aspekten wie Stimmung, Energielevel, soziales Funktionieren und sexuelle Gesundheit noch nicht ausreichend erforscht ist. Unter Einbeziehung validierter Instrumente und Methoden zur Bewertung der Lebensqualität sollte in Zukunft untersucht werden, wie sich Nahrungsergänzungsmittel und funktionelle Lebensmittel auf das ganzheitliche Wohlbefinden von Frauen in den Wechseljahren auswirken.*



### 3.3 Role of personalized nutrition

So far, there is no generally accepted definition of personalized nutrition. The research group of the DHBW Heilbronn has established the following definition of personalized nutrition as a basis for its work in 2021: Personalized nutrition is a diet that exceeds general nutritional recommendations; it is individualized nutrition that optimizes a person's health status and well-being in the long term. Individual factors like personal, anthropometric, clinical, metabolomic, genetic, and epigenetic factors, as well as the composition of the gut microbiota, may be taken into account (Lotz et al., 2022).

### Die Rolle der personalisierten Ernährung

Bislang gibt es keine allgemein anerkannte Definition von personalisierter Ernährung. Die Forschungsgruppe der DHBW Heilbronn hat die folgende Definition von personalisierter Ernährung als Grundlage für ihre Arbeit im Jahr 2021 festgelegt: Personalisierte Ernährung ist eine Ernährung, die über allgemeine Ernährungsempfehlungen hinausgeht; es ist eine individualisierte Ernährung, die den Gesundheitszustand und das Wohlbefinden einer Person langfristig optimiert. Dabei können individuelle Faktoren wie persönliche, anthropometrische, klinische, metabolische, genetische und epigenetische Faktoren sowie die Zusammensetzung der Darmmikrobiota berücksichtigt werden (Lotz et al., 2022).

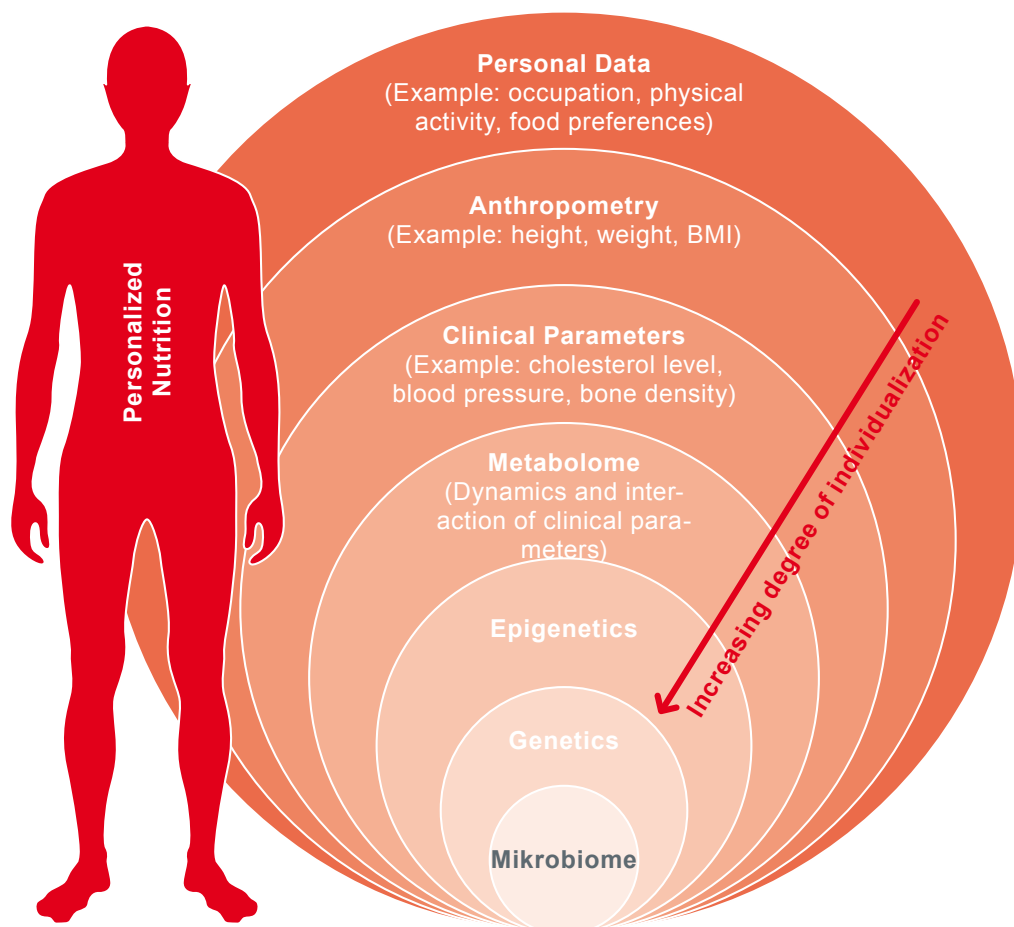


Figure 9: The shell model of personalized nutrition considering the degree of individualization (DHBW 2021)

Abbildung 9: Das Schalenmodell der personalisierten Ernährung unter Berücksichtigung des Individualisierungsgrades (DHBW 2021)

Figure 9 shows the shell model which depicts the factors that influence individual nutrition. These factors are interconnected and influence each other. The degree of individualization increases from the outer to the inner shells. Nevertheless, personalization is possible at any level of the model, regardless of the use of previous or following shells. Personalized nu-

Abbildung 9 zeigt das Schalenmodell, das die Faktoren darstellt, die die individuelle Ernährung beeinflussen. Diese Faktoren sind miteinander verknüpft und beeinflussen sich gegenseitig. Der Grad der Individualisierung nimmt von den äußeren zu den inneren Schalen zu. Dennoch ist eine Personalisierung auf jeder Ebene des Modells möglich, unabhängig von der Verwendung der vorherigen oder nachfolgenden Schalen. Personalisier-

trition, as understood by the DHBW research group, has the aim to support each individual in achieving a healthier diet in order to prevent or stop the development of civilization diseases to stay healthy in old age for as long as possible (Friedrichs et al., 2022).

Personalized nutrition as a therapeutic intervention is not new. Nutritional counseling by specialists in dietary assistance, ecotrophology, and nutritional science is basically the classic form of personalized nutrition. It is applied as a therapeutic measure in the case of special life circumstances, such as pregnancy or diseases like diabetes mellitus, for example. It acts on the basis of medical diagnoses and aims to help people in need of therapy regarding the individually appropriate food and beverage selection and the practical implementation of nutrition therapy (Lotz et al., 2022).

The menopausal transition is accompanied by many physical, hormonal, and psychological changes which are influenced by a number of individual ethnic, psychological, and socio-cultural factors. The number of experienced symptoms, onset, severity, frequency, and duration are highly individual and symptoms can occur in any combination (Duralde et al., 2023; Santoro et al., 2021; Talaulikar, 2022). "Every woman's experience of the menopausal transition is unique, and a one-size-fits-all approach to the management of symptoms does not work" (Talaulikar, 2022). Studies testing the effects of personalized nutrition on the occurrence or severity of experienced symptoms during menopause are not available yet. However, a personalized nutrition approach could be beneficial in menopausal women to increase the quality of life in this phase of a woman's life and to prevent long-term diseases. Targeted nutrition would consider the individual social, physical, and psychological state according to the shells in the model above.

### 3.4 Interim summary

Different dietary patterns have partly shown positive effects on occurrence and severity of menopausal symptoms. Research indicates a positive impact of the Mediterranean Diet on menopausal health, reducing cardiovascular risk factors, vasomotor symptoms, joint pain, mood swings, and depression,

*te Ernährung, wie sie von der DHBW-Forschungsgruppe verstanden wird, hat das Ziel, jeden Einzelnen dabei zu unterstützen, sich gesünder zu ernähren, um der Entstehung von Zivilisationskrankheiten vorzubeugen oder sie zu stoppen, um im Alter so lange wie möglich gesund zu bleiben (Friedrichs et al., 2022).*

*Personalisierte Ernährung als therapeutische Intervention ist nicht neu. Die Ernährungsberatung durch Fachleute der Diätassistenten, der Ökotrophologie und der Ernährungswissenschaft ist im Grunde die klassische Form der personalisierten Ernährung. Sie wird als therapeutische Maßnahme bei besonderen Lebensumständen, wie z.B. Schwangerschaft oder Krankheiten wie Diabetes mellitus, eingesetzt. Sie agiert auf der Basis medizinischer Diagnosen und zielt darauf ab, therapiebedürftige Menschen bei der individuell geeigneten Auswahl von Lebensmitteln und Getränken sowie der praktischen Umsetzung der Ernährungstherapie zu unterstützen (Lotz et al., 2022).*

*Der Übergang in die Wechseljahre wird von vielen körperlichen, hormonellen und psychischen Veränderungen begleitet, die von einer Reihe individueller ethnischer, psychologischer und soziokultureller Faktoren beeinflusst werden. Die Anzahl der auftretenden Symptome, der Zeitpunkt des Beginns, ihr Schweregrad, ihre Häufigkeit und ihre Dauer sind sehr individuell, zusätzlich können die Symptome in jeder beliebigen Kombination auftreten (Duralde et al., 2023; Santoro et al., 2021; Talaulikar, 2022). „Jede Frau erlebt den Übergang in die Wechseljahre anders, und ein einheitlicher Ansatz für die Behandlung der Symptome funktioniert nicht“ (Talaulikar, 2022). Studien, die die Auswirkungen einer personalisierten Ernährung auf das Auftreten oder den Schweregrad von Symptomen in den Wechseljahren untersuchen, liegen noch nicht vor. Ein personalisierter Ernährungsansatz könnte jedoch bei Frauen in den Wechseljahren von Vorteil sein, um die Lebensqualität in dieser Lebensphase zu erhöhen und langfristigen Erkrankungen vorzubeugen. Eine gezielte Ernährung könnte den individuellen sozialen, physischen und psychischen Status entsprechend den Schalen im obigen Modell berücksichtigen.*

### Zwischenfazit

*Verschiedene Ernährungsmuster haben teilweise positive Auswirkungen auf das Auftreten und den Schweregrad von Wechseljahrsbeschwerden gezeigt. Forschungsergebnisse deuten auf einen positiven Einfluss der mediterranen Ernährung auf die Gesundheit in den Wechseljahren hin: Sie reduziert kardiovaskuläre Risikofaktoren, vasomotorische Symptome, Gelenkschmerzen,*

while potentially maintaining bone density and preventing cognitive decline, breast cancer, and all-cause mortality. Calorie-restricted diets are known to be effective for weight loss, with specific effects on cardiovascular risk factors varying by macronutrient composition. A low-fat diet, with emphasizes on plant-based foods, seems to have shown beneficial effects on body composition, metabolic risk factors, weight loss and additionally a reduction of cancer risk is discussed in scientific community. Besides, studies suggest it can reduce vasomotor symptoms and improve cardiovascular health. Other dietary patterns highlight the negative impact of ultra-processed foods on menopausal symptoms. Intermittent fasting shows promise for metabolic and mental health benefits during menopause. Dietary supplements and related foods, rich in vitamins, minerals, omega-3 fatty acids, and phytoestrogens, support bone health, cardiovascular health, mood regulation, and cognitive function. However, the evidence on their efficacy varies, with some studies showing benefits in reducing hot flashes, improving urogenital health, and enhancing overall well-being, while others are inconclusive.

Menopausal symptoms vary greatly in their number, onset, severity, frequency, and duration, and can occur in any combination. A personalized approach, which takes into account individual physical, social and psychological factors, may improve dietary interventions' effectiveness during menopause, addressing each woman's unique symptoms. While there are no studies yet on the effects of personalized nutrition specifically for menopausal symptoms, this approach could benefit menopausal women by increasing quality of life and preventing long-term diseases.

*Stimmungsschwankungen und Depressionen, darüber hinaus erhält sie möglicherweise die Knochendichte und beugt kognitiven Beeinträchtigungen, Brustkrebs vor und senkt die Gesamtmortalität. Es ist bekannt, dass kalorienreduzierte Diäten bei der Gewichtsabnahme wirksam sind, wobei die spezifischen Auswirkungen auf kardiovaskuläre Risikofaktoren je nach Makronährstoffzusammensetzung variieren. Eine fettarme Ernährung mit einem hohen Anteil an pflanzlichen Lebensmitteln wirkt sich positiv auf die Körperzusammensetzung, metabolische Risikofaktoren und die Gewichtsabnahme aus und wird in der wissenschaftlichen Gemeinschaft auch als Möglichkeit zur Verringerung des Krebsrisikos diskutiert. Außerdem legen Studien nahe, dass eine fettarme Ernährung vasomotorische Symptome reduziert und die kardiovaskuläre Gesundheit verbessern kann. Andere Studien weisen auf die negativen Auswirkungen von hoch verarbeiteten Lebensmitteln auf Wechseljahrsbeschwerden hin, wohingegen Studien zum intermittierenden Fasten Vorteile für den Stoffwechsel und die psychische Gesundheit in den Wechseljahren versprechen. Nahrungsergänzungsmittel und ähnliche Lebensmittel, die reich an Vitaminen, Mineralien, Omega-3-Fettsäuren und Phytoöstrogenen sind, unterstützen die Knochengesundheit, die kardiovaskuläre Gesundheit, die Stimmungsregulierung und die kognitiven Funktionen. Die Studien zur Wirksamkeit von Nahrungsergänzungsmitteln sind jedoch uneinheitlich: Einige Studien zeigen Vorteile bei der Verringerung von Hitzewallungen, der Verbesserung der urogenitalen Gesundheit und der Steigerung des allgemeinen Wohlbefindens, während andere nicht schlüssig sind.*

*Wechseljahrsbeschwerden sind in ihrer Anzahl, ihrem Auftreten, ihrer Schwere, ihrer Häufigkeit und ihrer Dauer sehr unterschiedlich und können in jeder Kombination auftreten. Ein personalisierter Ansatz, der die individuellen körperlichen, sozialen und psychologischen Faktoren berücksichtigt, kann die Wirksamkeit von Ernährungsmaßnahmen in den Wechseljahren verbessern, indem so auf die individuellen Symptome jeder Frau eingegangen werden kann. Zwar gibt es noch keine Studien über die Auswirkungen einer personalisierten Ernährung speziell bei Wechseljahrsbeschwerden, doch könnte dieser Ansatz Frauen in den Wechseljahren helfen, die Lebensqualität zu erhöhen und langfristig Erkrankungen vorzubeugen.*

#### 4. Integration of digital health technologies in health management

The fast progress of digital health technologies has transformed the landscape of health monitoring and intervention. Integrating advanced sensor and data technologies, these user-friendly devices offer new possibilities not only for commercial end user-oriented applications for personalized health management but also research innovations in related fields (Chopade et al., 2023). Miniaturization of electronics largely promotes the development of portable and wearable devices for tracking physical, bioelectrical, and electrochemical signals associated with health status. There has been a consistent research interest in the innovation of wearable sensors for in situ non-invasive analysis of chemicals in body fluids, while commercially available smart health monitoring devices generally leverage sophisticated sensors for physical and bioelectrical signals. Both innovative and commercial sensor-based wearables or portable devices have gained increasing popularity in the studies of health management for more seamless and timely tracking of the effect of interventions.

##### 4.1 Research innovation of wearable sensors for biochemical monitoring

The innovation of wearable biochemical sensors for in situ noninvasive analysis of body fluids represents a rapidly evolving area of research, harnessing the advancement in fields of material science, chemistry, bioengineering, electronics, microfluidics, and nanotechnology (Mahato & Wang, 2021). These sensors aim to monitor various biomarkers, such as pH, glucose, metabolites, electrolytes, protein and peptides, hormones, alcohol, drugs, and toxins, present in body fluids such as sweat, tears, and saliva in a noninvasive manner, providing real-time insights into an individual's health status and metabolic processes.

Table 1 provides a snapshot of the common targeting biomarkers in body fluids for wearable sensors. Wearable sensors designed for analyzing sweat offer the advantages of accessibility, simplicity of collection, and richness in biomarkers, making them particularly feasible and attractive for the development of "lab-on-the-skin" to noninvasively monitor

#### Integration von digitalen Gesundheitstechnologien in das Gesundheitsmanagement

Der rasche Fortschritt der digitalen Gesundheitstechnologien hat die Landschaft des Gesundheitsmonitorings und -intervention verändert. Durch die Integration fortschrittlicher Sensor- und Datentechnologien bieten diese benutzerfreundlichen Geräte nicht nur neue Möglichkeiten für kommerzielle, endnutzerorientierte Anwendungen für das personalisierte Gesundheitsmanagement, sondern auch für Forschungsinnovationen in verwandten Bereichen (Chopade et al., 2023). Die Miniaturisierung der Elektronik fördert in hohem Maße die Entwicklung von Wearables und tragbarer Geräte zur Erfassung physikalischer, bioelektrischer und elektrochemischer Signale im Zusammenhang mit dem Gesundheitszustand. Das Forschungsinteresse an der Innovation tragbarer Sensoren für die nichtinvasive In-situ-Analyse von Chemikalien in Körperflüssigkeiten ist ungebrochen, während kommerziell erhältliche intelligente Gesundheitsüberwachungsgeräte im Allgemeinen hochentwickelte Sensoren für physikalische und bioelektrische Signale nutzen. Sowohl innovative als auch kommerzielle sensorgestützte Wearables oder tragbare Geräte erfreuen sich zunehmender Beliebtheit in Studien zum Gesundheitsmanagement, um die Wirkung von Maßnahmen nahtlos und zeitnah verfolgen zu können.

##### Forschungsinnovation für tragbare Sensoren zur biochemischen Überwachung

Die Innovation tragbarer biochemischer Sensoren für die nichtinvasive In-situ-Analyse von Körperflüssigkeiten ist ein sich rasch entwickelnder Forschungsbereich, der sich die Fortschritte in den Bereichen Materialwissenschaft, Chemie, Biotechnik, Elektronik, Mikrofluidik und Nanotechnologie zunutze macht (Mahato & Wang, 2021). Diese Sensoren zielen darauf ab, verschiedene Biomarker wie pH-Wert, Glukose, Metaboliten, Elektrolyte, Proteine und Peptide, Hormone, Alkohol, Drogen und Toxine in Körperflüssigkeiten wie Schweiß, Tränen und Speichel auf nichtinvasive Weise zu überwachen und so in Echtzeit Einblicke in den Gesundheitszustand und die Stoffwechselprozesse einer Person zu geben.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die gängigen Biomarker in Körperflüssigkeiten, die für tragbare Sensoren geeignet sind. Tragbare Sensoren für die Analyse von Schweiß bieten die Vorteile der Zugänglichkeit, der einfachen Erfassung und des Reichtums an Biomarkern, was sie für die Entwicklung eines „Labors auf der Haut“ zur nichtinvasiven Überwachung von Gesundheit und physiologischen Zuständen besonders

health and physiological states (Ghaffari et al., 2021; Mahato & Wang, 2021).

