

Technische Universität Berlin

Fakultät IV

Institut für Wirtschaftsinformatik und Quantitative Methoden

Fachgebiet AOT



Bachelorarbeit

**Entwicklung und Evaluation
eines Systems zur automatischen Generierung
personalisierter Ernährungspläne**

Priska Kohnen

Matrikelnummer: 365662

12.07.2019

Erstkorrektor: Prof. Dr. Dr. h.c. Sahin Albayrak

Zweitkorrektor: Prof. Dr. Odej Kao

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und eigenhändig sowie ohne unerlaubte fremde Hilfe und ausschließlich unter Verwendung aufgeführter Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Berlin, den

.....
(*Unterschrift Priska Kohnen*)

Abstract

Gesunde Ernährung gewinnt immer mehr an Bedeutung in der heutigen Gesellschaft. Oft werden Ernährungspläne zur strukturierten Nahrungseinnahme in Betracht gezogen. Diese Arbeit befasst sich mit dem Design und der Implementierung eines Webservices, der basierend auf Nutzereingabe einen individuell angefertigten Ernährungsplan generiert. Ebenso findet ein Entwurf für ein entsprechendes JSON-Datenformat statt, um die Integration der Anwendung mit weiteren Apps zu ermöglichen, indem die Daten per Http-Requests weitergeleitet werden.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	ix
Tabellenverzeichnis	xi
1 Einführung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Problembeschreibung	2
2 Aktueller Forschungsstand	3
2.1 Eat This Much	3
2.2 UPFIT	4
3 Ernährungstheorie	7
3.1 Ernährungsweisen	7
3.1.1 Vegetarische und vegane Ernährung	8
3.1.2 Gesundheitlichbedingte Einschränkungen	8
3.2 Ernährungspläne	9
3.2.1 Körpertypen	10
3.2.2 Nährstoffe	11
3.2.3 Ernährungsrichtlinien	14
3.2.4 Nährstoffaufnahme	16
3.2.5 Benötigte Angaben des Nutzers und Generierung der Tagesempfehlungen	17
4 Ansatz und Vorgehensweise	23
4.1 Daten	23
4.1.1 Lebensmitteldatenbank	23
4.2 Suchalgorithmus	24
4.3 Linear Programming: Täglich	25
4.4 Linear Programming: Mahlzeiten	26
5 Implementierung	29
5.1 Klassen	29
5.1.1 Person	29
5.1.2 Meal	32
5.1.3 Ingredients	33

5.2	Hauptmethoden	33
5.2.1	<code>def calculate_nutrient_differences(meal_nutrients, limits, meal=None)</code>	33
5.2.2	<code>def find_portion_size_by_pulp_elastic_constraint(prob, limits, ingredients_qs_b</code> <code>=None, ingredients_qs_l=None, ingredients_qs_d=None, ingredients_qs_s</code> <code>=None, meal=None, d=0, obj_func='energy_kcal')</code>	34
5.2.3	<code>def create_LP_probs_and_solve_by_threading(person, days, d, limits,</code> <code>meal, snack_2=None, day=None)</code>	35
6	Evaluation	37
7	Fazit	39
	Literaturverzeichnis	41
	Annex	45

Abbildungsverzeichnis

2.1	ETM Persönliche	3
2.2	ETM Ernährungspräferenzen	4
2.3	ETM Tagesplan und Nährwertangaben	5
2.4	UPFIT Auswahl Ernährungspläne	6
2.5	UPFIT Tagesplan	6
3.1	Ernährungskreis	16
3.2	Vegetarisch Ernährungspyramide	21
3.3	Vegane Ernährungspyramide	21

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

3.1	Tagesempfehlung: Macronährstoffe und Ballaststoffe	13
3.2	Tagesempfehlung: Vitamine	14
3.3	Tagesempfehlung: Mineralien und Spurenelemente	15
3.4	Verzehrempfehlungen	17
5.1	Prozentuale Aufteilung der Lebensmittelgruppen	31

1 Einführung

Etliche Studien (Statista 2015, 2017a,d) belegen, die vermehrte Benutzung von gesundheitsbezogenen Apps besonders im Bereich der Ernährung. Doch wie man sich am besten ernähren soll ist von Person zu Person unterschiedlich. Jeder Körper reagiert verschieden auf die jeweiligen Lebensmittel und verarbeitet diese anders. Ein Ernährungsplan kann helfen Struktur in diesen Bereich des alltäglichen Lebens zu bringen. Bei der Erstellung eines Ernährungsplans muss auf die Person und ihre Körperigenschaften wie Geschlecht, Alter, Gewicht und mögliche Allergien eingegangen werden sowie auf Ernährungsweisen, präferierte und weniger präferierte Lebensmittel und vor allem auf eine Ausgewogenheit der Lebensmittel. Auch die Beweggründe der Person wie bspw. Massezunahme, Gewichtskontrolle oder ähnliches sind bei der Generierung des Plans zu beachten. Um all diese Faktoren miteinzubeziehen und um diesen Prozess zu automatisieren soll auf eine Webanwendung zurückgegriffen werden. Der Nutzer gibt die erfordernten Daten zur Erstellung des Ernährungsplans über eine Maske ein, woraufhin diese Daten per Http-Requests weitergeleitet werden und auf Serverebene ein personalisierter Ernährungsplan erstellt und anschließend zurückgeschickt wird. Dieser gibt in einer Kalenderübersicht die zu verzehrenden Gerichte und Lebensmittel wieder. So kann für jeden Tag im Monat ersichtlich sein, welche Zutaten eingekauft und verarbeitet werden müssen. Das Ziel dieser Arbeit ist es die Nutzereingabe zu verarbeiten und einen ausgewogenen Ernährungsplan zu empfehlen, der für einen durchschnittlichen Erwachsenen, der mindestens 19 Jahre alt ist, abgestimmt ist. Dafür werden zunächst bereits bestehende Webseiten vorgestellt, die einen solchen Service anbieten. Darauf folgenden Kapitel werden zu Beginn unterschiedliche Ernährungsweisen erläutert, um eine gewisse Richtung zu geben, worauf bei der Erstellung geachtet werden sollte. Im nächsten Abschnitt wird schließlich geklärt wie Ernährungspläne erstellt werden und welche Personenangaben zu berücksichtigen sind. Anschließend hieran wird die Lebensmitteldatenbank, mit der der Algorithmus arbeiten wird, vorgestellt sowie die verschiedene Ansätze zu Algorithmen, um den Plan zu generieren. Im fünften Kapitel wird die Implementierung beschrieben und erläutert. Zum Schluss folgen noch eine Evaluation von Ernährungspläne von Testfällen und das Fazit.