*geeignet und attraktiv macht (Ghaffari et al., 2021; Mahato & Wang, 2021).*

Table 1: Examples of biomarkers in body fluids measurable by research-based wearable sensors (Sempionatto et al., 2022; Gao et al., 2023)

*Tabelle 1: Beispiele für Biomarker in Körperflüssigkeiten, die mit forschungsbasierten, tragbaren Sensoren gemessen werden können (Sempionatto et al., 2022; Gao et al., 2023)*

Type	Biomarker/Analyte	Associated Health Conditions/Diseases
Metabolite	Glucose	Diabetes, metabolic disorders
	Lactate	Muscle fatigue, physical performance, oxygenation status
	Uric Acid	Gout, kidney disease
	Cholesterol	Cardiovascular health, metabolic syndrome
	Ammonia	Liver function, metabolic disorders
	Creatinine	Kidney function
Electrolyte	Sodium	Hydration status, electrolyte imbalance
	Potassium	Electrolyte imbalance, kidney function
Hormone	Cortisol	Stress response, adrenal function, circadian rhythm disorders
	Oxytocin	Psychological conditions, social bonding, stress
Protein	C-reactive protein (CRP)	Inflammation, infections, chronic diseases
	Immunoglobulin A (IgA)	Immune function, mucosal immunity
	Interleukin-6 (IL-6)	Inflammation, immune response, cardiovascular diseases
Indicator	pH	Skin health, hydration status, metabolic balance
Toxin/Drug	Alcohol (Ethanol)	Alcohol consumption monitoring
	Nicotine/Cotinine	Smoking status, exposure to tobacco smoke
	Tetrahydrocannabinol (THC)	Cannabis use
	Heavy metals	Exposure to heavy metals
	Pesticides	Exposure to pesticides

The choice of analytical strategies depends on the target biomarker, the required sensitivity and specificity, the nature of the body fluid, and the practical considerations for wearable technology. The most widely applied analytical approach for wearable noninvasive sensors is electrochemical detection. Applying a potential across an electrode interface, the technique measures the current produced by the redox reaction of the target analyte (Zhao, K. et al., 2022).

Another commonly utilized approach is optical detection, where changes in light absorption, fluorescence, or colorimetric are involved in chemical detection (Kaur et al., 2023). Besides electrochemical and optic biosensing strategies, numerous other analytical approaches have been introduced for biosensing on wearable platforms. In a recent review, bioaffinity sensors and intermolecular force modulations have been suggested as emerging analytical strategies with application potentials in the related field (Sempionatto et al., 2022). The selectivity of sensor devices for target analytes in complex biological matrices, such as body fluids, is a critical aspect of their functionality. Wearable sensors for bio-

*Die Wahl der Analysestrategien hängt vom Ziel-Biomarker, der erforderlichen Empfindlichkeit und Spezifität, der Art der Körperflüssigkeit und den praktischen Erwägungen für die tragbare Technologie ab. Der am weitesten verbreitete analytische Ansatz für tragbare nichtinvasive Sensoren ist die elektrochemische Detektion. Durch Anlegen eines Potentials an eine Elektrodenschnittstelle wird bei dieser Technik der Strom gemessen, der durch die Redoxreaktion des Zielanalyten entsteht (Zhao, K. et al., 2022).*

*Ein weiterer häufig genutzter Ansatz ist die optische Detektion, bei der Veränderungen in der Lichtabsorption, Fluoreszenz oder Kolorimetrie zum chemischen Nachweis herangezogen werden (Kaur et al., 2023). Neben elektrochemischen und optischen Biosensorik-Strategien wurden zahlreiche andere analytische Ansätze für die Biosensorik auf tragbaren Plattformen eingeführt. In einer kürzlich erschienenen Übersichtsarbeit wurden Bioaffinitätssensoren und intermolekulare Kraftmodulationen als aufkommende analytische Strategien mit Anwendungspotenzial in diesem Bereich vorgeschlagen (Sempionatto et al., 2022). Die Selektivität von Sensorgeräten für Zielanalyten in komplexen biologischen Matrices, wie z. B. Körperflüssigkeiten, ist ein entscheidender Aspekt ihrer Funktionalität. Tragbare Sensoren für die bio-*

chemical monitoring can achieve selectivity through physical or chemical surface modification for an elevated affinity for the target biochemicals (Park et al., 2021). The selectivity of electrochemical sensors was obtained by optimizing the electrode potential within a specific voltage range that triggers the redox process of a target analyte (Gao et al., 2023). In addition to the hardware-based strategies, signal processing techniques, such as pattern recognition, statistical analysis, and machine learning algorithms, can be utilized to further filter the target signal (Deng et al., 2023).

However, changes in health conditions are generally associated with the fluctuations of multiple biomarkers. The approach for simultaneous monitoring of multiple analytes is termed “multiplexing”. Based on the design of a sensor array targeting the selected target analytes, the development of a multiplexed sensing platform warrants more sophisticated optimizations and integrations of selective elements, analytical strategies, and signal processing (Sempionatto et al., 2022). While wearable sensors for noninvasive analysis of body fluids hold potential for personalized health management, their further development and application are facing considerable challenges. The natural complexity, variability, and fluctuations in the composition of body fluids pose a significant challenge to selectivity, sensitivity, accuracy, and reliability in measurements (Zhao, H. et al., 2022). Sophisticated data processing algorithms are needed to interpret the complex signals generated by these sensors accurately, requiring advanced analytics and machine learning techniques to manage and analyze the vast amounts of data produced. Furthermore, the associations between levels of biochemical markers in body fluids and specific health conditions are still far from established (Mahato & Wang, 2021). Integrating these sensors into wearable devices that are comfortable and durable for prolonged wear, while also extending battery life and facilitating data transmission, presents additional engineering and design problems (Park et al., 2021). Given the challenges warranting tremendous research and development efforts, the applications of innovative wearable sensors for health monitoring are largely performed for academic purposes (Ayyanu et al., 2023). Apart from wearable

*chemische Überwachung können Selektivität durch physikalische oder chemische Oberflächenmodifikation für eine erhöhte Affinität für die biochemischen Zielstoffe erreichen (Park et al., 2021). Die Selektivität elektrochemischer Sensoren wurde durch die Optimierung des Elektrodenpotenzials innerhalb eines bestimmten Spannungsbereichs erreicht, der den Redoxprozess eines Zielanalyten auslöst (Gao et al., 2023). Zusätzlich zu den hardwarebasierten Strategien können Signalverarbeitungstechniken wie Mustererkennung, statistische Analyse und Algorithmen für maschinelles Lernen eingesetzt werden, um das Zielsignal weiter zu filtern (Deng et al., 2023).*

*Veränderungen des Gesundheitszustands sind jedoch in der Regel mit Schwankungen mehrerer Biomarker verbunden. Der Ansatz zur gleichzeitigen Überwachung mehrerer Analyten wird als „Multiplexing“ bezeichnet. Basierend auf dem Design eines Sensorarrays, das auf die ausgewählten Zielanalyten abzielt, erfordert die Entwicklung einer Multiplex-Sensorplattform anspruchsvollere Optimierungen und Integrationen von selektiven Elementen, analytischen Strategien und Signalverarbeitung (Sempionatto et al., 2022). Während tragbare Sensoren für die nichtinvasive Analyse von Körperflüssigkeiten Potenzial für ein personalisiertes Gesundheitsmanagement bieten, stehen ihre weitere Entwicklung und Anwendung vor erheblichen Herausforderungen. Die natürliche Komplexität, Variabilität und Schwankungen in der Zusammensetzung von Körperflüssigkeiten stellen eine erhebliche Herausforderung für die Selektivität, Empfindlichkeit, Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Messungen dar (Zhao, H. et al., 2022). Zur genauen Interpretation der komplexen Signale, die von diesen Sensoren erzeugt werden, sind hochentwickelte Datenverarbeitungsalgorithmen erforderlich, die fortschrittliche Analyse- und maschinelle Lernverfahren zur Verwaltung und Analyse der riesigen Datenmengen erfordern. Darüber hinaus sind die Zusammenhänge zwischen den Werten biochemischer Marker in Körperflüssigkeiten und bestimmten Gesundheitszuständen noch lange nicht geklärt (Mahato & Wang, 2021). Die Integration dieser Sensoren in tragbare Geräte, die auch bei längerem Tragen bequem und haltbar sind und gleichzeitig die Batterielebensdauer verlängern und die Datenübertragung erleichtern, stellt zusätzliche technische und gestalterische Probleme dar (Park et al., 2021). Angesichts der Herausforderungen, die enorme Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen rechtfertigen, werden die Anwendungen innovativer tragbarer Sensoren für die Gesundheitsüberwachung weitgehend für akademische Zwecke durchgeführt (Ayyanu et al., 2023). Abgesehen*

blood glucose monitors, commercialized wearable biochemical sensor devices are scarce (Mortazavi & Gutierrez-Osuna, 2023).

von tragbaren Blutzuckermessgeräten gibt es nur wenige kommerzielle tragbare biochemische Sensorgeräte (Mortazavi & Gutierrez-Osuna, 2023).

#### 4.2 Commercial smart wearables for personal health

Commercial smart wearable health monitoring devices, such as smart wristbands and smart rings, are generally based on the combination of sophisticated physical and bioelectrical sensors and data processing algorithms for the interpretation of the collected signals (Escobar-Linero et al., 2023).

Table 2 provides an overview of the key parameters, measurement targets, and sensors commonly involved in commercial smart wearables. Depending on the target market and use, commercial smart wearable devices can be roughly described as more consumer- or clinical-oriented (Hughes et al., 2023; Vos et al., 2023). The more consumer-oriented products, such as devices from Fitbit, Apple Watch, Samsung, and Xiaomi, are marketed towards a wider population and embedded with more features beyond health monitoring. The clinical-oriented products such as devices from Empatica, are approved by regulation bodies for diagnostic purposes and focused more on medical or research applications.

#### Kommerzielle intelligente Wearables für die persönliche Gesundheit

Kommerzielle intelligente, tragbare Geräte zum Gesundheitsmonitoring wie intelligente Armbänder und intelligente Ringe basieren im Allgemeinen auf der Kombination hochentwickelter physikalischer und bioelektrischer Sensoren und Datenverarbeitungsalgorithmen für die Auswertung der erfassten Signale (Escobar-Linero et al., 2023).

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die wichtigsten Parameter, Messziele und Sensoren, die üblicherweise in kommerziellen Smart Wearables eingesetzt werden. Je nach Zielmarkt und Verwendung können kommerzielle Smart Wearables grob als eher verbraucher- oder klinisch orientiert beschrieben werden (Hughes et al., 2023; Vos et al., 2023). Die eher verbraucherorientierten Produkte, wie z. B. Geräte von Fitbit, Apple Watch, Samsung und Xiaomi, werden an eine breitere Bevölkerung vermarktet und verfügen über mehr Funktionen als das Gesundheitsmonitoring. Die klinisch orientierten Produkte, wie z. B. die Geräte von Empatica, sind von Regulierungsbehörden für Diagnosezwecke zugelassen und konzentrieren sich eher auf medizinische oder Forschungsanwendungen.

Table 2: Common physical and bioelectrical parameters measured by commercial smart wearables (Limketkai et al., 2021; Hughes et al., 2023)

Tabelle 2: Übliche physikalische und bioelektrische Parameter, die von kommerziellen intelligenten Wearables gemessen werden (Limketkai et al., 2021; Hughes et al., 2023)

Parameters	Measurement targets	Sensor
Movement and orientation	Steps, gestures, physical activities, calories burned, sleeping quality	Accelerometer (ACC), Gyroscopes
Blood Volume Pulse (BVP): blood volume changes	Heart rate, cardiovascular health, stress level, fitness level	Photoplethysmography (PPG) sensor
Heart Rate (HR): heartbeats per minute Heart Rate Variability (HRV): Variability in time intervals between heartbeats	Cardiovascular health, stress level, fitness level	Heart rate (HR) monitors; Electrocardiography (ECG) sensor; PPG sensor
Oxygen Saturation (SpO <sub>2</sub> ): oxygen-saturated hemoglobin percentage	Respiratory function, oxygen level, sleep quality, fitness level	Pulse oximetry sensor
Electrodermal Activity (EDA): skin electrical conductivity	Emotional states, stress level, and cognitive workload	Galvanic Skin Response (GSR) sensor
Skin temperature	Core body temperature, metabolic changes, ovulation cycle, sleep quality, stress level	Temperature Sensors
Body composition	Fat percentage, muscle mass, water percentage	Electrodes for Bioelectrical Impedance Analysis (BIA)

Consumer-oriented wearables are commonly integrated with personalized recommendation apps, creating a seamless ecosystem that facilitates health monitoring, analysis, and personalized advice (Limketkai et al., 2021). Based on the synced metrics including but not restricted to activity levels, sleep patterns, heart rate, body composition, and emotional status, the personal fitness and dietary recommendation Apps respond with personalized workout plans, dietary suggestions, and lifestyle changes aimed at the user's specific health goals. Efficient utilization of user input and the data from smart devices warrants the development of models and algorithms that generate evidence-based recommendations. Simpler dietary recommendation systems often rely on rule-based models which operate on a set of predefined rules or guidelines, such as those from nutritional authorities or scientific research, to generate rather general recommendations based on user specifications on basic demographics, activity levels, food consumption, medical conditions, and health targets. The large volume of data measured by personal health smart devices can be better utilized by more sophisticated machine learning algorithms (Chopade et al., 2023).

These models, capable of handling large historical datasets, such as collaborative filtering, predictive modeling, and reinforcement learning, are designed to identify complex patterns and correlations that could assist more precise dietary recommendations. Despite the popularity of the integration between personal well-being mobile Apps and smart wearables, most of the health-promoting applications are designed for the general public, while the menopause-tracking Apps are scarcely integrated with smart wearables for symptom recording or recommendation generation. In addition, the common menopause management Apps also suffer from the lack of expert input and evidence-based information (Paripoorani et al., 2023). The perspectives for digital personalized menopause management applications have been identified as the development of research-oriented wearable-app integrations with evidence-based approaches to monitor, evaluate, and provide recommendations for aspects of menopause (Godfrey, 2023).

*Verbraucherorientierte Wearables werden in der Regel in personalisierte Empfehlungs-Apps integriert, wodurch ein nahtloses Ökosystem entsteht, das die Gesundheitsüberwachung, Analyse und personalisierte Beratung ermöglicht (Limketkai et al., 2021). Auf der Grundlage der synchronisierten Messdaten, einschließlich, aber nicht beschränkt auf Aktivitätsniveau, Schlafmuster, Herzfrequenz, Körperzusammensetzung und emotionalen Status, reagieren die Apps für persönliche Fitness- und Ernährungsempfehlungen mit personalisierten Trainingsplänen, Ernährungsvorschlägen und Lebensstiländerungen, die auf die spezifischen Gesundheitsziele des Nutzers ausgerichtet sind. Eine effiziente Nutzung der Benutzereingaben und der Daten von intelligenten Geräten rechtfertigt die Entwicklung von Modellen und Algorithmen, die evidenzbasierte Empfehlungen generieren. Einfachere Systeme für Ernährungsempfehlungen stützen sich häufig auf regelbasierte Modelle, die auf der Grundlage einer Reihe von vordefinierten Regeln oder Richtlinien, z. B. von Ernährungsbehörden oder aus der wissenschaftlichen Forschung, eher allgemeine Empfehlungen auf der Grundlage von Benutzereingaben zu grundlegenden demografischen Daten, Aktivitätsniveau, Lebensmittelkonsum, Gesundheitszustand und Gesundheitszielen generieren. Die große Menge an Daten, die von intelligenten Geräten für die persönliche Gesundheit gemessen werden, kann durch ausgefeiltere Algorithmen für maschinelles Lernen besser genutzt werden (Chopade et al., 2023).*

*Diese Modelle, die in der Lage sind, große historische Datensätze zu verarbeiten, wie z. B. kollaboratives Filtern, prädiktive Modellierung und Verstärkungslernen, sind darauf ausgelegt, komplexe Muster und Korrelationen zu erkennen, die präzisere Ernährungsempfehlungen unterstützen könnten. Trotz der Beliebtheit der Integration von mobilen Apps für das persönliche Wohlbefinden und intelligenten Wearables sind die meisten gesundheitsfördernden Anwendungen für die Allgemeinheit konzipiert, während die Apps zur Verfolgung der Wechseljahre kaum mit intelligenten Wearables zur Aufzeichnung von Symptomen oder zur Erstellung von Empfehlungen integriert sind. Darüber hinaus mangelt es den gängigen Menopausen-Management-Apps auch an Expertenwissen und evidenzbasierten Informationen (Paripoorani et al., 2023). Als Perspektive für digitale personalisierte Menopause-Management-Anwendungen wurde die Entwicklung forschungsorientierter Wearable-App-Integrationen mit evidenzbasierten Ansätzen zur Überwachung, Bewertung und Bereitstellung von Empfehlungen für Aspekte der Menopause identifiziert (Godfrey, 2023).*



### 4.3 Health-related studies using commercial smart wearables

The potential of utilizing commercial wrist or ring-type smart wearables in health-related studies has been highlighted due to the devices' ability to track and monitor physical activity and various physiological parameters in an easy, noninvasive, real-time, and objective manner. The clinical-oriented wearables like EmbracePlus and the E4 wristband introduced by Empatica, are generally engineered to adhere to more strict standards in measurement reliability and better raw data accessibility (Limketkai et al., 2021), making them more suitable for research studies. Still, mainstream consumer-oriented products have also been frequently employed for similar purposes due to their cost-effectiveness, accessibility, and acceptable functionalities.

Utilizing PPG, EEG, ECG, GSR, accelerometer, and temperature signals recorded by commercial smart wearables, researchers have performed studies on both physical and mental health. The physical activity monitoring function in smart wearables is commonly involved in studies on the effects of physical exercises on cancers, metabolic syndromes, type 2 diabetes, obesity, and osteoporosis (Danković et al., 2023; Hughes et al., 2023; Natalucci et al., 2023; Peng et al., 2023). Smart wearables with ECG sensors, together with PPG, heart rate, and body temperature sensors, have also been adopted into studies on cardiovascular conditions, such as arrhythmias, coronary artery disease, hypertension, and stroke, with much research effort being dedicated to the detection of these conditions (Hughes et al., 2023; Moshawrab et al., 2023; Neri et al., 2023).

Bioelectrical parameters, such as Blood Volume Pulse (BVP), Electrodermal Activity (EDA), Heart Rate Variability (HRV), Heart Rate (HR), and body temperature, have been used for the evaluation of stress levels. Utilizing the open-source datasets of the stress-related biomarkers collected by commercial smart wearables, data-driven approaches have been explored for the detection of stress incidences (Vos et al., 2023). Apart from stress or anxiety, the bioelectric signals recorded by smart wearables have also been employed for the evaluation of other positive or negative emotional statuses and cognitive effectiveness, providing

### *Gesundheitsbezogene Studien unter Verwendung kommerzieller intelligenter Wearables*

*Das Potenzial des Einsatzes kommerzieller intelligenter Wearables am Handgelenk oder als Ring wurde in gesundheitsbezogenen Studien hervorgehoben, da die Geräte in der Lage sind, körperliche Aktivität und verschiedene physiologische Parameter auf einfache, nicht-invasive, Echtzeit- und objektive Weise zu verfolgen und zu überwachen. Die klinisch orientierten Wearables wie EmbracePlus und das von Empatica eingeführte E4-Armband sind im Allgemeinen so konzipiert, dass sie strengere Standards in Bezug auf die Zuverlässigkeit der Messungen und eine bessere Zugänglichkeit der Rohdaten einhalten (Limketkai et al., 2021) wodurch sie sich besser für Forschungsstudien eignen. Aufgrund ihrer Kosteneffizienz, ihrer Zugänglichkeit und ihrer akzeptablen Funktionalitäten wurden jedoch auch gängige verbraucherorientierte Produkte häufig für ähnliche Zwecke eingesetzt.*

*Unter Verwendung von PPG-, EEG-, EKG-, GSR-, Beschleunigungsmesser- und Temperatursignalen, die von handelsüblichen intelligenten Wearables aufgezeichnet werden, haben Forschende Studien zur körperlichen und geistigen Gesundheit durchgeführt. Die Funktion zur Überwachung der körperlichen Aktivität in intelligenten Wearables wird häufig in Studien über die Auswirkungen körperlicher Übungen auf Krebserkrankungen, metabolische Syndrome, Typ-2-Diabetes, Fettleibigkeit und Osteoporose eingesetzt (Danković et al., 2023; Hughes et al., 2023; Natalucci et al., 2023; Peng et al., 2023). Intelligente Wearables mit EKG-Sensoren sowie PPG-, Herzfrequenz- und Körpertempersensoren wurden auch in Studien zu kardiovaskulären Erkrankungen wie Herzrhythmusstörungen, koronarer Herzkrankheit, Bluthochdruck und Schlaganfall eingesetzt, wobei ein Großteil der Forschungsanstrengungen auf die Erkennung dieser Erkrankungen gerichtet ist (Hughes et al., 2023; Moshawrab et al., 2023; Neri et al., 2023).*

*Bioelektrische Parameter wie der Blutvolumenpuls (BVP), die elektrodermale Aktivität (EDA), die Herzfrequenzvariabilität (HRV), die Herzfrequenz (HR) und die Körpertemperatur wurden für die Bewertung des Stressniveaus verwendet. Unter Verwendung der Open-Source-Datensätze der stressbezogenen Biomarker, die von kommerziellen intelligenten Wearables erfasst werden, wurden datengesteuerte Ansätze für die Erkennung von Stressereignissen erforscht (Vos et al., 2023). Abgesehen von Stress oder Angst wurden die von smarten Wearables aufgezeichneten bioelektrischen Signale auch zur Bewertung anderer positiver oder negativer emotionaler Zustände und kognitiver Leistungsfähigkeit eingesetzt, was einen ganzheitli-*

more holistic insight into the wearers' mental well-being and overall quality of life (Alhejaili & Alomainy, 2023). Applications of digital tools would also benefit nutrition studies with more personalized and timely data (Sempionatto et al., 2022). Leveraging the popularity of smartphones and the advancement of image-processing techniques, diet recording can be more easily achieved by taking pictures and analyzing the nutrient contents of meals. Motion sensors, such as accelerometers and gyroscopes, a sensor that measures rotary movement, on wrist wearables can also assist in the detection of eating incidents with hands (Mortazavi & Gutierrez-Osuna, 2023). Utilizing wearable sensors, researchers can achieve an easier, more comprehensive, more objective, and more timely tracking of the physiological and mental conditions and the responses of each study participant to nutritional intervention (Natalucci et al., 2023).

As technology advances, smart wearables are becoming increasingly sophisticated and reliable, making them valuable tools for advancing personalized nutrition and related digital health innovations (Mortazavi & Gutierrez-Osuna, 2023). The multi-dimensional and detailed insights into the individual variations in biomarkers could largely contribute to the development of more tailored nutrition interventions. Research efforts in the emerging field of digital personalized nutrition have been initialized through the building publishing of datasets. Romero-Tapiador et al. performed an intervention study on weight loss involving 100 overweight and obese participants and presented the AI4Food database comprising anthropometric measurement results, lifestyle and nutritional questionnaires, and data from smart wearables as a basis for future data analysis and interpretation (2023). While wearable sensor-based devices were recently introduced to nutrition studies for the tracking of biomarkers, the potential of the applications to advance nutrition research toward more personalized and precise direction has been recognized (Sempionatto et al., 2022; Mortazavi & Gutierrez-Osuna, 2023).

With the ongoing studies, the engagement of widely available digital technologies in personalized nutrition will receive more research attention (Weber et al., 2024).

*chere* Einblick in das psychische Wohlbefinden und die allgemeine Lebensqualität des Trägers ermöglicht (Alhejaili & Alomainy, 2023). Die Anwendung digitaler Werkzeuge würde auch Ernährungsstudien mit stärker personalisierten und zeitnahen Daten zugutekommen (Sempionatto et al., 2022). Dank der Popularität von Smartphones und der Weiterentwicklung von Bildverarbeitungstechniken kann die Aufzeichnung der Ernährung durch die Aufnahme von Bildern und die Analyse des Nährstoffgehalts von Mahlzeiten erleichtert werden. Bewegungssensoren, wie z. B. Beschleunigungsmesser und Gyroskope (Drehbewegungssensor), an Wearables für das Handgelenk können ebenfalls bei der Erkennung von Bewegung in Zusammenhang mit Nahrungsaufnahme helfen (Mortazavi & Gutierrez-Osuna, 2023). Durch den Einsatz von Wearable-Sensoren können Forschende eine einfachere, umfassendere, objektivere und zeitnähere Verfolgung des physiologischen und mentalen Zustands und der Reaktionen der einzelnen Studienteilnehmer auf Ernährungsinterventionen erreichen (Natalucci et al., 2023).

*Im Zuge des technologischen Fortschritts werden smarte Wearables immer ausgereifter und zuverlässiger, was sie zu wertvollen Instrumenten für die Förderung der personalisierten Ernährung und damit zusammenhängender digitaler Gesundheitsinnovationen macht (Mortazavi & Gutierrez-Osuna, 2023). Die multidimensionalen und detaillierten Einblicke in die individuellen Variationen der Biomarker könnten in hohem Maße zur Entwicklung maßgeschneiderter Ernährungsmaßnahmen beitragen. Die Forschungsanstrengungen auf dem neu entstehenden Gebiet der digitalen personalisierten Ernährung wurden durch die Veröffentlichung von Datensätzen eingeleitet. Romero-Tapiador et al. führten eine Interventionsstudie zur Gewichtsabnahme mit 100 übergewichtigen und fettleibigen Teilnehmern durch und stellten die AI4Food-Datenbank vor, die anthropometrische Messergebnisse, Fragebögen zum Lebensstil und zur Ernährung sowie Daten von intelligenten Wearables als Grundlage für die künftige Datenanalyse und -interpretation umfasst (2023). Während tragbare sensorgestützte Geräte vor kurzem in Ernährungsstudien zur Verfolgung von Biomarkern eingeführt wurden, wurde das Potenzial der Anwendungen zur Weiterentwicklung der Ernährungsforschung in Richtung einer personalisierten und präziseren Ausrichtung erkannt (Mortazavi & Gutierrez-Osuna, 2023; Sempionatto et al., 2022).*

*Mit den laufenden Studien wird der Einsatz weithin verfügbarer digitaler Technologien in der personalisierten Ernährung mehr Forschungsaufmerksamkeit erhalten (Weber et al., 2024).*

#### 4.4 Data-driven technologies for digital health innovations

Despite the hardware development, innovations in applying commercial smart devices for nutrition research and other digital health innovations warrant sophisticated adaptation of data-driven technologies (Delanerolle et al., 2021; Escobar-Linero et al., 2023).

Based on signal processing and data mining techniques, data processing approaches play a pivotal role in interpreting complex physical and bioelectrical signals and data generated by wearable sensors. The data-driven approach leverages the power of data from wearable devices and other sources to provide personalized, predictive, and proactive dietary management solutions (Limketkai et al., 2021). The selection of data technologies is crucial considering the unique challenges posed by the nature of the sensor-generated biological data and their intended health applications. Figure 10 illustrates the general data analysis process under this concept.

#### Datengesteuerte Technologien für digitale Gesundheitsinnovationen

Trotz der Hardware-Entwicklung erfordern Innovationen bei der Anwendung kommerzieller intelligenter Geräte für die Ernährungsforschung und andere digitale Gesundheitsinnovationen eine anspruchsvolle Anpassung der datengesteuerten Technologien (Delanerolle et al., 2021; Escobar-Linero et al., 2023).

Auf der Grundlage von Signalverarbeitungs- und Data-Mining-Techniken spielen Datenverarbeitungsansätze eine zentrale Rolle bei der Interpretation komplexer physikalischer und bioelektrischer Signale und Daten, die von tragbaren Sensoren erzeugt werden. Der datengesteuerte Ansatz nutzt die Leistungsfähigkeit von Daten aus tragbaren Geräten und anderen Quellen, um personalisierte, prädiktive und proaktive Lösungen für das Ernährungsmanagement anzubieten (Limketkai et al., 2021). Die Auswahl der Datentechnologien ist von entscheidender Bedeutung, wenn man die einzigartigen Herausforderungen berücksichtigt, die sich aus der Art der sensor-generierten biologischen Daten und den beabsichtigten Gesundheitsanwendungsergebnissen. Abbildung 10 veranschaulicht den allgemeinen Datenanalyseprozess im Rahmen dieses Konzepts.

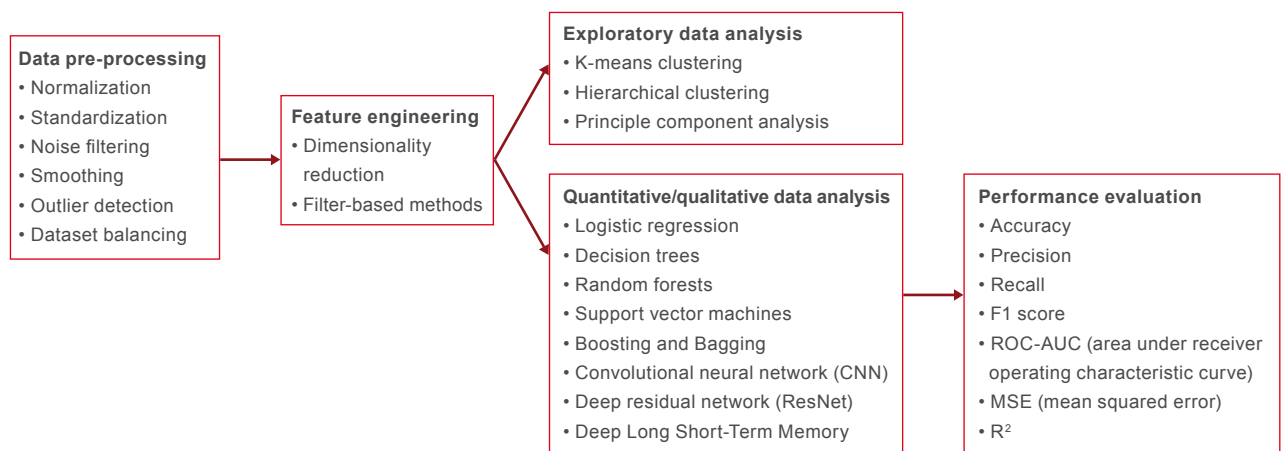


Figure 10: Procedures for the analysis of data collected by wearable sensors; (Site et al., 2021; Vos et al., 2023)  
Abbildung 10: Verfahren für die Analyse der von tragbaren Sensoren erfassten Daten; (Site et al., 2021; Vos et al., 2023)

The approach starts from data pretreatments which commonly comprise noise reduction, standardization, and structure modification to prepare the raw data for modeling. Signal noise in the raw data from wearables can arise from movement artifacts, variable skin contact, and environmental interference. Data from various sensors are recorded with scales, units, and characteristics. Standardization or normalization methods are applied to bring all data onto a comparable scale without distorting differences in ranges of va-

Der Ansatz beginnt mit einer Vorbehandlung der Daten, die in der Regel eine Rauschunterdrückung, Standardisierung und Strukturmodifikation umfasst, um die Rohdaten für die Modellierung vorzubereiten. Signalrauschen in den Rohdaten von Wearables kann durch Bewegungsartefakte, variablen Hautkontakt und Umgebungsstörungen entstehen. Daten von verschiedenen Sensoren werden mit Skalen, Einheiten und Merkmalen aufgezeichnet. Standardisierungs- oder Normalisierungsmethoden werden angewandt, um alle Daten auf eine vergleichbare Skala zu bringen, ohne Unterschiede in den Wertebereichen zu verzerren. Tech-

lues. Techniques like noise filters and smoothing algorithms can help reduce the influence of sensor noise. Reshaping the data structure might be needed to fit algorithm requirements on the input data matrix. Following the data preprocessing, feature engineering is also required to extract information like trends, seasonality, and other digital features related to biomarkers from the time-series data collected by physical and bioelectrical sensors. This stage also commonly involves filter-based methods or dimensionality reduction using techniques like Principal Component Analysis (PCA) to further highlight the most relevant features (Hughes et al., 2023). Subsequently, the pre-treated data can be subjected to various modeling algorithms depending on the nature of the data and the target outcome. Unsupervised machine learning algorithms like k-means clustering, hierarchical clustering, and PCA are used for exploratory data analysis, pattern detection, or anomaly detection with unlabeled data.

Supervised machine learning algorithms such as logistic regression, decision trees, random forests, support vector machines, boosting, and bagging can be used for quantitative or qualitative purposes when the associated data with specific conditions are labeled (Chopade et al., 2023). The dataset is split into training and testing sub-datasets, and the selected algorithm is then applied to a training sub-dataset, where the model learns to map the relationship between features and the target outcome. Cross-validation within the training sub-dataset can be used to optimize model parameters and prevent overfitting. The fitted model's performance is evaluated on the testing sub-dataset with metrics such as accuracy, precision, recall, F1 score, and ROC-AUC (area under receiver operating characteristic curve), or MSE (mean squared error) and R2, which are used to assess performance (Site et al., 2021).

Ideally, the model can be further validated on an external dataset to evaluate its generalizability and robustness. Following the fundamental data processing procedures, more advanced signal processing techniques and deep learning algorithms, such as Convolutional neural network (CNN), Deep residual network (ResNet), and Deep Long Short-Term Memory,

*algorithmen wie Rauschfilter und Glättungsalgorithmen können dazu beitragen, den Einfluss von Sensorrauschen zu verringern. Eine Umformung der Datenstruktur kann erforderlich sein, um die Anforderungen des Algorithmus an die Eingangsdatenmatrix zu erfüllen. Im Anschluss an die Datenvorverarbeitung ist auch ein Feature-Engineering erforderlich, um aus den von physikalischen und bioelektrischen Sensoren erfassten Zeitreihendaten Informationen wie Trends, Saisonalität und andere digitale Merkmale im Zusammenhang mit Biomarkern zu extrahieren. In dieser Phase werden in der Regel auch filterbasierte Methoden oder eine Dimensionalitätsreduktion mit Techniken wie der Hauptkomponentenanalyse (PCA) eingesetzt, um die wichtigsten Merkmale hervorzuheben (Hughes et al., 2023). Anschließend können die vorbehandelten Daten je nach Art der Daten und dem angestrebten Ergebnis verschiedenen Modellierungsalgorithmen unterzogen werden. Unüberwachte Algorithmen des maschinellen Lernens wie k-means Clustering, hierarchisches Clustering und PCA werden für die explorative Datenanalyse, die Erkennung von Mustern oder die Erkennung von Anomalien mit nicht beschrifteten Daten verwendet.*

*Algorithmen des überwachten maschinellen Lernens wie logistische Regression, Entscheidungsbäume, Random Forests, Support Vector Machines, Boosting und Bagging können zu quantitativen oder qualitativen Zwecken eingesetzt werden, wenn die zugehörigen Daten mit bestimmten Bedingungen beschriftet sind (Chopade et al., 2023). Der Datensatz wird in Trainings- und Test-Subdatensätze aufgeteilt, und der ausgewählte Algorithmus wird dann auf einen Trainings-Subdatensatz angewendet, in dem das Modell lernt, die Beziehung zwischen Merkmalen und dem Zielergebnis abzubilden. Die Kreuzvalidierung innerhalb des Trainings-Teildatensatzes kann zur Optimierung der Modellparameter und zur Vermeidung einer Überanpassung verwendet werden. Die Leistung des angepassten Modells wird im Test-Subdatensatz mit Kennzahlen wie Genauigkeit, Präzision, Wiedererkennung, F1-Score und ROC-AUC (Area under Receiver Operating Characteristic Curve) oder MSE (mittlerer quadratischer Fehler) und R2 bewertet, die zur Leistungsbewertung verwendet werden (Site et al., 2021).*

*Idealerweise kann das Modell anhand eines externen Datensatzes weiter validiert werden, um seine Verallgemeinerbarkeit und Robustheit zu bewerten. Im Anschluss an die grundlegenden Datenverarbeitungsverfahren wurden fortschrittlichere Signalverarbeitungstechniken und Deep-Learning-Algorithmen wie das Convolutional Neural Network (CNN), das Deep Residual Network (ResNet) und das Deep Long Short-*

have been introduced to the field aiming at a more thorough utilization of the digital health data in the domain of personalized nutrition (Li et al., 2024; Neri et al., 2023).