1.1 Motivation

„Die wichtigsten Dinge des Lebens spielen sich zwischen Anfang und Ende des Verdauungskanal ab.“

Dieses Zitat von Paracelsus (Zitate von Paracelsus 2018), zeigt deutlich wie wichtig

1 Einführung

eine ausgewogene Ernährung bzw. Verdauung ist. Es ist seit geraumer Zeit bekannt, dass sich eine gute Verdauung auf das Wohlbefinden des Menschen auswirkt, was wiederum mit der richtigen Ernährung zusammenhängt (Canetti et al. 2002). Gewichtszu oder -abnahme, bessere Konzentrationsfähigkeit, Muskelaufbau sowie mentale Gesundheit sind nur einige Bereiche bei denen Ernährung eine ausschlaggebende Rolle spielen. Ernährungspläne helfen, um die richtigen Lebensmittel zu sich zu nehmen und erleichtern einem das Planen der Gerichte. Doch nicht nur aus gesundheitlichen Gründen ist ein Ernährungsplan sinnvoll. Die Studie von Stefan et al. (2013) zeigt, dass *„Planungs- und Einkaufsroutinen wichtige Prädiktoren von Lebensmittelverschwendung sind [...]“*. Dadurch würde nicht nur diesem Problem entgegengewirkt, stattdessen würden viele weitere positive Nebeneffekte einhergehen: Globalen Hungerproblemen würde gegengesteuert, Ernährungssicherung würde sich verbessern, Ressourcenverbrauch würde optimiert sowie Umweltverschmutzung würde eingedämmt (Beretta et al. 2013).

1.2 Problembeschreibung

Ernährungspläne müssen speziell auf den Körper der Person abgestimmt werden. Grundvoraussetzung ist es zu wissen, welchem Körpertyp man entspricht. Denn die drei Basistypen Ectomorph, Mesomorph und Endomorph differenzieren sich am Fettanteil, an der Muskelmasse und daran wie sie die Kalorien, die sie zu sich nehmen, verbrennen (Tchoumatchenko 2017). Hinzu kommen grundlegende Körpereigenschaften wie Geschlecht, Alter, Gewicht und Allergien oder zeitlich bedingte Unverträglichkeiten aufgrund von Medikamenteneinnahme oder bestehender Schwangerschaft (DEBInet-Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz 2017a). Des Weiteren, muss auf eine ausgewogene Ernährung geachtet werden, so dass der Nutzer sich nicht bspw. eine Woche lang nur von Suppen ernähren muss. *„Eine ausgewogene Ernährung sollte die Grundnährstoffe Eiweiß, Fett und Kohlenhydrate in einem angemessenen Verhältnis enthalten“* (DEBInet-Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz 2017b). Was wiederum damit zusammenhängt, wieso ein Ernährungsplan angefragt wird. Hierfür werden Berechnungen benötigt, um zu ermitteln wie viel Kalorien, Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße, Ballaststoffe, Vitamine, Mineralien aufgenommen werden müssen, um den jeweiligen Zweck des Ernährungsplans zu erfüllen. Bei der Erstellung gilt es also, auf viele Faktoren Rücksicht zu nehmen und die richtigen Lebensmittel und Gerichte aus der vorhandenen Datenbank auszusuchen und zu extrahieren. Es liegt also ein Suchproblem vor, bei dem man Lebensmittel in benötigter Portionsgröße auswählen muss, so dass die zusammengestellten Gerichte in dem täglichen Bedarf für die Nährstoffe liegt. Es wird deutlich, dass das Mengen- und Auswahlproblem zusammenhängen und sich gegenseitig bedingen.

2 Aktueller Forschungsstand

Dieses Kapitel soll bereits bestehende Webseiten vorstellen, die Ernährungsplaner anbieten. Hierbei sollen mitunter Vor- und Nachteile aufgezeigt werden.

2.1 Eat This Much

Eat This Much (ETM) ist eine Plattform mit der man individuelle Ernährungspläne generieren und seinen Gewichtsverlauf tracken kann. Man gibt sein Ziel, bevorzugte und weniger bevorzugte Lebensmittel an und bekommt daraufhin einen Plan für eine ganze Woche geliefert. Des Weiteren, kann man Angaben dazu machen, wie viel Kalorien man am Tag zu sich nehmen möchte und wie viel Geld und Aufwand die einzelnen Gerichte in Anspruch nehmen sollen. Die Abbildungen 2.1 und 2.2 zeigen die Optionen, die der Nutzer festlegen kann, um einen individuellen Plan generiert zu bekommen. Die Lebensmitteldatenbank kann man selber updaten, indem man

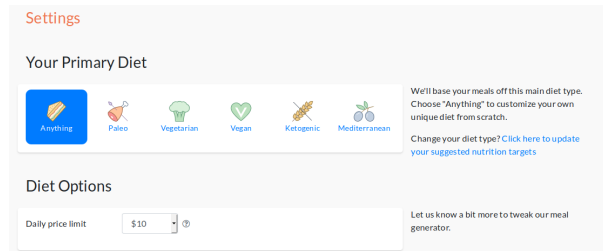


Abbildung 2.1: ETM Persönliche Angaben

Lebensmittel oder auch Rezepte hochlädt, und sogar Gerichte einzelner Restaurants sind mitaufgeführt. Ist der Plan erstellt worden kann man einzelne Gerichte oder auch den ganzen Plan neugenerieren lassen, falls man mal nicht zufrieden ist. Der Plan liefert für die jeweilige Mahlzeit meistens fertige Gerichte sowie das Rezept dazu. Ab und zu wird die Tagesmahlzeit auch durch ein einzelnes Lebensmittel wie einen Apfel oder eine Scheibe Brot ergänzt, falls das Rezept den Nährwerten nicht voll entspricht. Hovert man über ein Gericht so werden einem die Makronährstoffe aufgezeigt und die Möglichkeit für weitere Nährwertangaben wird ebenfalls angeboten. Die Abbildung 2.3 zeigt einen beispielhaften Ernährungsplan für einen Tag. Eat This Much bietet viele nützliche Features und zeigt eine benutzerfreundliche Oberfläche. Nichts desto Trotz muss man sich zunächst registrieren und entweder einen kostenfreien oder

2 Aktueller Forschungsstand

Abbildung 2.2: ETM Ernährungspräferenzen

einen Premium-Account anlegen, um das Tool nutzen zu können. Ist man nicht registriert, so kann man sich lediglich für einen Tag einen Essensplan ausgeben lassen. Das System arbeitet allerdings hauptsächlich mit Rezepten, weswegen nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Mikronährstoffe ebenfalls das empfohlene Tageslimit treffen. Bei fertigen Rezepten kann man nicht ohne weiteres Zutaten ändern kann, so dass das Gericht mehr den Referenzwerten der Mikronährstoffe entsprechen würde. Denn dies könnte dazu führen, dass das Gericht nicht mehr schmeckt oder gar nicht erst zubereitet werden kann. Jedoch wird die Portionsgröße des Gerichts bestmöglich an die Makronährstoffe angepasst, sodass man auf jeden Fall in seinem täglich benötigten Kalorienbereich liegt. Da hier mit Rezepten gearbeitet wird, sind flüssige Zutaten oder Zutaten, die man normalerweise nicht unverwertet isst, wie Öl oder Mehl, in der Datenbank mitaufgeführt und somit auch genaue Angaben zur Portionsgröße.

2.2 UPFIT

Eine weitere Webseite, die es ermöglicht personalisierte Ernährungspläne zu erstellen, ist UPFIT. Im Vergleich zu Eat This Much gibt es hier die Möglichkeit auch

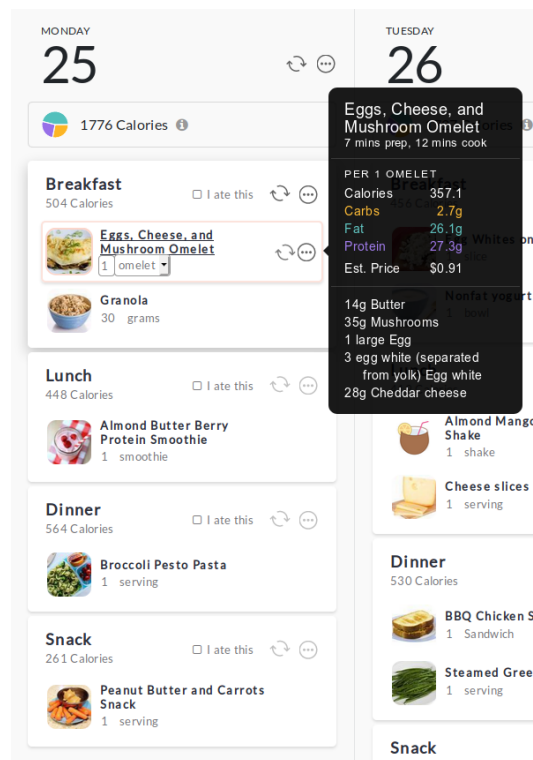


Abbildung 2.3: ETM Tagesplan und Nährwertangaben

ohne Registrierung einen einwöchigen Essensplan zu erhalten, der allerdings nicht zu 100% auf den Nutzer abgestimmt ist. Wählt man diese kostenfreie und unverbindliche Option, so kann man ebenfalls sein Ziel, sein Geschlecht, seine benötigten Kalorien pro Tag, seine Ernährung sowie seine Unverträglichkeiten angeben. Daraufhin erhält man Liste verschiedenster Pläne, die alle ungefähr zu den jeweiligen Angaben passen. Hieraus kann man sich den Plan aussuchen, der einem am meisten zusagt. Auch hier werden vorgefertigte Rezepte als Grundlage für die einzelnen Mahlzeiten gewählt, wodurch auch hier eine Gewährleistung zum Erreichen des Mikronährstoffbedarfs nicht vorausgesetzt sein kann. Folgende Abbildung 2.4 zeigt die Liste der beispielhaften personalisierten Wochenpläne. Hat man sich für einen Plan entschieden kann man in Abbildung 2.5 die Mahlzeiten für ein Tag sehen.

2 Aktueller Forschungsstand

UPFIT
UPFIT ERNÄHRUNGSPLAN COACH KALORIENRECHNER PARTNER PLAN ERSTELLEN

Der richtige Ernährungsplan für den Alltag

Du träumst schon ewig von deiner Traumfigur und möchtest jetzt endlich **deine Ziele erreichen**? Du hast schon viele Ernährungspläne in deinem Leben ausprobiert, doch keiner hat zum Erfolg geführt oder war einfach nur teuer? Unsere kostenlosen Ernährungspläne mit leckeren Rezepten gehen persönlich auf dein Kalorienziel, Ernährungsform oder Unverträglichkeiten ein. Lebst du vegetarisch, möchtest abnehmen, hast eine Intoleranz oder eine Affinität zu Low Carb? Berechne deinen Kalorienbedarf, lade dir deinen **kostenlosen Ernährungsplan** herunter und lass dich selbst davon überzeugen. Sollte dir allerdings keiner unserer Ernährungspläne zusagen, stellen wir natürlich auch maßgeschneiderte Ernährungspläne speziell für dich individuell zusammen.