The integration of physical and bioelectrical signal data from wearable sensors into personalized nutrition management presents considerable potential in uncovering hidden correlations (Limketkai et al., 2021; Alowais et al., 2023), capturing precise patterns, predicting health outcomes, and refining recommendations based on individual variations, the research and development advancements are encountered by a series of challenges that span experiment, data technology, and ethical domains (Bond et al., 2023; Singer et al., 2024). The establishment of experiment protocols is essential for the quality of the dataset and subsequently critical to the modeling outcome (Delanerolle et al., 2021).

A key concern in the practical efforts of collecting health data with wearable sensors is the lack of standardized methodologies (Alowais et al., 2023). The heterogeneity of experiment design and hardware features of wearable devices leads to inconsistencies in the dataset, which complicates the development of generalized models and undermines the comparability across different studies and applications. Another key challenge during the construction of a database is data labeling. Establishing a reliable ground truth, especially for physiological and psychological conditions, requires expert knowledge but is commonly done through self-reporting in practice (Neri et al., 2023). The subjective nature of some health outcomes and the variability in individual perceptions, such as stress levels, worsens the complexity of creating universally applicable and accurate labels. For the data preprocessing, noise reduction in the data collected from wearables is also a critical challenge. Maintaining the integrity of subtle physiological signals amidst noise demands sophisticated and customized signal processing techniques (Neri et al., 2023). Data fusion and multimodal data analysis present challenges in integrating and harmonizing data from multiple sensors embedded on the same wearable device (Alhejaili & Alomainy, 2023; Moshawrab et al., 2023). This process involves managing different data types, synchronizing varying sampling rates,

*Term Memory in das Feld eingeführt, um eine umfassendere Nutzung der digitalen Gesundheitsdaten im Bereich der personalisierten Ernährung zu ermöglichen (Li et al., 2024; Neri et al., 2023).*

*Die Integration physischer und bioelektrischer Signaldaten von am Körper getragenen Sensoren in ein personalisiertes Ernährungsmanagement birgt ein erhebliches Potenzial zur Aufdeckung verborgener Zusammenhänge (Alowais et al., 2023; Limketkai et al., 2021). Wenn es darum geht, präzise Muster zu erfassen, Gesundheitsergebnisse vorherzusagen und Empfehlungen auf der Grundlage individueller Unterschiede zu verfeinern, stoßen die Fortschritte in Forschung und Entwicklung auf eine Reihe von Herausforderungen, die sich auf Experimente, Datentechnologie und ethische Bereiche erstrecken (Bond et al., 2023; Singer et al., 2024). Die Erstellung von Versuchsprotokollen ist für die Qualität des Datensatzes und damit für das Ergebnis der Modellierung von entscheidender Bedeutung (Delanerolle et al., 2021).*

*Ein Hauptproblem bei den praktischen Bemühungen um die Erfassung von Gesundheitsdaten mit tragbaren Sensoren ist der Mangel an standardisierten Methoden (Alowais et al., 2023). Die Heterogenität des Versuchsdesigns und der Hardwaremerkmale von tragbaren Geräten führt zu Inkonsistenzen im Datensatz, was die Entwicklung verallgemeinerter Modelle erschwert und die Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Studien und Anwendungen untergräbt. Eine weitere zentrale Herausforderung bei der Erstellung einer Datenbank ist die Kennzeichnung der Daten. Die Ermittlung einer zuverlässigen Grundwahrheit, insbesondere für physiologische und psychologische Bedingungen, erfordert Expertenwissen, wird aber in der Praxis häufig durch Selbstausskünfte erreicht (Neri et al., 2023). Die subjektive Natur einiger gesundheitlicher Ergebnisse und die Variabilität individueller Wahrnehmungen, wie z. B. des Stressniveaus, erschweren die Erstellung allgemeingültiger und präziser Kennzeichnungen noch weiter. Bei der Datenvorverarbeitung ist die Rauschunterdrückung in den von Wearables erfassten Daten ebenfalls eine entscheidende Herausforderung. Um die Integrität der subtilen physiologischen Signale inmitten des Rauschens aufrechtzuerhalten, sind hochentwickelte und maßgeschneiderte Signalverarbeitungstechniken erforderlich (Neri et al., 2023). Datenfusion und multimodale Datenanalyse stellen eine Herausforderung dar, wenn es darum geht, Daten von mehreren Sensoren, die in dasselbe tragbare Gerät eingebettet sind, zu integrieren und zu harmonisieren (Alhejaili & Alomainy, 2023; Moshawrab et al., 2023). Dieser Prozess umfasst die Verwaltung verschiedener Datentypen, die Synchroni-*

and preserving the contextual integrity of combined data streams. Advanced artificial intelligence (AI) models, particularly those based on deep learning, often lack transparency in their decision-making processes. The „black box“ nature of these models is a significant concern in healthcare applications, where understanding the basis of AI-generated insights is crucial for trust and ethical decision-making (Bond et al., 2023). Fostering model transparency to satisfy regulatory and ethical standards is paramount, necessitating developments in explainable AI tools that balance performance and interpretability (Moshawrab et al., 2023).

#### 4.5 Current running clinical studies within the topic of menopause with the scope of diet/nutrition or digital intervention

For the analysis of current running studies within the topic of menopause with the scope of diet/nutrition or digital intervention 5 clinical trial registries on an international/European/and local basis (Clintrials.gov, EU Clinical Trial register, ICTRP, DRKS, ISRCTN) were searched using the terms ‘menopause OR climacterium’ and ‘nutrition OR diet OR digital intervention’. As of 19th of March, 2024, in total 174 studies were found, of which 102 were de-selected due to duplicate registry, pharmacological interventions, or missing relevance with the project. Of the remaining 72 Studies 59 were completed, terminated, or had an unknown status. The 13 studies found are all interventional studies investigating the effect of a special dietary pattern, a dietary component, or a behavioral intervention (Fig. 11).

sierung unterschiedlicher Abstraten und die Wahrung der kontextuellen Integrität kombinierter Datenströme. Fortgeschrittene Modelle der künstlichen Intelligenz (KI), insbesondere solche, die auf Deep Learning basieren, lassen oft die Transparenz ihrer Entscheidungsprozesse vermissen. Die „Blackbox“-Natur dieser Modelle ist ein großes Problem bei Anwendungen im Gesundheitswesen, wo das Verständnis der Grundlage von KI-generierten Erkenntnissen entscheidend für Vertrauen und ethische Entscheidungen ist (Bond et al., 2023). Die Förderung der Modelltransparenz zur Erfüllung gesetzlicher und ethischer Standards ist von größter Bedeutung und erfordert die Entwicklung erklärungs-fähiger KI-Tools, die ein Gleichgewicht zwischen Leistung und Interpretierbarkeit herstellen (Moshawrab et al., 2023).

#### Laufende klinische Studien zum Thema Menopause mit den Schwerpunkten Diät/Ernährung oder digitale Intervention

Für die Analyse aktueller laufender Studien zum Thema Wechseljahre im Rahmen von Diät/Ernährung oder digitaler Intervention wurden fünf klinische Studienregister auf internationaler/europäischer/und regionaler Basis (Clintrials.gov, EU Clinical Trial Register, ICTRP, DRKS, ISRCTN) mit den Begriffen ‚Menopause OR Climacterium‘ und ‚Nutrition OR Diet OR digital Intervention‘ durchsucht. Mit Stand vom 19. März 2024 wurden insgesamt 174 Studien gefunden, von denen 102 aufgrund von doppelten Registern, pharmakologischen Interventionen oder fehlender Relevanz für das Projekt aus der Auswahl genommen wurden. Von den verbleibenden 72 Studien waren 59 abgeschlossen, abgebrochen oder hatten einen unbekanntem Status. Bei den 13 gefundenen Studien handelt es sich ausschließlich um Interventionsstudien, die die Wirkung eines speziellen Ernährungsmusters, einer Ernährungskomponente oder einer Verhaltensintervention untersuchen (Abb. 11).

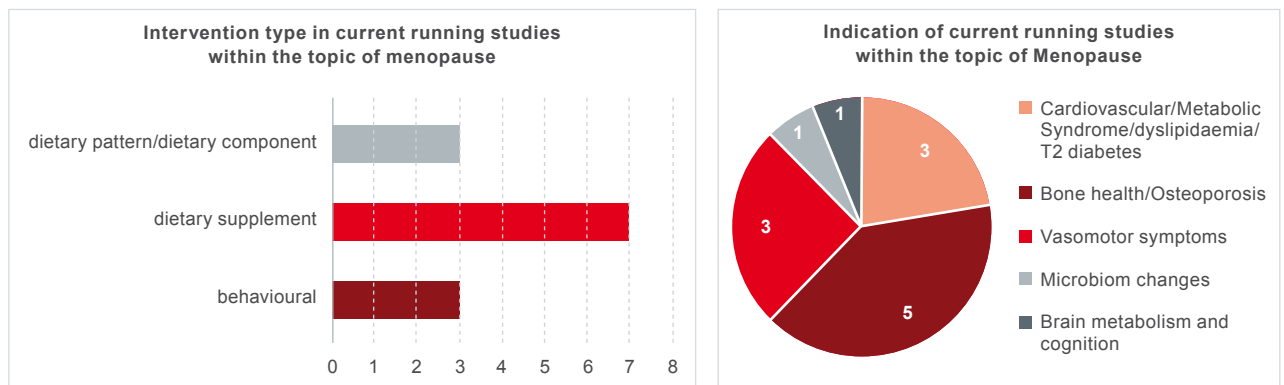


Figure 11: Intervention type (left) and indication area (right) of current running clinical studies within the topic of menopause (compiled by the author)  
 Abbildung 11: Interventionsart (links) und Indikationsgebiet (rechts) der derzeit laufenden klinischen Studien zum Thema Wechseljahre (eigene Darstellung)

The intervention on dietary pattern/dietary component comprised a low-fat vegan diet with a daily soybean serving, a Mediterranean diet, and a test diet with animal protein vs. plant protein. Behavioral intervention were studies tested the effect of physical exercise or time-restricted eating. Dietary supplements that were tested contained phytoestrogens, calcium, vitamin D3, and fiber (flaxseed). The *figure 11 to the right* shows the different indication areas. The most popular indication area currently is bone health and Osteoporosis with five currently running studies. A further topic of interest is cardiovascular topics including metabolic syndrome, dyslipidemia, and T2 diabetes.

Three Studies are currently running within this indication area. In addition, vasomotor symptoms, which are rated by women to strongly impact QoL are the focus of three running clinical studies. Further microbiome changes and brain metabolism and cognition are research areas with one running clinical study each. Most of the clinical studies are performed in the USA. Within Europe, one study is each running in the UK, France, Spain, and Poland. One more of the found studies is performed in Pakistan. This analysis shows that nutrition is a topic of interest to reduce symptoms of the menopausal transition and post-menopause and increase the quality of life for women in this life stage. It also shows that personalization of nutrition and menopause is not yet a research area within menopause. However, the results of the studies performed will all contribute to a personalized approach.

*Die Interventionen bezüglich des Ernährungsmusters bzw. der Ernährungskomponente umfassen eine fettarme vegane Ernährung mit einer täglichen Portion Sojabohnen, eine mediterrane Ernährung und eine Test-Diät mit tierischem bzw. pflanzlichem Eiweiß. Als Verhaltensintervention wurden Studien definiert, in denen die Wirkung körperlicher Aktivität oder zeitlich eingeschränkter Nahrungsaufnahme getestet werden. Die untersuchten Nahrungsergänzungsmittel umfassen Phytoöstrogene, Kalzium, Vitamin D3 und Ballaststoffe (Leinsamen). Die Abbildung 11 rechts zeigt die verschiedenen Indikationsbereiche. Das beliebteste Indikationsgebiet ist derzeit die Knochengesundheit und Osteoporose mit fünf laufenden Studien. Ein weiteres Thema von Interesse sind kardiovaskuläre Themen wie metabolisches Syndrom, Dyslipidämie und T2-Diabetes.*

*In diesem Indikationsbereich werden derzeit drei Studien durchgeführt. Darüber hinaus stehen vasomotorische Symptome, die nach Einschätzung von Frauen die Lebensqualität stark beeinflussen, im Mittelpunkt von drei laufenden klinischen Studien. Weitere Forschungsbereiche mit jeweils einer klinischen Studie sind die Veränderungen des Mikrobioms sowie des Gehirnstoffwechsels und der Kognition. Die meisten der klinischen Studien werden in den USA durchgeführt. In Europa läuft je eine Studie in Großbritannien, Frankreich, Spanien und Polen. Eine weitere der gefundenen Studien wird in Pakistan durchgeführt. Diese Analyse zeigt, dass die Ernährung ein interessantes Thema ist, um die Symptome der Peri- und Postmenopause zu verringern und die Lebensqualität von Frauen in dieser Lebensphase zu verbessern. Sie zeigt auch, dass die Personalisierung der Ernährung und der Menopause noch kein Forschungsgebiet innerhalb der Menopause ist. Die Ergebnisse der durchgeführten Studien werden jedoch alle zu einem personalisierten Ansatz beitragen.*

## 5. Outlook

### 5.1 Personalized nutrition and smart devices for menopause management

Incorporating smart wearables, such as smartwatches and fitness trackers, into the development of personalized nutrition strategies for menopause management represents a forward-thinking research perspective. This approach leverages the capabilities of wearable technology to monitor physiological and lifestyle data in real-time, offering a dynamic and tailored approach to managing menopause symptoms and overall health. Smart wearables can continuously monitor a wide range of physiological parameters, including heart rate, sleep patterns, physical activity levels, and even stress indicators through heart rate variability. For menopausal women, tracking these metrics can provide insights into how different factors influence their symptoms and overall well-being (Table 3).

By integrating symptom-tracking apps or features into wearables, women can log specific menopause-related symptoms, such as hot flashes, mood changes, and sleep disturbances. Over time, data analytics can identify patterns or triggers associated with these symptoms, correlating them with dietary intake, exercise, and other lifestyle factors monitored by the device. With a comprehensive dataset combining lifestyle habits, symptom patterns, and physiological metrics, artificial intelligence (AI) algorithms can generate personalized nutrition recommendations aimed at mitigating menopause symptoms. For example, if data analysis reveals a correlation between certain dietary patterns and the exacerbation or alleviation of hot flashes, the system can suggest dietary adjustments accordingly. The real power of integrating smart wearables into personalized nutrition strategies lies in the ability to create a feedback loop. As women follow personalized dietary recommendations, wearables continue to monitor changes in symptoms and health metrics, allowing the system to adapt and refine recommendations over time. This dynamic process supports a truly personalized approach, as recommendations evolve based on the individual's unique responses and changing needs.

### Ausblick

#### *Personalisierte Ernährung und intelligente Geräte für das Management der Menopause*

*Die Einbeziehung von intelligenten Wearables wie Smartwatches und Fitness-Trackern in die Entwicklung personalisierter Ernährungsstrategien für das Management der Wechseljahre stellt eine zukunftsweisende Forschungsperspektive dar. Dieser Ansatz nutzt die Möglichkeiten der Wearable-Technologie zur Überwachung von physiologischen und Lifestyle-Daten in Echtzeit und bietet einen dynamischen und maßgeschneiderten Ansatz für das Management von Wechseljahrsbeschwerden und die allgemeine Gesundheit. Intelligente Wearables können kontinuierlich eine breite Palette physiologischer Parameter überwachen, darunter Herzfrequenz, Schlafmuster, körperliche Aktivität und sogar Stressindikatoren durch die Herzfrequenzvariabilität. Für Frauen in den Wechseljahren kann die Verfolgung dieser Messwerte Aufschluss darüber geben, wie verschiedene Faktoren ihre Symptome und ihr allgemeines Wohlbefinden beeinflussen (Tabelle 3).*

*Durch die Integration von Apps oder Funktionen zur Erfassung von Symptomen in Wearables können Frauen spezifische Wechseljahresbeschwerden wie Hitzewallungen, Stimmungsschwankungen und Schlafstörungen aufzeichnen. Im Laufe der Zeit kann die Datenanalyse Muster oder Auslöser identifizieren, die mit diesen Symptomen in Verbindung stehen, und sie mit der Nahrungsaufnahme, Bewegung und anderen vom Gerät überwachten Lebensstilfaktoren korrelieren. Mit einem umfassenden Datensatz, der Lebensgewohnheiten, Symptommuster und physiologische Metriken kombiniert, können Algorithmen der künstlichen Intelligenz (KI) personalisierte Ernährungsempfehlungen erstellen, die darauf abzielen, die Symptome der Wechseljahre zu lindern. Wenn die Datenanalyse beispielsweise einen Zusammenhang zwischen bestimmten Ernährungsmustern und der Verschlimmerung oder Linderung von Hitzewallungen aufzeigt, kann das System entsprechende Anpassungen der Ernährung vorschlagen. Die wahre Stärke der Integration intelligenter Wearables in personalisierte Ernährungsstrategien liegt in der Möglichkeit, eine Feedbackschleife zu schaffen. Während Frauen personalisierte Ernährungsempfehlungen befolgen, überwachen die Wearables weiterhin Veränderungen der Symptome und Gesundheitsdaten, so dass das System die Empfehlungen im Laufe der Zeit anpassen und verfeinern kann. Dieser dynamische Prozess unterstützt einen wirklich personalisierten Ansatz, da sich die Empfehlungen auf der Grundlage der individuellen Reaktionen und sich ändernden Bedürfnisse des Einzelnen weiterentwickeln.*



Table 3: Potential menopause-related conditions monitoring with commercial smart wearable (compiled by the author)  
 Tabelle 3: Potenzielle Wechseljahrsbeschwerden, die mit kommerziellen intelligenten Wearables überwacht werden können (eigene Darstellung)

Symptoms and Conditions	Measurement targets	Sensor/Technology
Vasomotor Symptoms (Hot Flashes)	Skin Temperature	Temperature sensors
	Heart Rate	HR
Sleep Disturbance	Sleep Duration and Quality	Accelerometers, HR
	Oxygen Saturation	SpO2 Sensors
Cardiovascular Diseases	Heart Rate and Variability	HR, PPG, ECG
Metabolism Disorder	Physical Activity Levels	Accelerometers, GPS
	Calories Burned	Accelerometers, HR, PPG, ECG
Mental and cognitive Issues	Stress Levels	HR, PPG, ECG, EDA

Several challenges exist in fully realizing this potential, including ensuring data privacy and security, developing sophisticated yet user-friendly data analysis tools, and creating evidence-based algorithms for personalized nutrition recommendations (Fig. 12). Moreover, research is needed to validate the efficacy of wearable-driven nutrition strategies specifically for menopause management, including clinical trials and longitudinal studies. As wearable technology advances and becomes more integrated with health and nutrition research, the possibilities for personalized health management expand. For menopause management, this approach could significantly improve quality of life by providing women with tailored strategies to navigate their symptoms. Furthermore, the data collected through such initiatives can contribute to a broader understanding of menopause and its management, potentially leading to new insights and interventions. In summary, integrating smart wearables into the development of personalized nutrition strategies for menopause management offers an innovative research direction. It harnesses technology to provide real-time, personalized support, representing a promising avenue for improving health outcomes and quality of life for menopausal women.