ZIEL ▼
GESCHLECHT ▼
KALORIEN PRO TAG ▼
ERNÄHRUNG ▼
UNVERTRÄGLICHKEIT ▼

Nichts passendes dabei? Sei noch effektiver mit einem **100 % individuellen Ernährungsplan!**

PLAN INDIVIDUALISIEREN

Abbildung 2.4: UPFIT Auswahl Ernährungspläne

Woche 1: Montag
UPFIT
www.upfit.de

FRÜHSTÜCK

Paleo Protein Shake

Veggie
Paleo
419 kcal
10 min

20 g	Blattspinat
50 ml	Kokosmilch (Dose)
1 EL	Mandelmus (= 20 g)
25 g	Rote Johannisbeeren
½ Stück	Banane (= 69 g)
1 Stück	Ei (= 58 g)

Eier für 8 min hart kochen und danach mit kaltem Wasser abschrecken. Abkühlen lassen und schälen. Den Spinat waschen und abtropfen lassen, die Bananen schälen und die Beeren waschen. Alle Zutaten gemeinsam in den Mixer geben und solange pürieren bis die gewünschte (sämige) Konsistenz entsteht.

MITTAGESSEN

Gurken - Carpaccio

Veggie
493 kcal
7 min

1 Stück	Salatgurke (= 400 g)
150 g	Hüttenkäse
½ Stück	Paprika (rot) (= 78 g)
1½ EL	Schnittlauch (= 8 g)
1 EL	Olivöl (= 10 g)
25 g	Walnüsse
1 Prise	Kräutersalz, Pfeffer (schwarz)

Gurke waschen (nach Belieben auch schälen) und in Scheiben schneiden. Die Scheiben dann in einem Fächer auf dem Teller platzieren und mit Öl betreuflern. Den Hüttenkäse mit gewürfelter Paprika und Schnittlauch vermengen und nach Belieben mit Salz und Pfeffer würzen. Nun den Käse auf den Gurken verteilen und gehackte Walnüsse drüber streuen. Nach Belieben mit Chili oder Paprikapulver verfeinern.

NACHMITTAGSSNACK

Schnelle Mandelmilch

Vegan
135 kcal
2 min

20 g	Mandelmus
1 Prise	Jod-Salz, Zimt

1 Tasse kochendes Wasser in Mixer mit dem Mus und den Gewürzen auf höchster Stufe 30-60 sek mixen. Milch in Glas füllen und kurz abkühlen lassen.

ABENDESSEN

Sesam - Hähnchen auf Brokkoli

Fleisch
382 kcal
30 min

150 g	Hähnchen (Brust)
½ Stück	Brokkoli (= 170 g)
½ Stück	Knoblauchzehe (= 2 g)
10 g	Ingwer
1 TL	Honig (= 10 g)
1 EL	Balsamico (= 10 g)
2 TL	Olivöl (= 6 g)
1 TL	Sesam (= 10 g)
1½ TL	Gemüsebrühe (= 5 g)
1 Prise	Chilipulver

Brokkoliröschen mit 125 ml Brühe in einem Topf mit heißem Wasser bei mittlerer Hitze 6 min garen. Für die Marinade Honig, Balsamico, Öl, geschneitten Ingwer und gepressten Knoblauch mischen und alles mit Salz, Pfeffer und Chilipulver abschmecken. Fleisch in mundgerechte Stücke schneiden, in Marinade geben. Anschließend 6 min in einer Pfanne erhitzen. Brokkoli anrichten und die Fleisch darübergeben. Vor dem Servieren mit den Sesamkörnern bestreuen.

Abbildung 2.5: UPFIT Tagesplan

3 Ernährungstheorie

3.1 Ernährungsweisen

Im Laufe der Zeit haben sich verschiedenste Ernährungskonzepte und -diäten von der omnivoren, der allesessenden Ernährung abgespalten. Die wohlbekanntesten Essweisen sind Low-Carb, Rohkost, Low Fat, Vegetarismus, Clean Eating, Veganismus, Paleo, High Carb, Blutgruppendiät und aryuvedisch (Statista 2017*e*). Studien belegen aber vermehrt den Wachstum der Vegetarier und Veganer. Besonders in den letzten 20 Jahren hat sich der Anteil der Vegetarier in Deutschland mehr als verzehnfacht (VEBU – Vegetarierbund Deutschland 2017). Weltweit betrachtet ist Indien ist sogar das vegetarischste Land mit rund 38% Vegetariern (Statista 2016). Zu diesen bewussten Diäten kommen schließlich noch gesundheitlichbedingte Verzichternährungen hinzu wie beispielsweise laktosefreie, nussfreie oder glutenfreie Ernährung. Dieses Kapitel soll daher die vegetarische sowie die vegane Essweise näher vorstellen und auf gewisse Schwierigkeiten oder Engpässe bei der täglich benötigten Nährstoffaufnahme hinweisen. Ebenso soll ein kurzer Überblick über Ernährung bezüglich Allergien und während der Schwangerschaft verschafft werden. Schließlich gibt es noch Esskonzepte, die auf religiöse Überzeugung beruhen. Zu diesen zählt man jüdische, muslimische und hinduistische Ernährung. Erstere essen koscher, wobei sie Fleisch und Fleischprodukte niemals mit Milchprodukten gleichzeitig verzehren. Ebenso gelten nur Paarhufer, Wiederkäuer, Geflügel und Fische mit Flossen und Schuppen als koscher. Im Islam werden Schweine und jegliche Produkte, die vom Schwein kommen als unrein angesehen und werden daher nicht gegessen. Im Hinduismus darf alles bis auf Rind und Produkte vom Rind gegessen werden, da dieses Tier als heilig angesehen wird. Es werden im weiteren Verlauf lediglich Laktoseintoleranz, Nussallergien, Vegetarismus sowie Veganismus berücksichtigt, um das Spektrum der Ernährungsweisen einzugrenzen. Die Eingrenzung erfolgt hierbei nach subjektiver Einschätzung, dass jene Gruppen einen hohen Anteil der Bevölkerung ausmachen und es daher sinnvoll erscheint den Ernährungsplan auf oben genannte Essweisen Rücksicht nehmen zu lassen. Nichts desto Trotz gibt es Studien, die belegen, dass es allein in Deutschland 11,7% Nussallergiker, 21,7% Laktoseintolerante, 19,2% Vegetarier und 5,7% Veganer gibt (Prof. Dr. med. Dr. h.c. T. Zuberbier 2016, Statista 2017*b,c*). Die religiösen Ernährungsweisen werden nicht berücksichtigt, da es unter anderem schwierig ist festzustellen, welches Fleisch in welchen Gerichten verwendet wird.