*Bei der vollen Ausschöpfung dieses Potenzials gibt es mehrere Herausforderungen, darunter die Gewährleistung des Datenschutzes und der Datensicherheit, die Entwicklung ausgefeilter und dennoch benutzerfreundlicher Datenanalysetools und die Entwicklung evidenzbasierter Algorithmen für personalisierte Ernährungsempfehlungen (Abb. 12). Darüber hinaus sind Forschungsarbeiten erforderlich, um die Wirksamkeit von Wearable-gestützten Ernährungsstrategien speziell für das Management der Wechseljahre zu validieren, einschließlich klinischer Studien und Längsschnittstudien. Mit den Fortschritten der Wearable-Technologie und der zunehmenden Integration in die Gesundheits- und Ernährungsforschung erweitern sich die Möglichkeiten für ein personalisiertes Gesundheitsmanagement. Bei der Behandlung der Wechseljahre könnte dieser Ansatz die Lebensqualität erheblich verbessern, indem er Frauen maßgeschneiderte Strategien zur Bewältigung ihrer Symptome an die Hand gibt. Darüber hinaus können die im Rahmen solcher Initiativen gesammelten Daten zu einem umfassenderen Verständnis der Wechseljahre und ihres Managements beitragen und möglicherweise zu neuen Erkenntnissen und Maßnahmen führen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Integration von intelligenten Wearables in die Entwicklung von personalisierten Ernährungsstrategien für das Management der Wechseljahre eine innovative Forschungsrichtung darstellt. Sie nutzt Technologie, um personalisierte Unterstützung in Echtzeit zu bieten, und stellt einen vielversprechenden Weg zur Verbesserung der Gesundheitsergebnisse und der Lebensqualität von Frauen in den Wechseljahren dar.*

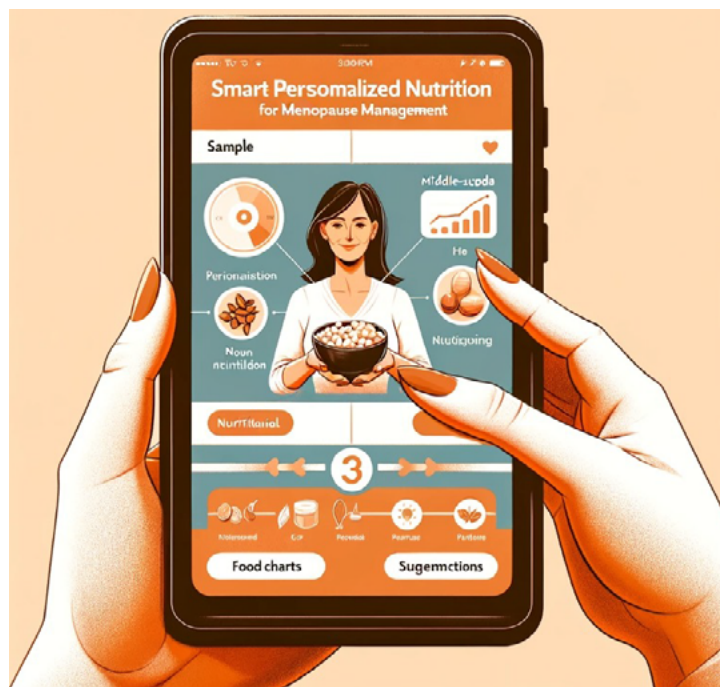


Figure 12: Digital personalized nutrition for menopause management (compiled by the author)  
 Abbildung 12: Digitale personalisierte Ernährung für das Management der Wechseljahre (eigene Darstellung)

## 5.2 Research possibilities in Heilbronn

Nutrition can have a significant impact on various aspects of QoL during the menopausal transition and might reduce the risk of long-term postmenopausal diseases. There is a growing demand for evidence-based, tailored interventions that address the unique needs of menopausal women. Personalized nutrition, supported by accurate monitoring through smart devices, represents a promising avenue that has not been adequately explored. Such interventions could lead to more effective management of menopause symptoms and improvements in overall quality of life. Wearables can be used to measure this improvement and give guidance/recommendations for an individual approach. With the analysis of existing studies in the related field, a research plan focusing on personalized nutrition for menopause management, with the integration of smart devices is proposed, to be conducted in Heilbronn, Germany (Fig. 13).

Such a study addresses several critical gaps in the research area and emerges from the following considerations. Existing investigations of nutrition management on menopause transition often focus on isolated symptoms or singular health outcomes. There is a lack of research that adopts a holistic approach, con-

## Forschungsmöglichkeiten in Heilbronn

Die Ernährung kann einen erheblichen Einfluss auf verschiedene Aspekte der Lebensqualität während der Wechseljahre haben und könnte das Risiko langfristiger postmenopausaler Erkrankungen verringern. Es besteht ein wachsender Bedarf an evidenzbasierten, maßgeschneiderten Maßnahmen, die auf die besonderen Bedürfnisse von Frauen in den Wechseljahren eingehen. Die personalisierte Ernährung, unterstützt durch eine genaue Überwachung mittels intelligenter Geräte, ist ein vielversprechender Weg, der noch nicht ausreichend erforscht wurde. Solche Maßnahmen könnten zu einer wirksameren Behandlung von Wechseljahrsbeschwerden und einer Verbesserung der allgemeinen Lebensqualität führen. Mit Hilfe von Wearables kann diese Verbesserung gemessen werden, und es können Anleitungen/Empfehlungen für einen individuellen Ansatz gegeben werden. Auf der Grundlage der Analyse bestehender Studien in diesem Bereich wird ein Forschungsvorhaben vorgeschlagen, der sich auf personalisierte Ernährung für das Management der Wechseljahre unter Einbeziehung intelligenter Geräte konzentriert und in Heilbronn, Deutschland, durchgeführt werden soll (Abb. 13).

Eine solche Studie adressiert mehrere kritische Lücken im Forschungsbereich und ergibt sich aus den folgenden Überlegungen. Bestehende Untersuchungen zum Ernährungsmanagement in den Wechseljahren konzentrieren sich häufig auf isolierte Symptome oder einzelne gesundheitliche Ergebnisse. Es mangelt an Untersuchungen, die einen ganzheitlichen Ansatz ver-

sidering the multifaceted nature of menopause and its comprehensive impact on quality of life. While the influence of diet on menopause symptoms and related conditions has been recognized, there is a significant gap in research on personalized nutrition strategies. Meanwhile, the potential of commercial smart wearables like smartwatches and fitness trackers in managing menopause-related symptoms and enhancing quality of life remains underexplored.

Few studies have leveraged these technologies to gather physiological and lifestyle data specific to menopause, and even fewer have attempted to correlate this data with nutritional interventions. The integration of nutritional science, wearable technology, and data analytics in menopause management is an innovative approach that can contribute significantly to interdisciplinary research and clinical practice. By filling these gaps, the proposed study not only advances academic knowledge but also offers practical insights that can inform the development of holistic, personalized care strategies for menopausal women. In the first stage of the proposed research, an observational study will be conducted to gather comprehensive datasets through a combination of methods, including a menopause quality of life questionnaire (QoL), detailed food intake tracking, and data recorded by smartwatches or fitness trackers, and to explore the undermining associations among the three datasets.

With the QoL questionnaire and the diet records, the burden of various menopause-related conditions on individual quality of life, and the common dietary patterns for menopausal females will be accessed, respectively. The correlation between sensor data and questionnaire records will be mined, aiming to determine the feasibility of using smart device data to reliably reflect the specific aspects of quality of life and fluctuations in menopausal symptoms. The relationships between dietary patterns or specific dietary characteristics and menopausal quality of life will be investigated by assessing food intake data in conjunction with QoL scores. The first stage of the proposed study will result in a comprehensive dataset linking dietary habits, biomarkers, and smart device data with the

*folgen und die Vielschichtigkeit der Wechseljahre und ihre umfassenden Auswirkungen auf die Lebensqualität berücksichtigen. Der Einfluss der Ernährung auf die Symptome der Wechseljahre und damit zusammenhängende Erkrankungen ist zwar bekannt, doch gibt es eine erhebliche Forschungslücke bei personalisierten Ernährungsstrategien. Unterdessen ist das Potenzial kommerzieller intelligenter Wearables wie Smartwatches und Fitness-Tracker für das Management von Wechseljahresbeschwerden und die Verbesserung der Lebensqualität noch nicht ausreichend erforscht.*

*Nur wenige Studien haben diese Technologien genutzt, um Menopausen-spezifische physiologische und Lebensstildaten zu sammeln, und noch weniger haben versucht, diese Daten mit Ernährungsinterventionen in Beziehung zu setzen. Die Integration von Ernährungswissenschaft, Wearable-Technologie und Datenanalyse in das Management der Wechseljahre ist ein innovativer Ansatz, der einen wichtigen Beitrag zur interdisziplinären Forschung und klinischen Praxis leisten kann. Indem die vorgeschlagene Studie diese Lücken schließt, erweitert sie nicht nur das akademische Wissen, sondern bietet auch praktische Erkenntnisse, die in die Entwicklung ganzheitlicher, personalisierter Versorgungsstrategien für Frauen in den Wechseljahren einfließen können. In der ersten Phase des vorgeschlagenen Forschungsvorhabens wird eine Beobachtungsstudie durchgeführt, um umfassende Datensätze durch eine Kombination von Methoden zu sammeln, einschließlich eines Fragebogens zur Lebensqualität (QoL) in den Wechseljahren, einer detaillierten Aufzeichnung der Nahrungsaufnahme und von Smartwatches oder Fitness-Trackern aufgezeichneten Daten, um die unterschwelligeren Zusammenhänge zwischen den drei Datensätzen zu untersuchen.*

*Anhand des Fragebogens zur Lebensqualität und der Ernährungsaufzeichnungen wird die Belastung der individuellen Lebensqualität durch verschiedene Menopausen-bedingte Erkrankungen und die üblichen Ernährungsmuster für Frauen in den Wechseljahren ermittelt. Die Korrelation zwischen den Sensordaten und den Fragebogenaufzeichnungen wird untersucht, um festzustellen, ob es möglich ist, die Daten der intelligenten Geräte zu nutzen, um die spezifischen Aspekte der Lebensqualität und die Schwankungen der Wechseljahrsbeschwerden zuverlässig zu erfassen. Die Beziehungen zwischen Ernährungsmustern oder spezifischen Ernährungsmerkmalen und der Lebensqualität in den Wechseljahren werden durch die Auswertung von Daten zur Nahrungsaufnahme in Verbindung mit QoL-Werten untersucht. Die erste Phase der vorgeschlagenen Studie wird zu einem umfassenden Datensatz führen, der Ernährungsgewohnheiten, Biomarker und Smart-Device-*

quality of life of menopausal women relevant to the region. The results will provide practical experience on how smart devices can be used to monitor and manage menopause-related symptoms and overall well-being. Dietary patterns that may positively or negatively affect menopausal quality of life will pave the way for a second-stage study on targeted nutrition intervention. Following the comprehensive observational stage, the second stage of the study aims to implement and evaluate a targeted nutrition intervention, focusing on dietary patterns identified as having the most significant negative impact on menopause-related QoL.

Based on identified patterns, a targeted nutrition intervention on the dietary pattern will be designed to mitigate the negative impacts on QoL. This stage will leverage smart wearables for continuous monitoring and utilize QoL questionnaires for subjective assessments to create a feedback loop for intervention enhancement (Fig. 13). Data integration and analysis will be performed by combining quantitative data from wearables with qualitative feedback from questionnaires to assess the intervention's effectiveness across participants using statistical and machine learning tools. Subsequently, adaptive intervention will be attempted to refine and adjust dietary interventions for each participant based on the initial results, aiming to enhance positive outcomes and address any shortcomings or adverse reactions. Such an approach will contribute to the implementation of a dynamic process where wearable data and questionnaire feedback inform ongoing adjustments to dietary recommendations, optimizing the intervention's effectiveness over time.

By evaluating the impact of targeted nutrition interventions on menopause-related QoL, a deeper understanding of individual variability in response to dietary interventions can be obtained, informing future personalized nutrition approaches for menopause management. Such research innovation will also contribute to a viable approach for the establishment of a dynamic feedback loop that enhances personalized nutrition interventions' effectiveness based on continuous data monitoring.

*Daten mit der Lebensqualität von Frauen in den Wechseljahren in der Region verknüpft. Die Ergebnisse werden praktische Erfahrungen darüber liefern, wie intelligente Geräte zur Überwachung und Steuerung von Wechseljahrsbeschwerden und des allgemeinen Wohlbefindens eingesetzt werden können. Ernährungsmuster, die sich positiv oder negativ auf die Lebensqualität von Frauen in den Wechseljahren auswirken können, werden den Weg für eine zweite Phase der Studie über gezielte Ernährungsinterventionen ebnen. Im Anschluss an die umfassende Beobachtungsphase soll in der zweiten Phase der Studie eine gezielte Ernährungsintervention durchgeführt und ausgewertet werden, die sich auf die Ernährungsmuster konzentriert, die sich am stärksten negativ auf die Menopause-bedingte Lebensqualität auswirken.*

*Auf der Grundlage der ermittelten Muster wird eine gezielte Ernährungsintervention für das jeweilige Ernährungsmuster entwickelt, um die negativen Auswirkungen auf die Lebensqualität zu mindern. In dieser Phase werden intelligente Wearables zur kontinuierlichen Überwachung eingesetzt und Fragebögen zur subjektiven Bewertung der Lebensqualität verwendet, um eine Feedbackschleife zur Verbesserung der Intervention zu schaffen (Abb. 13). Die Datenintegration und -analyse erfolgt durch die Kombination quantitativer Daten von Wearables mit qualitativem Feedback aus Fragebögen, um die Wirksamkeit der Intervention bei allen Teilnehmern mithilfe von statistischen und maschinellen Lernwerkzeugen zu bewerten. Anschließend wird versucht, durch adaptive Interventionen die Ernährungsinterventionen für jeden Teilnehmer auf der Grundlage der ersten Ergebnisse zu verfeinern und anzupassen, um die positiven Ergebnisse zu verbessern und etwaige Mängel oder unerwünschte Reaktionen zu beheben. Ein solcher Ansatz wird zur Umsetzung eines dynamischen Prozesses beitragen, bei dem tragbare Daten und Fragebogen-Feedback zu laufenden Anpassungen der Ernährungsempfehlungen führen und die Wirksamkeit der Intervention im Laufe der Zeit optimieren.*

*Durch die Bewertung der Auswirkungen gezielter Ernährungsinterventionen auf die Lebensqualität in den Wechseljahren kann ein tieferes Verständnis der individuellen Variabilität bei der Reaktion auf Ernährungsinterventionen erlangt werden, das die Grundlage für künftige personalisierte Ernährungsansätze für das Management der Wechseljahre bildet. Eine solche Forschungsinnovation wird auch zu einem praktikablen Ansatz für die Einrichtung einer dynamischen Feedbackschleife beitragen, die die Wirksamkeit personalisierter Ernährungsinterventionen auf der Grundlage einer kontinuierlichen Datenüberwachung verbessert.*

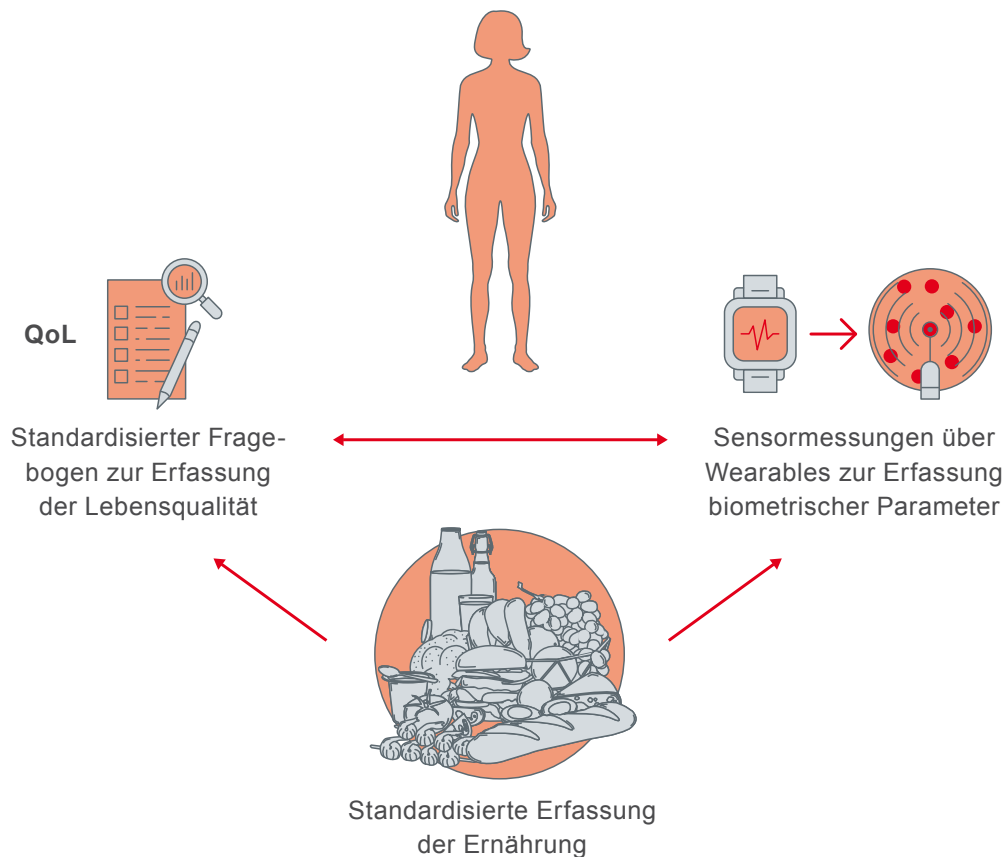


Figure 13: Use of wearables to measure quality of life in association with nutritional factors (compiled by the author)  
 Abbildung 13: Nutzung von Wearables zur Messung der Lebensqualität in Verbindung mit Ernährungsfaktoren (eigene Darstellung)

### 5.3 Potential social influences

The social impact of menopause management extends beyond individual health outcomes to encompass broader aspects of women's lives, relationships, and societal roles. Effective management of menopause symptoms can improve women's QoL and overall well-being, enabling them to remain active and engaged members of their families, workplaces, and communities. By alleviating symptoms and negative experiences, menopause management interventions can enhance women's physical comfort and mental health, fostering stronger interpersonal relationships and reducing stress on family dynamics.