3.1.1 Vegetarische und vegane Ernährung

The Vegetarian Society (2016) definiert einen Vegetarier wie folgt: „*A vegetarian is someone who lives on a diet of grains, pulses, legumes, nuts, seeds, vegetables, fruits, fungi, algae, yeast and/or some other non-animal-based foods (e.g. salt) with, or without, dairy products, honey and/or eggs. A vegetarian does not eat foods that consist of, or have been produced with the aid of products consisting of or created from, any part of the body of a living or dead animal. This includes meat, poultry, fish, shellfish*, insects, by-products of slaughter** or any food made with processing aids created from these.*“¹ Somit ergeben sich schließlich verschiedene Variationen des Vegetarismus und es werden vier Essweisen unterschieden. Die Lacto-Ovo-Vegetarier bilden den verbreitetsten Typ. Sie essen Milchprodukte als auch Eier. Lacto-Vegetarier hingegen essen Milchprodukte jedoch keine Eier, analog hierzu essen Ovo-Vegetarier keine Milchprodukte dafür aber Eier und schließlich Veganer, die komplett auf tierische Produkte verzichten und sich rein pflanzlich ernähren. Doch sobald auf bestimmte Lebensmittelgruppen verzichtet wird, werden dadurch auch Quellen für wichtige Nährstoffe unbrauchbar und Alternativquellen oder Supplemente müssen der Ernährung hinzugefügt werden. Bei vegetarischer oder veganer Ernährung sollte man Eiweiß, Fett, insbesondere Omega-3-Fettsäuren, Vitamin B12, Vitamin D, Zink, Eisen und Kalzium besondere Aufmerksamkeit schenken, da diese Nährstoffe oftmals in höherer Menge in tierischen Produkten aufzufinden sind oder, wie bei Vitamin B12 der Fall, nur in tierischen Lebensmitteln vorkommen. Zudem können sie aus tierischen Quellen teilweise einfacher vom Körper aufgenommen werden (Center for Young Women’s Health 2017, The Vegetarian Society 2017).

3.1.2 Gesundheitlichbedingte Einschränkungen

Menschen, die Milch oder Milchprodukte nicht vertragen, leiden möglicherweise an einer Milchzucker-Unverträglichkeit oder auch Laktoseintoleranz. Diese wird jedoch nicht direkt als Allergie aufgefasst, da laktoseintolerante Menschen oft auch viel Milch und Milchprodukte zu sich nehmen können. Bei einer echten Milchallergie würde der Körper schon auf geringste Mengen Milch stark allergisch reagieren. Wie viel Milchzucker man verträgt ist daher von Person zu Person unterschiedlich und auch genetisch bedingt. Somit kann nicht festgelegt werden, wie viel man zu sich nehmen darf und es werden bei der Generierung des Plans lediglich die Lebensmittel, die Laktose enthalten, herausgefiltert oder darauf hingewiesen, dass sie möglicherweise Milchzucker enthalten (Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im

¹zu Deutsch: Ein Vegetarier ist jemand, dessen Diät aus Getreide, Hülsenfrüchten, Gemüse, Nüssen, Samen, Früchten, Pilzen, Algen, Hefe und/oder anderen nicht tierischen Lebensmitteln (z.B. Salz) mit oder ohne Milchprodukte, Honig und/oder Eiern besteht. Ein Vegetarier isst keine Lebensmittel, die aus, oder mit Hilfe von Produkten, die aus jeglichen Teilen von lebenden oder toten Tieren bestehen, gemacht werden. Das schließt Fleisch, Geflügel, Fisch, Meeresfrüchte, Insekten, Schlachtbeiprodukte oder jegliche Lebensmittel, die auf jene zurückgreifen, um hergestellt zu werden, mit ein.

Gesundheitswesen (IQWiG) 2018). Nussallergien sind stark regionalbegrenzte Allergien und sind bei jedem unterschiedlich stark ausgeprägt. Jede Nuss hat ihre eigenen spezifischen Eiweiße, auf die der Körper allergisch reagiert. Doch da sich die Proteine der Nüsse teilweise in ihrem Aufbau ähneln, kann es vorkommen, dass das Immunsystem der Person auch auf weitere Nüsse abwehrend reagiert. Daher lässt es sich nicht ausschließen, dass die einen bspw. nur gegen eine Nusssorte allergisch sind und andere wiederum gegen mehrere Nüsse. Des Weiteren, sind es nicht nur explizit Nüsse, die solche Reaktionen hervorrufen, sondern auch Samen und Kerne sollten berücksichtigt werden. Im Handel wird daher von Schalenfrüchten gesprochen zu ihnen zählen schließlich Mandeln, Paranüsse, Cashewnüsse, Haselnüsse, Macadamianüsse, Pekannüsse, Pistazien, Walnüsse und Pinienkerne. Erdnüsse hingegen, zählen nicht zu Nüssen sondern werden im botanischen Sinne den Hülsenfrüchten zugeordnet. Allein in Europa leiden 0,2% der Gesamtbevölkerung an einer Erdnussallergie (Prof. Dr. med. Dr. h.c. T. Zuberbier 2016). Da das Lebensmittelrecht in Europa vorgibt Lebensmittel, die Nüsse oder Spuren von Nüssen enthalten, zu kennzeichnen, werden im weiteren Verlauf Nüsse, Samen, Kerne und Erdnüsse zusammen betrachtet und gekennzeichnet, so dass auf Nuss- und Erdnussallergiker Rücksicht genommen werden kann. Die Ernährung während der Schwangerschaft verändert sich grundsätzlich nicht mit der einzigen Ausnahme, dass die Frau eine höhere Tagesdosis der Nährstoffe berücksichtigen sollte. Da sich die Insulinproduktion erhöht, kann es zu Unterzuckerungserscheinungen kommen, weswegen auf eine ausreichende Zufuhr von Kohlenhydraten geachtet werden sollte. Vorwiegend bestehend aus komplexen Kohlenhydraten wie Vollkornprodukte und viel Gemüse. Ebenso erhöht sich der Bedarf an Eiweiß, Vitaminen und Mineralien. Einzig und allein sollte die Zufuhr von Fetten nicht steigen und genauso sollte die Aufnahme von Zucker nur 10% der gesamten Kohlenhydrate ausmachen, was somit circa 40g am Tag sind. Besondere Aufmerksamkeit sollte Folsäure geschenkt werden, damit Neuralrohrdefekten präventiv entgegengewirkt werden können (DEBInet-Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz 2018).

3.2 Ernährungspläne

In diesem Kapitel wird genauer auf die Erstellung des Ernährungsplans eingegangen. Zunächst werden die drei Basiskörpertypen erörtert, da die Ernährung und ihre Auswirkungen stets mit den Körpereigenschaften in Relation stehen. Darauf folgend soll herauskristallisiert werden, welche Nährstoffe in welcher Menge der jeweilige Nutzer zu sich nehmen muss, damit er seiner Motivation hinter dem Plan gerecht wird. Hierzu werden die wichtigsten Nährstoffe genauer beschrieben und ihre Mindestverzehrmenge bestimmt. Da die tägliche Zufuhr der verschiedenen Nährstoffe stets vom Alter abhängt, wird der Einfachheit halber die Generierung und Benutzung des Plans auf Personen ab 19 Jahren beschränkt. Zusätzlich werden Mindestverzehrmenngen von Ultraspurenelementen nicht berücksichtigt, da sie in zu geringen Mengen durch die Nahrung aufgenommen werden, als dass eine Restriktion Sinn ergibt. Anschließend

3 Ernährungstheorie

hieran werden Ernährungsvorgaben bzw. Richtlinien angefügt, damit eine ausgewogene und gesunde Ernährung gewährleistet werden kann. Zum Schluss soll basierend auf diesen Vorarbeiten und jenen aus dem vorherigen Kapitel erörtert werden, welche Informationen vom Nutzer benötigt werden, um den Plan zu Erstellen.

3.2.1 Körpertypen

Bereits in den 30er Jahren wurden die Menschen in drei grobe Körpertypen aufgeteilt durch William Sheldon, ein Psychologe aus den USA. Die Aufteilung basiert auf Körperstruktur, Knochenbau, Muskel- und Fettaufbau (Thomas J. Bernard 2018). Das System der drei Basistypen Ektomorph, Mesomorph und Endomorph ist bis heute noch beständig und wird genutzt, um seine Ernährung zu regulieren sowie den passenden Trainingsplan zu entwickeln. Ektomorphen oder auch Hardgainer genannt, zeichnen sich dadurch aus, dass sie sehr wenig Muskel- als auch Fettanteile haben und diese auch nur sehr schwierig aufbauen können. Sie sind oft lang, schmal und haben einen hohen Metabolismus, weswegen sie auch nur gering Masse aufbauen können. Daher sollten Ektomorphen mindestens 50-60% ihrer Energie aus Kohlenhydraten ziehen und kalorienreiche Lebensmittel zu sich nehmen wie beispielsweise Nüsse oder Avokados (Tchoumatchenko 2017, The Editors of Encyclopaedia Britannica et al. 2014a). Endomorphen hingegen sind so genannte Softgainer. Sie nehmen einfach und schnell an Gewicht zu und müssen daher stark auf ihre Kalorienzufuhr achten. Sie wirken oftmals korpulenter und haben größere Knochen. Menschen mit diesem Körpertyp zeichnen sich dadurch aus, dass sie oftmals müde sind und einen unregelmäßigen Appetit aufzeigen. Endomorphen sollten daher maximal 20-30% Kohlenhydrate zu sich nehmen. Ebenso, sollten sie viel Gemüse und Vollkornprodukte essen sowie Wasser trinken, um ein Sättigungsgefühl zu erreichen. Dadurch kann einfacher ein Kaloriendefizit von 200-500 kcal eingehalten werden (Tchoumatchenko 2017, The Editors of Encyclopaedia Britannica et al. 2014b). Schließlich bleiben noch die Mesomorphen (Normalgainer), diese Körpertypen charakterisieren sich dadurch, dass sie schnell Muskeln aufbauen und Fett im Gegenzug verbrennen. Sie sind eher symmetrischer Körperstruktur mit größeren Knochen, schmalen Gelenken, wenig Körperfett und verstärkter Muskulatur. Sie kombinieren also die Eigenschaften der Ekto- und Endomorphen. Jene sollten höchstens 40-50% Kohlenhydrate zu sich nehmen und vermehrt auf Proteine zurückgreifen, um die Muskelmasse aufrecht zu erhalten. Auch wenn es diese drei Grundtypen gibt, ist kein Mensch exakt ein Ektomorph oder zu 100% ein Mesomorph. Man ist meistens mehreren Körpertypen zuzuordnen und sollte daher seine Ernährung an beide Arten adaptieren. Man kann beispielsweise ein Endo-Mesomorph sein und demnach Fett genauso schnell aufbauen wie Muskeln und sollte daher trotzdem eine mehr gemüselastigere Ernährungsweise betreiben (Tchoumatchenko 2017, The Editors of Encyclopaedia Britannica et al. 2014c). Da sich der eigene Körpertyp nicht ohne weiteres bestimmen lässt, wird dieser Faktor im weiteren nicht mit in die Generierung des Ernährungsplans mitaufgenommen. Der Vollständigkeit halber werden die Körpertypen jedoch mit aufgeführt,

um zu verdeutlichen, dass die ganze Ernährung und ihre Folgen von der jeweiligen Genetik ausgehen.