Moreover, promoting menopause health can empower women to maintain their professional productivity and pursue personal interests and goals, challenging stereotypes and stigmas associated with aging and menopause.

### Mögliche soziale Einflüsse

Die sozialen Auswirkungen der Behandlung der Wechseljahre gehen über die individuellen Gesundheitsergebnisse hinaus und umfassen weiter reichende Aspekte des Lebens, der Beziehungen und der gesellschaftlichen Rolle von Frauen. Eine wirksame Behandlung von Wechseljahrsbeschwerden kann die Lebensqualität und das allgemeine Wohlbefinden von Frauen verbessern und sie in die Lage versetzen, aktive und engagierte Mitglieder ihrer Familie, ihres Arbeitsplatzes und ihrer Gemeinschaft zu bleiben. Durch die Linderung von Symptomen und negativen Erfahrungen können Maßnahmen zur Bewältigung der Wechseljahre das körperliche Wohlbefinden und die psychische Gesundheit von Frauen verbessern, stärkere zwischenmenschliche Beziehungen fördern und die Belastung der Familiendynamik verringern.

Darüber hinaus kann die Förderung der Gesundheit in den Wechseljahren Frauen in die Lage versetzen, ihre berufliche Produktivität aufrechtzuerhalten und persönliche Interessen und Ziele zu verfolgen, indem sie Stereotypen und Stigmata im Zusammenhang mit dem Altern und den Wechseljahren in Frage stellt.

## 6. Conclusion

In conclusion, the dynamic landscape of menopause management is ready for transformation through the integration of personalized nutrition and smart wearable technologies.

Current research predominantly centers on addressing specific menopausal symptoms and preventing associated diseases, leaving a significant gap in understanding the holistic impact of these interventions on the QoL for menopausal women. The proposed research plan, initiated in Heilbronn, Germany, aims to fill this void by adopting a novel approach that elucidates the multifaceted relationship between diet, physiological changes, and QoL in perimenopausal and menopausal women. By leveraging smart devices for real-time monitoring and employing detailed questionnaires, the research phase promises to uncover critical insights into how individual dietary patterns influence menopausal experiences and outcomes. Building on these findings, the second phase of the study will deploy targeted nutrition interventions based on identified detrimental dietary patterns by employing continuous monitoring through smart wearables and iterative feedback mechanisms to refine and optimize dietary recommendations. Such a research platform is expected to provide a model for future personalized nutritional and menopause management strategies. This contribution underscores the necessity for a shift in focus towards more comprehensive and personalized approaches in menopause management.

By integrating the capabilities of smart technologies with the principles of personalized nutrition, our work not only addresses the current research gap but also sets a precedent for future endeavors in this field. The outcome promises to empower women to navigate the menopausal transition with informed dietary choices, potentially alleviating symptoms and enhancing their quality of life. As such, it represents a significant step forward in the pursuit of holistic, personalized healthcare solutions for menopausal women, heralding a new era of menopause management where technology and tailored nutrition converge to offer unprecedented support and relief.

## Schlussfolgerung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die dynamische Landschaft des Menopause-Managements durch die Integration von personalisierter Ernährung und intelligenten, tragbaren Technologien bereit für eine Veränderung ist.

Die derzeitige Forschung konzentriert sich vorwiegend auf die Behandlung spezifischer Wechseljahressymptome und die Verhinderung damit verbundener Krankheiten, was eine erhebliche Lücke im Verständnis der ganzheitlichen Auswirkungen dieser Maßnahmen auf die Lebensqualität von Frauen in den Wechseljahren hinterlässt. Der vorgeschlagene Forschungsplan, der in Heilbronn initiiert wurde, zielt darauf ab, diese Lücke zu schließen, indem ein neuartiger Ansatz gewählt wird, der die vielschichtige Beziehung zwischen Ernährung, physiologischen Veränderungen und Lebensqualität bei Frauen in der Peri- und Postmenopause erhellt. Durch den Einsatz intelligenter Geräte zur Echtzeitüberwachung und detaillierter Fragebögen verspricht die Forschungsphase wichtige Erkenntnisse darüber zu liefern, wie individuelle Ernährungsmuster die Erfahrungen und Ergebnisse der Wechseljahre beeinflussen. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen werden in der zweiten Phase der Studie gezielte Ernährungsmaßnahmen auf der Grundlage identifizierter schädlicher Ernährungsmuster ergriffen, wobei eine kontinuierliche Überwachung durch intelligente Wearables und iterative Feedback-Mechanismen zur Verfeinerung und Optimierung von Ernährungsempfehlungen eingesetzt werden. Es wird erwartet, dass eine solche Forschungsplattform ein Modell für künftige personalisierte Ernährungs- und Menopause-Managementstrategien liefern wird. Dieser Beitrag unterstreicht die Notwendigkeit einer Schwerpunktverlagerung hin zu umfassenderen und personalisierten Ansätzen in der Behandlung der Wechseljahre.

Indem wir die Möglichkeiten intelligenter Technologien mit den Prinzipien der personalisierten Ernährung verbinden, schließt unsere Arbeit nicht nur eine aktuelle Forschungslücke, sondern schafft auch einen Präzedenzfall für künftige Bemühungen auf diesem Gebiet. Das Ergebnis verspricht, Frauen zu befähigen, den Übergang in die Wechseljahre mit fundierten Ernährungsentscheidungen zu bewältigen, was die Symptome lindert und ihre Lebensqualität verbessern könnte. Damit stellt es einen bedeutenden Fortschritt in der Suche nach ganzheitlichen, personalisierten Gesundheitslösungen für Frauen in den Wechseljahren dar und läutet eine neue Ära des Menopause-Managements ein, in der Technologie und maßgeschneiderte Ernährung zusammenkommen, um beispiellose Unterstützung und Linderung zu bieten.

## Bibliography *Literaturverzeichnis*

Abdi, F. et al. (2021) 'Impact of phytoestrogens on treatment of urogenital menopause symptoms: A systematic review of randomized clinical trials', *European journal of obstetrics, gynecology, and reproductive biology*, 261, pp. 222–235. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2021.03.039>.

Alanazi, S.A.A. et al. (2021) 'Overview on Hormonal Replacement Therapy in Menopause', *Journal of Pharmaceutical Research International*, pp. 141–147. Available at: <https://doi.org/10.9734/jpri/2021/v33i39A32152>.

Alblooshi, S., Taylor, M. and Gill, N. (2023) 'Does menopause elevate the risk for developing depression and anxiety? Results from a systematic review', *Australasian Psychiatry*, 31(2), pp. 165–173. Available at: <https://doi.org/10.1177/10398562231165439>.

Alhejaili, R. and Alomainy, A. (2023) 'The Use of Wearable Technology in Providing Assistive Solutions for Mental Well-Being', *Sensors*, 23(17), p. 7378. Available at: <https://doi.org/10.3390/s23177378>.

Alowais, S.A. et al. (2023) 'Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice', *BMC medical education*, 23(1), p. 689. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04698-z>.

Andayani, N.L.N. and Guna, I.W.A.W. (2023) 'Factors that affect quality of life in menopausal women', *Physical Therapy Journal of Indonesia*, 4(1), pp. 70–75. Available at: <https://doi.org/10.51559/ptji.v4i1.79>.

Armeni, E. et al. (2021) 'Hormone therapy regimens for managing the menopause and premature ovarian insufficiency', *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 35(6), p. 101561. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.beem.2021.101561>.

Ayyanu, R. et al. (2023) 'Wearable sensor platforms for real-time monitoring and early warning of metabolic disorders in humans', *The Analyst*, 148(19), pp. 4616–4636. Available at: <https://doi.org/10.1039/D3AN01085F>.

Barati, M. et al. (2021) 'The factors associated with the quality of life among postmenopausal women', *BMC Women's Health*, 21(1), p. 208. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12905-021-01361-x>.

Barrea, L. et al. (2021) 'Does Mediterranean diet could have a role on age at menopause and in the management of vasomotor menopausal symptoms? The viewpoint of the endocrinological nutritionist', *Current Opinion in Food Science*, 39, pp. 171–181. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.018>.

Bauer, D.C. (2013) 'Calcium Supplements and Fracture Prevention', *New England Journal of Medicine*. Edited by C.G. Solomon, 369(16), pp. 1537–1543. Available at: <https://doi.org/10.1056/NEJMc1210380>.

Błaszczuk, A. et al. (2022) 'Role of Phytoestrogen-Rich Bioactive Substances (Linum usitatissimum L., Glycine max L., Trifolium pratense L.) in Cardiovascular Disease Prevention in Postmenopausal Women: A Systematic Review and Meta-Analysis', *Nutrients*, 14(12). Available at: <https://doi.org/10.3390/nu14122467>.

Blume-Peytavi, U. et al. (2012) 'Skin Academy: Hair, skin, hormones and menopause – current status/knowledge on the management of hair disorders in menopausal women', *European Journal of Dermatology*, 22(3), pp. 310–318. Available at: <https://doi.org/10.1684/ejd.2012.1692>.

Bond, A., Mccay, K. and Lal, S. (2023) 'Artificial intelligence & clinical nutrition: What the future might have in store', *Clinical Nutrition ESPEN*, 57, pp. 542–549. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2023.07.082>.

Calder, P.C. (2012) 'Mechanisms of Action of (n-3) Fatty Acids', *The Journal of Nutrition*, 142(3), pp. 592S–599S. Available at: <https://doi.org/10.3945/jn.111.155259>.

Canivenc-Lavier, M.-C. and Bennetau-Pelissero, C. (2023) 'Phytoestrogens and Health Effects', *Nutrients*, 15(2). Available at: <https://doi.org/10.3390/nu15020317>.

- Cano, A. et al. (2020) 'The Mediterranean diet and menopausal health: An EMAS position statement', *Maturitas*, 139, pp. 90–97. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2020.07.001>.
- Carty, C.L. et al. (2011) 'Low-fat dietary pattern and change in body-composition traits in the Women's Health Initiative Dietary Modification Trial', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 93(3), pp. 516–524. Available at: <https://doi.org/10.3945/ajcn.110.006395>.
- Cerdas Pérez, S. (2023) 'Menopause and diabetes', *Climacteric*, 26(3), pp. 216–221. Available at: <https://doi.org/10.1080/13697137.2023.2184252>.
- Chen, L.-R. and Chen, K.-H. (2021) 'Utilization of Isoflavones in Soybeans for Women with Menopausal Syndrome: An Overview', *International journal of molecular sciences*, 22(6). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms22063212>.
- Chen, L.-R. and Chen, K.-H. Figure 2. The chemical structures of isoflavones including daidzin and genistin and their derivatives daidzein, genistein and S-equol (structurally similar to estrogen). (2021) 'Utilization of Isoflavones in Soybeans for Women with Menopausal Syndrome: An Overview', *International journal of molecular sciences*, 22(6). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms22063212>. Licensed under CC BY 4.0.
- Chlebowski, R.T. et al. (2017) 'Low-Fat Dietary Pattern and Breast Cancer Mortality in the Women's Health Initiative Randomized Controlled Trial', *Journal of Clinical Oncology*, 35(25), pp. 2919–2926. Available at: <https://doi.org/10.1200/JCO.2016.72.0326>.
- Cho, L. et al. (2023) 'Rethinking Menopausal Hormone Therapy: For Whom, What, When, and How Long?', *Circulation*, 147(7), pp. 597–610. Available at: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.122.061559>.
- Chopade, S.S., Gupta, H.P. and Dutta, T. (2023) 'Survey on Sensors and Smart Devices for IoT Enabled Intelligent Healthcare System', *Wireless Personal Communications*, 131(3), pp. 1957–1995. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11277-023-10528-8>.
- Chung, H.-F., Gete, D.G. and Mishra, G.D. (2021) 'Age at menopause and risk of lung cancer: A systematic review and meta-analysis', *Maturitas*, 153, pp. 1–10. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2021.07.010>.
- Ciappolino, V. et al. (2018) 'N-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Menopausal Transition: A Systematic Review of Depressive and Cognitive Disorders with Accompanying Vasomotor Symptoms', *International journal of molecular sciences*, 19(7). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms19071849>.
- Collaborative Group on Hormonal Factors in Breast Cancer (2012) 'Menarche, menopause, and breast cancer risk: individual participant meta-analysis, including 118 964 women with breast cancer from 117 epidemiological studies', *The Lancet Oncology*, 13(11), pp. 1141–1151. Available at: [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(12\)70425-4](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(12)70425-4).
- Collaborative Group on Epidemiological Studies of Ovarian Cancer (2015) 'Menopausal hormone use and ovarian cancer risk: individual participant meta-analysis of 52 epidemiological studies', *The Lancet*, 385(9980), pp. 1835–1842. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61687-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61687-1).
- Comhaire, F.H. and Depypere, H.T. (2015) 'Hormones, herbal preparations and nutraceuticals for a better life after the menopause: part I', *Climacteric : the journal of the International Menopause Society*, 18(3), pp. 358–63. Available at: <https://doi.org/10.3109/13697137.2014.985645>.
- Cronin, C., Hungerford, C. and Wilson, R.L. (2021) 'Using Digital Health Technologies to Manage the Psychosocial Symptoms of Menopause in the Workplace: A Narrative Literature Review', *Issues in Mental Health Nursing*, 42(6), pp. 541–548. Available at: <https://doi.org/10.1080/01612840.2020.1827101>.
- Danković, G. et al. (2023) 'Effects of Commercially Available Wearable Devices on Physical Activity Promotion and Health in Children and Adolescents: Systematic Review', *Applied Sciences*, 13(12), p. 7194. Available at: <https://doi.org/10.3390/app13127194>.



- De Roos, B., Mavrommatis, Y. and Brouwer, I.A. (2009) 'Long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids: new insights into mechanisms relating to inflammation and coronary heart disease', *British journal of pharmacology*, 158(2), pp. 413–428.
- Decandia, D. et al. (2022) 'n-3 PUFA Improve Emotion and Cognition during Menopause: A Systematic Review', *Nutrients*, 14(9). Available at: <https://doi.org/10.3390/nu14091982>.
- Delamater, L. and Santoro, N. (2018) 'Management of the Perimenopause', *Clinical Obstetrics & Gynecology*, 61(3), pp. 419–432. Available at: <https://doi.org/10.1097/GRF.0000000000000389>.
- Delanerolle, G. et al. (2021) 'Artificial intelligence: A rapid case for advancement in the personalization of Gynaecology/Obstetric and Mental Health care', *Women's health (London, England)*, 17, p. 17455065211018111. Available at: <https://doi.org/10.1177/17455065211018111>.
- Deng, Z. et al. (2023) 'Smart Wearable Systems for Health Monitoring', *Sensors*, 23(5), p. 2479. Available at: <https://doi.org/10.3390/s23052479>.
- Djapardy, V. and Panay, N. (2022) 'Alternative and non-hormonal treatments to symptoms of menopause', *Best practice & research. Clinical obstetrics & gynaecology*, 81, pp. 45–60. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2021.09.012>.
- Du, Y. (2023) 'Perimenopause and menopause-Symptoms and treatments', *Theoretical and Natural Science*, 17(1), pp. 151–156. Available at: <https://doi.org/10.54254/2753-8818/17/20240658>.
- Dunneram, Y., Greenwood, D.C. and Cade, J.E. (2019) 'Diet, menopause and the risk of ovarian, endometrial and breast cancer', *Proceedings of the Nutrition Society*, 78(3), pp. 438–448. Available at: <https://doi.org/10.1017/S0029665118002884>.
- Duralde, E.R., Sobel, T.H. and Manson, J.E. (2023) 'Management of perimenopausal and menopausal symptoms', *BMJ*, p. e072612. Available at: <https://doi.org/10.1136/bmj-2022-072612>.
- El Khoudary, S.R. et al. (2020) 'Menopause Transition and Cardiovascular Disease Risk: Implications for Timing of Early Prevention: A Scientific Statement From the American Heart Association', *Circulation*, 142(25). Available at: <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000912>.
- Escobar-Linero, E. et al. (2023) 'Wearable Health Devices for Diagnosis Support: Evolution and Future Tendencies', *Sensors*, 23(3), p. 1678. Available at: <https://doi.org/10.3390/s23031678>.
- Fenton, A. (2021) 'Weight, shape, and body composition changes at menopause', *Journal of Mid-life Health*, 12(3), p. 187. Available at: [https://doi.org/10.4103/jmh.jmh\\_123\\_21](https://doi.org/10.4103/jmh.jmh_123_21).
- Fenton, A. and Panay, N. (2016) 'Estrogen, menopause and joints', *Climacteric*, 19(2), pp. 107–108. Available at: <https://doi.org/10.3109/13697137.2016.1151151>.
- Fleet, J.C. (2022) 'Vitamin D-Mediated Regulation of Intestinal Calcium Absorption', *Nutrients*, 14(16), p. 3351. Available at: <https://doi.org/10.3390/nu14163351>.
- Friedrichs, K. et al. (2022) 'Wie sieht die Zukunft der Personalisierten Ernährung aus? Ergebnisse einer Delphi-Studie. In: Schriftenreihe Food Management, Research Paper #4, Duale Hochschule Baden-Württemberg Heilbronn (DHBW) (Hrsg.). Available at: <https://www.food-management.online/futureperse>.
- Gao, F. et al. (2023) 'Wearable and flexible electrochemical sensors for sweat analysis: a review', *Microsystems & Nanoengineering*, 9(1), p. 1. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41378-022-00443-6>.
- Gava, G. et al. (2019) 'Cognition, Mood and Sleep in Menopausal Transition: The Role of Menopause Hormone Therapy', *Medicina*, 55(10), p. 668. Available at: <https://doi.org/10.3390/medicina55100668>.
- Ghaffari, R., Rogers, J.A. and Ray, T.R. (2021) 'Recent progress, challenges, and opportunities for wearable biochemical sensors for sweat analysis', *Sensors and Actuators B: Chemical*, 332, p. 129447. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.129447>.