3.2.2 Nährstoffe

Nährstoffe sind jene Stoffe, die der Körper aufnimmt und mithilfe des Stoffwechsels verarbeitet. Jeder Organismus nimmt Nährstoffe auf und stellt ebenso welche durch den Energieverbrauch her. Die Stoffe, die der Körper nicht selber herstellen kann sind die essentiellen Nährstoffe und müssen folglich in entsprechendem Maße durch die Nahrung aufgenommen werden. Nährstoffe lassen sich zunächst in sieben große Gruppen einteilen, die da wären: Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße, Ballaststoffe, Vitamine, Mineralien und Spurenelemente. Damit die Ernährung als ausgewogen gilt, ist nicht nur ihr Energiegehalt ausschlaggebend sondern auch aus welchen Nährstoffen diese sich zusammensetzt und wie hoch die Menge an den unterschiedlichen Nährstoffen ist (DEBInet - Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz 2018).

Kohlenhydrate versorgen den Körper mit Energie, dienen als Energiespeicher und werden zur Bildung der DNA/RNA genutzt. Bei Kohlenhydraten kann man zwischen Einfach- Zweifach- oder aber Vielfachzuckern unterscheiden, die aus mindestens zehn der drei Bausteine Kohlenstoff, Wasser und Sauerstoff bestehen. Je nachdem, wie viele Moleküle das jeweilige Kohlenhydrat hat, desto schneller oder langsamer wird der Stoff im Körper gespalten und die einzelnen Elemente werden in den Körper aufgenommen. Dadurch gelten Kohlenhydrate, die komplexer zusammengestellt sind, als gesünder, da diese langsamer gespalten werden und dadurch ein relativ konstanter Blutzuckerspiegel im Blut über mehrere Stunden besteht. Diese „komplexen Kohlenhydrate“ kommen vor allem in Lebensmitteln wie Naturreis, Teigwaren, Kartoffeln und weiteren Vollkornprodukten vor (DEBInet - Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz 2018, Dr.med.H.Langhof & Dr.oec.troph. E.-M. Schröde 2018). Zucker und Stärke sind wohl die bekanntesten Kohlenhydrate und werden von Pflanzen durch Photosynthese aufgebaut. Tierische Kohlenhydrate findet man hauptsächlich in Milchprodukten wie beispielsweise Laktose, den Milchzucker. Die empfohlene Tageszufuhr von Kohlenhydraten muss die Aufnahme von Fetten und Eiweißen zudem berücksichtigen, da diese Nährstoffe ebenso zu den energieliefernden Nährstoffen zählen. DEBInet-Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz (2017b) sieht daher eine empfohlene Tageszufuhr bei 55-60% des täglichen Energiebedarfs. Gleiches gilt für schwangere Frauen, sie sollten ihre Kohlenhydrate bei 55% des gesamt Energiebedarfs halten (DEBInet-Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz 2018).

Fette in der Nahrung bestehen meistens aus einem Teilchen Glycerin und drei Teilen Fettsäure. Abhängig von der Anzahl der unterschiedlichen Fettsäuren lassen sich Fette in gesättigte und einfach- oder mehrfach ungesättigte Fettsäuren unterteilen aus denen man jeweils zu unterschiedlich vielen Anteilen seine Energie ziehen sollte. Fette

3 Ernährungstheorie

dienen wie Kohlenhydrate als Energielieferant und -speicher. Überschüssige Energie in der Leber wird hingegen als Depotfett und Organfett umgewandelt und kann in größeren Mengen Herz und Kreislauf belasten. Daher gilt 30% des Energiearfs als die empfohlene tägliche Aufnahme (DEBInet-Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz 2017b). Ebenso sieht die Deutsche Gesellschaft für Ernährung et al. (2015) einen täglichen Fettbedarf von circa 1g pro kg Körpnormalgewicht vor. Die Fettaufnahme sollte 60-80g pro Tag jedoch nicht überschreiten und liegt mit 130g pro Tag heutzutage bereits viel zu hoch. Stets ist es sinnvoll tierische Fette zugunsten von pflanzlichen Fetten zu ersetzen und vor allem während der Schwangerschaft sollte Linolsäure Beachtung geschenkt werden.