- Godfrey, A. (2023) 'Wearables and apps for the management of menopause', *Maturitas*, 173, pp. 69–70. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2023.04.155>.
- Gonçalves, C., Moreira, H. and Santos, R. (2024) 'Systematic review of mediterranean diet interventions in menopausal women', *AIMS Public Health*, 11(1), pp. 110–129. Available at: <https://doi.org/10.3934/publichealth.2024005>.
- Grigolon, R.B. et al. (2023) 'Effects of nutritional interventions on the severity of depressive and anxiety symptoms of women in the menopausal transition and menopause: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression', *Menopause (New York, N.Y.)*, 30(1), pp. 95–107. Available at: <https://doi.org/10.1097/GME.0000000000002098>.
- Harlow, S.D. et al. (2012) 'Executive summary of the Stages of Reproductive Aging Workshop + 10: addressing the unfinished agenda of staging reproductive aging', *Menopause*, 19(4), pp. 387–395. Available at: <https://doi.org/10.1097/gme.0b013e31824d8f40>.
- Hauner, H. et al. (2019). Leitfaden Ernährungstherapie in Klinik und Praxis (LEKuP). Aktuelle Ernährungsmedizin, 44(06), 384–419. Available at: <https://doi.org/10.1055/a-1030-5207>.
- Hughes, A. et al. (2023) 'Wearable Devices in Cardiovascular Medicine', *Circulation Research*, 132(5), pp. 652–670. Available at: <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.122.322389>.
- Ionescu, V.S. et al. Figure 1. Chemical structure of representative dietary phytoestrogens. (2021) 'Dietary Phytoestrogens and Their Metabolites as Epigenetic Modulators with Impact on Human Health', *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 10(12). Available at: <https://doi.org/10.3390/antiox10121893>. Licensed under CC BY 4.0. Adapted by Chenhui Wang
- Jat, A.S. and Grønli, T.-M. (2022) 'Smart Watch for Smart Health Monitoring: A Literature Review', in I. Rojas et al. (eds) *Bioinformatics and Biomedical Engineering*. Cham: Springer International Publishing, pp. 256–268.
- Jieyun, L. et al. (2020) Effects of phytoestrogens in the treatment of postmenopausal depressive disorders: A systematic review and meta-analysis. Available at: <https://doi.org/10.22541/au.159526961.10587876>.
- Jin, J. (2017) 'Vaginal and Urinary Symptoms of Menopause', *JAMA*, 317(13), p. 1388. Available at: <https://doi.org/10.1001/jama.2017.0833>.
- John Dian, F., Vahidnia, R. and Rahmati, A. (2020) 'Wearables and the Internet of Things (IoT), Applications, Opportunities, and Challenges: A Survey', *IEEE Access*, 8, pp. 69200–69211. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2986329>.
- Kamp, E. et al. (2022a) 'Menopause, skin and common dermatoses. Part 1: hair disorders', *Clinical and Experimental Dermatology*, 47(12), pp. 2110–2116. Available at: <https://doi.org/10.1111/ced.15327>.
- Kamp, E. et al. (2022b) 'Menopause, skin and common dermatoses. Part 2: skin disorders', *Clinical and Experimental Dermatology*, 47(12), pp. 2117–2122. Available at: <https://doi.org/10.1111/ced.15308>.
- Kanis, J.A. et al. (2013) 'SCOPE: a scorecard for osteoporosis in Europe', *Archives of Osteoporosis*, 8(1), p. 144. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11657-013-0144-1>.
- Kapoor, E., Collazo-Clavell, M. L., and Faubion, S. S. (2017). Weight Gain in Women at Midlife: A Concise Review of the Pathophysiology and Strategies for Management. *Mayo Clinic Proceedings*, 92(10), 1552–1558. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2017.08.004>.
- Kapoor, E. et al. (2021) 'Menopausal hormone therapy in women with medical conditions', *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 35(6), p. 101578. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.beem.2021.101578>.
- Karppinen, J.E. et al. (2021) Menopause modulates the circulating metabolome: evidence from a prospective cohort study. preprint. *Epidemiology*. Available at: <https://doi.org/10.1101/2021.12.17.21266891>.
- Kaur, B., Kumar, S. and Kaushik, B.K. (2023) 'Novel Wearable Optical Sensors for Vital Health Monitoring Systems—A Review', *Biosensors*, 13(2), p. 181. Available at: <https://doi.org/10.3390/bios13020181>.

- Khalid, S. (2020) 'Soy Reduces the Symptoms of Menopause', *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 32(4). Available at: <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2020.32.005292>.
- Ko, S.-H. and Kim, H.-S. (2020) 'Menopause-Associated Lipid Metabolic Disorders and Foods Beneficial for Postmenopausal Women', *Nutrients*, 12(1), p. 202. Available at: <https://doi.org/10.3390/nu12010202>.
- Kroenke, C.H. et al. (2012) 'Effects of a dietary intervention and weight change on vasomotor symptoms in the Women's Health Initiative', *Menopause*, 19(9), pp. 980–988. Available at: <https://doi.org/10.1097/gme.0b013e31824f606e>.
- Lange, K.W. (2020) 'Omega-3 fatty acids and mental health', *Global Health Journal*, 4(1), pp. 18–30. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.glohj.2020.01.004>.
- Larroy, C. et al. (2020) 'The impact of perimenopausal symptomatology, sociodemographic status and knowledge of menopause on women's quality of life', *Archives of gynecology and obstetrics*, 301(4), pp. 1061–1068. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00404-019-05238-1>.
- Lee, J. et al. (2019) 'Sleep Disorders and Menopause', *Journal of Menopausal Medicine*, 25(2), p. 83. Available at: <https://doi.org/10.6118/jmm.19192>.
- Li, W. et al. (2021) 'A Comprehensive Survey on Machine Learning-Based Big Data Analytics for IoT-Enabled Smart Healthcare System', *Mobile Networks and Applications*, 26(1), pp. 234–252. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11036-020-01700-6>.
- Li, Y.-F., Wang, H. and Sun, M. (2024) 'ChatGPT-like large-scale foundation models for prognostics and health management: A survey and roadmaps', *Reliability Engineering & System Safety*, 243, p. 109850. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.res.2023.109850>.
- Limketkai, B.N. et al. (2021) 'The Age of Artificial Intelligence: Use of Digital Technology in Clinical Nutrition', *Current surgery reports*, 9(7), p. 20. Available at: <https://doi.org/10.1007/s40137-021-00297-3>.
- Liu, C. et al. (2020) 'Effects of combined calcium and vitamin D supplementation on osteoporosis in postmenopausal women: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials', *Food & function*, 11(12), pp. 10817–10827. Available at: <https://doi.org/10.1039/d0fo00787k>.
- Lobo, R.A. et al. (2014) 'Prevention of diseases after menopause', *Climacteric : the journal of the International Menopause Society*, 17(5), pp. 540–56. Available at: <https://doi.org/10.3109/13697137.2014.933411>.
- Lobo, R.A. and Gompel, A. (2022) 'Management of menopause: a view towards prevention', *The lancet. Diabetes & endocrinology*, 10(6), pp. 457–470. Available at: [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(21\)00269-2](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(21)00269-2).
- Lotz, K. et al. (2022) 'Personalisierte Ernährung – State of the Art', *Ernährung im Focus*, pp. 74–79.
- Lundberg, G., Wu, P. and Wenger, N. (2020) 'Menopausal Hormone Therapy: a Comprehensive Review', *Current Atherosclerosis Reports*, 22(8), p. 33. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11883-020-00854-8>.
- Madsen, T.E. et al. (2023) 'A Review of Hormone and Non-Hormonal Therapy Options for the Treatment of Menopause', *International journal of women's health*, 15, pp. 825–836. Available at: <https://doi.org/10.2147/IJWH.S379808>.
- Mahato, K. and Wang, J. (2021) 'Electrochemical sensors: From the bench to the skin', *Sensors and Actuators B: Chemical*, 344, p. 130178. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.130178>.
- Michos, E.D. et al. (2021) 'Vitamin D, Calcium Supplements, and Implications for Cardiovascular Health', *Journal of the American College of Cardiology*, 77(4), pp. 437–449. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.09.617>.
- Min, L. et al. (2017) 'Menopausal status and the risk of lung cancer in women: A PRISMA-compliant meta-analysis', *Medicine*, 96(26), p. e7065. Available at: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000007065>.

- Mintziori, G. et al. (2015) 'EMAS position statement: Non-hormonal management of menopausal vasomotor symptoms', *Maturitas*, 81(3), pp. 410–413. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2015.04.009>.
- Monteleone, P. et al. (2018) 'Symptoms of menopause – global prevalence, physiology and implications', *Nature Reviews Endocrinology*, 14(4), pp. 199–215. Available at: <https://doi.org/10.1038/nrendo.2017.180>.
- Morgan, K.N., Derby, C.A. and Gleason, C.E. (2018) 'Cognitive Changes with Reproductive Aging, Perimenopause, and Menopause', *Obstetrics and Gynecology Clinics of North America*, 45(4), pp. 751–763. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ogc.2018.07.011>.
- Mortazavi, B.J. and Gutierrez-Osuna, R. (2023) 'A Review of Digital Innovations for Diet Monitoring and Precision Nutrition', *Journal of diabetes science and technology*, 17(1), pp. 217–223. Available at: <https://doi.org/10.1177/19322968211041356>.
- Moshawrab, M. et al. (2023) 'Smart Wearables for the Detection of Cardiovascular Diseases: A Systematic Literature Review', *Sensors*, 23(2), p. 828. Available at: <https://doi.org/10.3390/s23020828>.
- Movassagh, E.Z. and Vatanparast, H. (2017) 'Current Evidence on the Association of Dietary Patterns and Bone Health: A Scoping Review', *Advances in Nutrition*, 8(1), pp. 1–16. Available at: <https://doi.org/10.3945/an.116.013326>.
- Nair, P. K. & Khawale, P. (2016). Role of therapeutic fasting in women's health: An overview. *Journal of Mid-Life Health*, 7(2), 61. Available at: <https://doi.org/10.4103/0976-7800.185325>.
- NAMS (2006) 'The role of calcium in peri- and postmenopausal women: 2006 position statement of The North American Menopause Society', *Menopause*, 13(6), pp. 862–877. Available at: <https://doi.org/10.1097/01.gme.0000243566.25205.0b>.
- Nappi, R.E. et al. (2023) 'Prevalence and quality-of-life burden of vasomotor symptoms associated with menopause: A European cross-sectional survey', *Maturitas*, 167, pp. 66–74. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2022.09.006>.
- Nappi, R.E. et al.; Table 5 Out-of-pocket costs (€) for treatment of menopause-related symptoms (2023) 'Prevalence and quality-of-life burden of vasomotor symptoms associated with menopause: A European cross-sectional survey', *Maturitas*, 167, pp. 66–74. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2022.09.006>. Licensed under CC BY 4.0. Adapted by Kathrin Friedrichs
- Natalucci, V. et al. (2023) 'The Effectiveness of Wearable Devices in Non-Communicable Diseases to Manage Physical Activity and Nutrition: Where We Are?', *Nutrients*, 15(4), p. 913. Available at: <https://doi.org/10.3390/nu15040913>.
- Neri, L. et al. (2023) 'Electrocardiogram Monitoring Wearable Devices and Artificial-Intelligence-Enabled Diagnostic Capabilities: A Review', *Sensors*, 23(10), p. 4805. Available at: <https://doi.org/10.3390/s23104805>.
- Nguyen, T.M. et al. (2020) 'Exercise and Quality of Life in Women with Menopausal Symptoms: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials', *International journal of environmental research and public health*, 17(19). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph17197049>.
- Noll, P.R.E.S. et al. (2021) 'Dietary intake and menopausal symptoms in postmenopausal women: a systematic review', *Climacteric : the journal of the International Menopause Society*, 24(2), pp. 128–138. Available at: <https://doi.org/10.1080/13697137.2020.1828854>.
- Noll, P. R. E. S. et al. (2022). Life habits of postmenopausal women: Association of menopause symptom intensity and food consumption by degree of food processing. *Maturitas*, 156, 1–11. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2021.10.015>.
- Núñez-Pizarro, J.L. et al. (2017) 'Association between anxiety and severe quality-of-life impairment in postmenopausal women: analysis of a multicenter Latin American cross-sectional study', *Menopause*, 24(6), pp. 645–652. Available at: <https://doi.org/10.1097/GME.0000000000000813>.

- Oh, M.R. et al. (2024) 'Efficacy of plant-derived dietary supplements in improving overall menopausal symptoms in women: An updated systematic review and meta-analysis', *Phytotherapy research : PTR* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1002/ptr.8112>.
- Paciuc, J. (2020) 'Hormone Therapy in Menopause', in L. Deligdisch-Schor and A. Mareş Mi-celi (eds) *Hormonal Pathology of the Uterus*. Cham: Springer International Publishing, pp. 89–120. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-38474-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38474-6_6).
- Pan, M. et al. (2022) 'Update on hormone therapy for the management of postmenopausal women', *BioScience Trends*, 16(1), pp. 46–57. Available at: <https://doi.org/10.5582/bst.2021.01418>.
- Panay, N. et al. (2021) 'Women's perception of the menopause transition: a multinational, prospective, community-based survey'.
- Paripoorani, D. et al. (2023) 'A systematic review of menopause apps with an emphasis on osteoporosis', *BMC women's health*, 23(1), p. 518. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12905-023-02612-9>.
- Park, H., Park, W. and Lee, C.H. (2021) 'Electrochemically active materials and wearable biosensors for the in situ analysis of body fluids for human healthcare', *NPG Asia Materials*, 13(1), p. 23. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41427-020-00280-x>.
- Paschou, S.A. et al. (2019) 'Diabetes in Menopause: Risks and Management', *Current Vascular Pharmacology*, 17(6), pp. 556–563. Available at: <https://doi.org/10.2174/1570161116666180625124405>.
- Patra, S. et al. (2023) 'A review on phytoestrogens: Current status and future direction', *Phytotherapy Research*, 37(7), pp. 3097–3120. Available at: <https://doi.org/10.1002/ptr.7861>.
- Peng, P. et al. (2023) 'Effectiveness of Wearable Activity Monitors on Metabolic Outcomes in Patients With Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis', *Endocrine Practice*, 29(5), pp. 368–378. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eprac.2023.02.004>.
- Peppia, M. (2012) 'Body Composition as an Important Determinant of Metabolic Syndrome in Postmenopausal Women', *Endocrinology & Metabolic Syndrome*, 02(01). Available at: <https://doi.org/10.4172/2161-1017.S1-009>.
- Peters, B. et al. (2022) 'Spotlight on the Gut Microbiome in Menopause: Current Insights', *International Journal of Women's Health*, Volume 14, pp. 1059–1072. Available at: <https://doi.org/10.2147/IJWH.S340491>.
- Petrine, J.C.P. and Del Bianco-Borges, B. (2021) 'The influence of phytoestrogens on different physiological and pathological processes: An overview', *Phytotherapy research : PTR*, 35(1), pp. 180–197. Available at: <https://doi.org/10.1002/ptr.6816>.
- Polasek, D. et al. (2023) 'Nutritional interventions in treating menopause-related sleep disturbances: a systematic review', *Nutrition reviews* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad113>.
- Prentice, R.L. et al. (2019) 'Low-Fat Dietary Pattern among Postmenopausal Women Influences Long-Term Cancer, Cardiovascular Disease, and Diabetes Outcomes', *The Journal of Nutrition*, 149(9), pp. 1565–1574. Available at: <https://doi.org/10.1093/jn/nxz107>.
- Pugliese, G. et al. (2020) 'Mediterranean diet as tool to manage obesity in menopause: A narrative review', *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 79–80, p. 110991. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2020.110991>.
- Rampersad et al. (2015) 'Menopause and ovarian cancer risk: mechanisms and experimental support'.
- Rees, M. et al. (2021) 'Global consensus recommendations on menopause in the workplace: A European Menopause and Andropause Society (EMAS) position statement', *Maturitas*, 151, pp. 55–62. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2021.06.006>.
- Rivas, A. et al. (2013) 'Mediterranean diet and bone mineral density in two age groups of women', *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64(2), pp. 155–161. Available at: <https://doi.org/10.3109/09637486.2012.718743>.

- Rizzoli, R. et al. (2014) 'Nutrition and bone health in women after the menopause', *Women's health* (London, England), 10(6), pp. 599–608. Available at: <https://doi.org/10.2217/whe.14.40>.
- Romero-Tapiador, S. et al. (2023) 'AI4FoodDB: a database for personalized e-Health nutrition and lifestyle through wearable devices and artificial intelligence', *Database : the journal of biological databases and curation*, 2023. Available at: <https://doi.org/10.1093/database/baad049>.
- Saeed, A., Kampangkaew, J. and Nambi, V. (2017) 'Prevention of Cardiovascular Disease in Women', *Methodist DeBakey Cardiovascular Journal*, 13(4), p. 185. Available at: <https://doi.org/10.14797/mdcj-13-4-185>.
- Sahni, S. et al. (2021) 'Contemporary Non-hormonal Therapies for the Management of Vasomotor Symptoms Associated with Menopause: A Literature Review', *touchREVIEWS in Endocrinology*, 17(2), p. 133. Available at: <https://doi.org/10.17925/EE.2021.17.2.133>.
- Salinari, A. et al. (2023) 'The Application of Digital Technologies and Artificial Intelligence in Healthcare: An Overview on Nutrition Assessment', *Diseases* (Basel, Switzerland), 11(3). Available at: <https://doi.org/10.3390/diseases11030097>.
- Sánchez-Borrego, R. et al. (2017) 'Recommendations of the Spanish Menopause Society on the consumption of omega-3 polyunsaturated fatty acids by postmenopausal women', *Maturitas*, 103, pp. 71–77. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2017.06.028>.
- Santoro, N. (2016) 'Perimenopause: From Research to Practice', *Journal of Women's Health*, 25(4), pp. 332–339. Available at: <https://doi.org/10.1089/jwh.2015.5556>.
- Santoro, N. et al. (2021) 'The Menopause Transition: Signs, Symptoms, and Management Options', *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 106(1), pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.1210/clinem/dgaa764>.
- Schoenaker, D.A. et al. (2014) 'Socioeconomic position, lifestyle factors and age at natural menopause: a systematic review and meta-analyses of studies across six continents', *International Journal of Epidemiology*, 43(5), pp. 1542–1562. Available at: <https://doi.org/10.1093/ije/dyu094>.
- Sempionatto, J.R. et al. (2022) 'Wearable chemical sensors for biomarker discovery in the omics era', *Nature Reviews Chemistry*, 6(12), pp. 899–915. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41570-022-00439-w>.
- Shahidi, F. and Ambigaipalan, P. (2018) 'Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Their Health Benefits', *Annual Review of Food Science and Technology*, 9(1), pp. 345–381. Available at: <https://doi.org/10.1146/annurev-food-111317-095850>.
- Shen, D. et al. (2017) 'Effects of omega-3 fatty acids on bone turnover markers in postmenopausal women: systematic review and meta-analysis', *Climacteric : the journal of the International Menopause Society*, 20(6), pp. 522–527. Available at: <https://doi.org/10.1080/13697137.2017.1384952>.
- Shufelt, C.L. and Manson, J.E. (2021) 'Menopausal Hormone Therapy and Cardiovascular Disease: The Role of Formulation, Dose, and Route of Delivery', *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 106(5), pp. 1245–1254. Available at: <https://doi.org/10.1210/clinem/dgab042>.
- Siddiqui, R. et al. (2022) 'The Gut Microbiome and Female Health', *Biology*, 11(11), p. 1683. Available at: <https://doi.org/10.3390/biology11111683>.
- Silva, T.R. et al. (2021) 'Nutrition in Menopausal Women: A Narrative Review', *Nutrients*, 13(7). Available at: <https://doi.org/10.3390/nu13072149>.
- Singer, P., Robinson, E. and Raphaeli, O. (2024) 'The future of artificial intelligence in clinical nutrition', *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 27(2). Available at: [https://journals.lww.com/co-clinicalnutrition/fulltext/2024/03000/the\\_future\\_of\\_artificial\\_intelligence\\_in\\_clinical.17.aspx](https://journals.lww.com/co-clinicalnutrition/fulltext/2024/03000/the_future_of_artificial_intelligence_in_clinical.17.aspx).

Site, A., Nurmi, J. and Lohan, E.S. (2021) 'Systematic Review on Machine-Learning Algorithms Used in Wearable-Based eHealth Data Analysis', *IEEE Access*, 9, pp. 112221–112235. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3103268>.

Stachowiak, G., Pertyński, T. and Pertyńska-Marczewska, M. (2015) 'Metabolic disorders in menopause', *Menopausal Review*, 1, pp. 59–64. Available at: <https://doi.org/10.5114/pm.2015.50000>.

Stute, P. et al. (2022) 'Evaluation of the impact, treatment patterns, and patient and physician perceptions of vasomotor symptoms associated with menopause in Europe and the United States', *Maturitas*, 164, pp. 38–45. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2022.06.008>, licensed under CC BY 4.0. Adapted by Kathrin Friedrichs

Surakasula, A., Nagarjunapu, G. and Raghavaiah, K. (2014) 'A comparative study of pre- and post-menopausal breast cancer: Risk factors, presentation, characteristics and management', *Journal of Research in Pharmacy Practice*, 3(1), p. 12. Available at: <https://doi.org/10.4103/2279-042X.132704>.

Taebi, M. et al. (2018) 'Strategies to improve menopausal quality of life: A systematic review', *Journal of education and health promotion*, 7, p. 93. Available at: [https://doi.org/10.4103/jehp.jehp\\_137\\_17](https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_137_17).

Talaulikar, V. (2022) 'Menopause transition: Physiology and symptoms', *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*, 81, pp. 3–7. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2022.03.003>.

Theis, S. et al. (2023) 'Quality of life in menopausal women in the workplace – a systematic review', *Climacteric : the journal of the International Menopause Society*, 26(2), pp. 80–87. Available at: <https://doi.org/10.1080/13697137.2022.2158729>.

Ulven, S.M. et al. (2011) 'Metabolic Effects of Krill Oil are Essentially Similar to Those of Fish Oil but at Lower Dose of EPA and DHA, in Healthy Volunteers', *Lipids*, 46(1), pp. 37–46. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11745-010-3490-4>.

Verdonk, P., Bendien, E. and Appelman, Y. (2022) 'Menopause and work: A narrative literature review about menopause, work and health', *Work (Reading, Mass.)*, 72(2), pp. 483–496. Available at: <https://doi.org/10.3233/WOR-205214>.

Vetrani, C. et al. (2022) 'Mediterranean Diet: What Are the Consequences for Menopause?', *Frontiers in Endocrinology*, 13, p. 886824. Available at: <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.886824>.

Vos, G. et al. (2023) 'Generalizable machine learning for stress monitoring from wearable devices: A systematic literature review', *International Journal of Medical Informatics*, 173, p. 105026. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2023.105026>.

Wang, Q. et al. (2018) 'Metabolic characterization of menopause: cross-sectional and longitudinal evidence', *BMC Medicine*, 16(1), p. 17. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12916-018-1008-8>.

Watt, F.E. (2018) 'Musculoskeletal pain and menopause', *Post Reproductive Health*, 24(1), pp. 34–43. Available at: <https://doi.org/10.1177/2053369118757537>.

Wawrzyniak, N. and Suliburska, J. (2021) 'Nutritional and health factors affecting the bioavailability of calcium: a narrative review', *Nutrition Reviews*, 79(12), pp. 1307–1320. Available at: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa138>.

Weber, D., Kochlik, B. and Henning, T. (2024) 'Smart Nutrition & Wearable Sensors and Digitization I'. Available at: <https://www.food4future.de/en/projects/smart-nutrition-wearable-sensors-digitization-i>.

Wenger, N.K. et al. (2018) 'Hypertension Across a Woman's Life Cycle', *Journal of the American College of Cardiology*, 71(16), pp. 1797–1813. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.02.033>.

- Whiteley, J. et al. (2013) 'The Impact of Menopausal Symptoms on Quality of Life, Productivity, and Economic Outcomes', *Journal of Women's Health*, 22(11), pp. 983–990. Available at: <https://doi.org/10.1089/jwh.2012.3719>.
- Widjayanti, Y. (2022) 'GAMBARAN KUALITAS HIDUP PADA WANITA MENOPAUSE: Description of Quality of Life in Menopausal Women', *Jurnal Ilmiah Keperawatan (Scientific Journal of Nursing)*, 8(2), pp. 256–261. Available at: <https://doi.org/10.33023/jikep.v8i2.911>.
- Wolters, M. et al. (2020) 'Effects of phytoestrogen supplementation on intermediate cardiovascular disease risk factors among postmenopausal women: a meta-analysis of randomized controlled trials', *Menopause*, 27(9). Available at: [https://journals.lww.com/menopausejournal/fulltext/2020/09000/effects\\_of\\_phytoestrogen\\_supplementation\\_on.19.aspx](https://journals.lww.com/menopausejournal/fulltext/2020/09000/effects_of_phytoestrogen_supplementation_on.19.aspx).
- Wu, L. et al. (2014) 'Effects of low-fat diet on serum lipids in premenopausal and postmenopausal women: a meta-analysis of randomized controlled trials', *Menopause (New York, N.Y.)*, 21(1), pp. 89–99. Available at: <https://doi.org/10.1097/GME.0b013e318291f5c2>.
- Wu, Y. et al. (2019) 'Age at Menopause and Risk of Developing Endometrial Cancer: A Meta-Analysis', *BioMed Research International*, 2019, pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.1155/2019/8584130>.
- Yelland, S. et al. (2023) 'The role of diet in managing menopausal symptoms: A narrative review', *Nutrition Bulletin*, 48(1), pp. 43–65. Available at: <https://doi.org/10.1111/nbu.12607>.
- Yong, E.-L. and Logan, S. (2021) 'Menopausal osteoporosis: screening, prevention and treatment', *Singapore medical journal*, 62(4), pp. 159–166. Available at: <https://doi.org/10.11622/smedj.2021036>.
- Zhao, H. et al. (2022) 'Recent advances in flexible and wearable sensors for monitoring chemical molecules', *Nanoscale*, 14(5), pp. 1653–1669. Available at: <https://doi.org/10.1039/D1NR06244A>.
- Zhao, K., Kang, B. and La, M. (2022) 'Wearable Electrochemical Sensors for the Detection of Organic Metabolites and Drugs in Sweat', *International Journal of Electrochemical Science*, 17(5), p. 220534. Available at: <https://doi.org/10.20964/2022.05.36>.
- Zinnat Ara Nasreen, S. (2020) 'Symptoms of Menopause', in L. B. A. Rangel et al. (eds) *Hormone Therapy and Replacement in Cancer and Aging-related Diseases*. IntechOpen. Available at: <https://doi.org/10.5772/intechopen.88572>.
- Zouboulis, C.C. et al. (2022) 'Skin, hair and beyond: the impact of menopause', *Climacteric*, 25(5), pp. 434–442. Available at: <https://doi.org/10.1080/13697137.2022.2050206>.



## Authors Autorinnen



### Dr. Chenhui Wang

Researcher  
Research team personalized nutrition  
*Researcherin Forschungsteam PersE*

Chenhui Wang is a food scientist (Ph.D) with extensive experience in food processing, functional foods, sensory-based analysis, and AI for science.

She completed her bachelor's and doctorate degrees in food science and technology at the National University of Singapore with a focus on nutraceuticals, bio-optimization of food flavor, and food analysis. She later started her career as a researcher with a focus on non-invasive food quality control with various sensor-base and data-driven technologies.

Since February 2024, she has joined the Personalized Nutrition research project at the Baden-Württemberg Cooperative State University Heilbronn as a research assistant. Her research focuses are the integration of wearable non-invasive health monitoring devices and AI technologies into research and development of personalized nutrition management.

*Chenhui Wang ist Lebensmittelwissenschaftlerin (Ph.D.) mit umfassender Erfahrung in den Bereichen Lebensmittelverarbeitung, funktionelle Lebensmittel, sensorische Analyse und KI für die Wissenschaft.*

*Sie schloss ihren Bachelor und ihre Promotion in Lebensmittelwissenschaft und -technologie an der National University of Singapore ab, wobei ihr Schwerpunkt auf Nutraceuticals, Bio-Optimierung von Lebensmittelaromen und Lebensmittelanalyse lag. Später begann sie ihre Karriere als Forscherin mit dem Schwerpunkt auf nicht-invasiver Lebensmittelqualitätskontrolle mit verschiedenen sensor- und datengesteuerten Technologien.*

*Seit Februar 2024 ist sie Mitarbeiterin im Forschungsprojekt Personalisierte Ernährung an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Heilbronn als wissenschaftliche Mitarbeiterin. Ihre Forschungsschwerpunkte sind die Integration von tragbaren nicht-invasiven Gesundheits und KI-Technologien in die Forschung und Entwicklung von personalisiertem Ernährungsmanagement.*



### Kathrin Friedrichs

Researcher  
Research team personalized nutrition  
*Researcherin Forschungsteam PersE*

Kathrin Friedrichs is a nutritionist (Master of Science). After her degree in Giessen, she worked as a clinical study manager in clinical research with a focus on the with a focus on the connection between microbiota and immunology. Subsequently she worked on the nutravigilance of nutritional supplements and was responsible as a medical advisor for the nutritional therapy of genetic metabolic disorders.

Since December 2020, she has been a research associate in the research project Personalized Nutrition at the Baden-Wuerttemberg Cooperative State University. Her research focuses on the use of real-time sensor data to optimize personalized nutrition.

*Kathrin Friedrichs ist Ernährungswissenschaftlerin (M. Sc.). Nach dem Studium in Gießen war sie als Clinical Study Manager in der klinischen Forschung mit Schwerpunkt auf den Zusammenhang von Mikrobiota und Immunologie tätig. Anschließend beschäftigte sie sich mit der Nutravigilanz von Nahrungsupplementen und war als Medical Advisor für den ernährungstherapeutischen Bereich von genetisch bedingten Stoffwechselstörungen verantwortlich.*

*Seit Dezember 2020 ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Forschungsprojekt Personalisierte Ernährung an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Heilbronn tätig. Ihr Forschungsschwerpunkt ist die Nutzung von Realtime Sensordaten zur Optimierung der personalisierten Ernährung.*



### Prof. Dr. Katja Lotz

Head of Research  
Research team personalized nutrition  
*Forschungsleiterin PersE*

Prof. Dr. Katja Lotz holds a doctorate in ecotrophology and is a trained dietician. She was a research assistant at the the Weihenstephan Science Center of the Technical University of Munich and taught at the Chair for Marketing and Consumer Research. Her professional stations start with nutritional counseling at one of the largest statutory health insurance companies, through her work as a quality management representative in an industrial company and later supplemented by the marketing management in a trade association.

From 2013 to 2023, she focused on teaching and research directing at the Baden-Wuerttemberg Cooperative State University Heilbronn in the Business Administration-Food Management course. Her research focus is on personalized nutrition.

Since 2020, she is head of the research team on personalized nutrition at DHBW Heilbronn. She will head the degree program that she co-developed, starting in 2025.

*Prof.<sup>in</sup> Dr.<sup>in</sup> Katja Lotz ist promovierte Ökotrophologin und ausgebildete Diätassistentin. Sie war wissenschaftliche Mitarbeiterin am Wissenschaftszentrum Weihenstephan der Technischen Universität München und lehrte am Lehrstuhl für Marketing und Konsumforschung. Ihre beruflichen Stationen starten mit der Ernährungsberatung bei einer der größtengesetzlichen Krankenkassen, werden erweitert über die Tätigkeit als Qualitätsmanagementbeauftragte in einem Industriebetrieb und später ergänzt durch die Marketingleitung in einem Wirtschaftsverband.*

*Von 2013 bis 2023 konzentrierte sie sich als Professorin und Studiengangleitung auf die Lehre und Forschung an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) Heilbronn im Studiengang BWL-Food Management. Ihr Forschungsschwerpunkt ist die personalisierte Ernährung.*

*Seit 2020 leitet sie die Forschung zur personalisierten Ernährung an der DHBW Heilbronn. Zum Studienstart Oktober 2025 wird sie den von ihr mitentwickelten Studiengang leiten.*

## Contact details

The “Personalized Nutrition” team at the Baden-Wuerttemberg Cooperative State University Heilbronn has been in existence since 2020. The focus is on pioneering education and on the transfer of theory and practice in teaching and research in the knowledge areas of nutrition, personalization and technology.

This is based on the conviction that personalized nutrition will close the application-oriented gap that currently arises from the discrepancy between the effect of general nutritional recommendations and the individually different demands on nutrition in relation to personal health.

Based on individual consumer health data, evidence-based nutritional recommendations can be made available immediately. This enables maximum personal health benefits.

As the subject area of personalized nutrition is very complex and can be found in the disciplines of nutritional sciences, biochemistry, human medicine, health sciences, behavioural research and digitalization systems, the teaching of personalized nutrition will be established for the first time in Germany at DHBW Heilbronn, building on four fields of research.

This will take the “Personalized Nutrition” project to a new level with the new “Personalized Nutrition” degree course (Bachelor of Science, starting in 2025).

The course will offer a deeper understanding of nutritional sciences, personalization methods and technologies and digitalization.

## Kontakt

*Das Team „Personalisierte Ernährung“ der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) Heilbronn besteht seit 2020. Der Fokus liegt auf wegweisender Bildung und auf einem Theorie- und Praxis-transfer in Lehre und Forschung in den Wissensbereichen der Ernährung, Personalisierung und Technik.*

*Zugrunde liegt die Überzeugung, dass durch personalisierte Ernährung die anwendungsorientierte Lücke geschlossen wird, die sich aktuell aus der Diskrepanz zwischen der Wirkung allgemeiner Ernährungsempfehlungen und den individuell verschiedenen Ansprüchen an die Ernährung in Bezug auf die persönliche Gesundheit ergibt.*

*Auf Basis individueller Gesundheitsdaten von Verbraucher\*innen können evidenzbasierte Ernährungsempfehlungen unmittelbar zur Verfügung gestellt werden. Das ermöglicht den maximalen persönlichen Gesundheitsnutzen.*

*Da sich das Themenfeld der personalisierten Ernährung als sehr komplex darstellt und sich in den Disziplinen der Ernährungswissenschaften, Biochemie, Humanmedizin, Gesundheitswissenschaften, Verhaltensforschung und Digitalisierungssystemen wiederfindet, wird die Lehre von personalisierter Ernährung aufbauend auf vier Forschungsfeldern erstmalig in Deutschland an der DHBW Heilbronn etabliert werden.*

*Dadurch erreicht das Projekt „Personalisierte Ernährung“ mit dem neuen Studiengang „Personalisierte Ernährung“ (Bachelor of Science, Studienstart 2025) ein neues Level.*

*Der Studiengang wird ein tieferes Verständnis für Ernährungswissenschaften, Personalisierungsmethoden und -technologien und Digitalisierung bieten.*

[perse@heilbronn.dhbw.de](mailto:perse@heilbronn.dhbw.de)



Studiengang Personalisierte Ernährung  
[www.heilbronn.dhbw.de/perse](http://www.heilbronn.dhbw.de/perse)



Forschung Personalisierte Ernährung  
[www.heilbronn.dhbw.de/forschung-transfer/studiengangspezifische-forschung/forschung-personalisierte-ernaehrung](http://www.heilbronn.dhbw.de/forschung-transfer/studiengangspezifische-forschung/forschung-personalisierte-ernaehrung)

**Baden-Wuerttemberg Cooperative University Heilbronn**  
**Duale Hochschule Baden-Württemberg Heilbronn**  
Bildungscampus 4 | 74076 Heilbronn



Online available from August 2024 *Online verfügbar ab August 2024*  
<https://www.food-management.online>

Suggested Citation (English):

Wang C, Friedrichs K, Lotz K (2024): Personalized Nutrition and Smart Wearables for Menopause Management. In: Publication series Food Management, Research Paper #7, Baden-Wuerttemberg Cooperative State University Heilbronn (Publisher)

*Zitierweise (Deutsch):*

Wang C, Friedrichs K, Lotz K (2024): Personalisierte Ernährung und intelligente Wearables für das Management der Wechseljahre. In: Schriftenreihe Food Management, Research Paper #7, Duale Hochschule Baden-Württemberg Heilbronn (DHBW) (Hrsg.)