Eiweiße zählen ebenfalls zu den energieliefernden Nährstoffen, stellen jedoch zusätzlich noch weitere wichtige Funktionen dar, wie die Versorgung des Körpers mit Stickstoff und Aminosäuren. Von den 20 benötigten Aminosäuren, um körpereigenes Eiweiß herzustellen, unterteilt man jene nochmal in elf nicht-essentielle und neun essentielle Aminosäuren, die dem Körper auf jeden Fall hinzugefügt werden müssen, da er diese nicht selber produzieren kann. Da Aminosäuren nicht für spätere Zwecke gespeichert werden können, muss auf eine ausreichende tägliche Eiweißzufuhr geachtet werden, die circa 0,8-1,0g Eiweiß pro Körpergewicht in kg entspricht. Eiweiße können tierischer oder pflanzlicher Herkunft sein und unterscheiden sich hauptsächlich in ihrer biologischen Wertigkeit. Tierische Eiweiße ähneln dem menschlichen Eiweiß mehr, weswegen diese als biologisch wertiger eingestuft werden. Nichts desto Trotz nimmt man bei tierischen Eiweißen nicht nur das Eiweiß an sich auf, sondern ebenso Cholesterin, Fett und Purin, die in zu hohen Mengen gesundheitsschädlich sein können. Daher ergibt es Sinn die Eiweißzufuhr aus tierischen als auch aus pflanzlichen Quellen zusammenzustellen (DEBInet - Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz 2018). Die empfohlene Menge an Eiweiß differenziert sich zunächst zwischen den Geschlechtern. So sollen Frauen weniger Proteine zu sich nehmen als Männer. Des Weiteren, kann die Tageszufuhr entweder in Abhängigkeit des Gewichts bestimmt werden oder ein gemittelter Referenzwert wird gewählt. Männer zwischen 19 bis 25 Jahre sollten daher 0,8g Eiweiß pro Körpergewicht (kg) pro Tag essen und ebenso Frauen. Wird jedoch der gemittelte Wert benutzt so empfiehlt die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (2015b) 57g Proteine pro Tag für den Mann und hingegen nur 48g für die Frau. Um während der Schwangerschaft ein ausreichendes Wachstum des Babys zu gewährleisten, erhöht sich ab der 13. Schwangerschaftswoche die tägliche Proteinzufuhr auf 0,9g Eiweiß pro kg Körpergewicht und ab der 29. Schwangerschaftswoche auf 1,0g Eiweiß pro Körpergewicht. Laut Dr.med.H.Langhof & Dr.oec.troph. E.-M. Schröde (2018) „[nehmen] [e]inige Hochleistungssportler [...] bis zu 2,5 g Eiweiß / kg Körpergewicht und Tag zu sich“.

Ballaststoffe sind nicht verdaubare Kohlenhydrate, die ausschließlich in pflanzlichen Lebensmitteln enthalten sind. Sie werden kaum bis gar nicht aufgespalten vom Dünndarm in den Dickdarm weitergeführt, wo sie Wasser binden, für Fülle sorgen

und dadurch die Verdauung beschleunigen. Giftstoffe werden somit schneller ausgeschieden, wodurch Ballaststoffe als entgiftend gelten und gesundheitsfördernd wirken. Einige Bakterien im Dickdarm können Ballaststoffe zusätzlich aufspalten und können ihre Energie aus diesen Kohlenhydraten ziehen. Der Ballaststoffmindestverzehr liegt bei erwachsenen Frauen wie auch bei Männern bei 30g pro Tag (Deutsche Gesellschaft für Ernährung 2015a). In Tabelle 3.1 werden die Referenzwerte der Macronährstoffe sowie der Ballaststoffe noch einmal gebündelt wiedergegeben.

Nährstoff	Mann	Frau	Frau (schwanger)
Kohlenhydrate	55-60% der tägl. kCal	55-60% der tägl. kCal	55% der tägl. kCal
Fett	30% der tägl. kCal, <80g	30% der tägl. kCal <80g	30% der tägl. kCal <80
Eiweiß	0,8g*KG	0,8g*KG	0,9-1g*KG
Ballaststoffe	30g	30g	30g

Tabelle 3.1: Tagesempfehlung: Macronährstoffe und Ballaststoffe

Vitamine lassen sich ebenfalls in zwei Gruppen unterteilen. Zunächst gibt es die wasserlöslichen Vitamine, die jeden Tag neu aufgenommen werden müssen, da der Körper diese nur kurz oder kaum speichern kann. Auf der anderen Seite gibt es die fettlöslichen Vitamine, die nicht so schnell verdaut werden und eine tägliche Zufuhr daher nicht nötig ist. Eine überhöhte Zufuhr kann daher auch gesundheitsschädlich sein. Vitamine übernehmen im Körper eine bedeutsame Aufgabe, da sie zusammen mit Enzymen die Stoffwechselvorgänge regulieren. Zu den wasserlöslichen Vitaminen zählen Vitamin C, Vitamin B1, B2, B3 (Niacin), B5 (Pantothensäure), B6, B9 (Folsäure), B12 und Vitamin H (Biotin). Die fettlöslichen umfasst Vitamin A, Vitamin D, Vitamin E und Vitamin K. Während eigentlich jedes Vitamin in tierischen als auch in pflanzlichen Lebensmitteln in unterschiedlichen Mengen vorhanden ist, kann Vitamin B12 ausschließlich aus tierischen Nahrungsquellen gezogen werden (DEBInet - Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz 2018). In Tabelle 3.2 werden die Referenzwerte der Deutsche Gesellschaft für Ernährung et al. (2015) aufgelistet. Da Vitamin D einerseits durch Lebensmittel aufgenommen wird, andererseits auch durch Sonnenbestrahlung selbst vom Körper produziert wird, ist ein Referenzwert schwierig zu bestimmen. Es wird dazu geraten 20µg Vitamin D pro Tag zu sich zunehmen, falls keine Eigenproduktion durch Sonnenlicht erfolgt. Hierzu reicht das Vitamin D in den Lebensmitteln allerdings nicht aus und es ist sinnvoll auf ein Vitamin-D-Präparat zusätzlich zurückzugreifen. Auch der Bedarf an Vitaminen ist während der Schwangerschaft leicht erhöht und besondere Aufmerksamkeit sollte wie bereits erwähnt Vitamin B9, der Folsäure, geschenkt werden.

Mineralien sowie Spurenelemente bzw. Ultraspurenelemente tragen ebenfalls zum

3 Ernährungstheorie

Nährstoff	Mann	Frau	Frau (schwanger)
Vitamin C	105mg	95mg	105mg
Vitamin B1	1,2-1,3mg	1mg	1,2-1,3mg
Vitmain B2	1,3-1,4mg	1-1,1mg	1,3-1,4mg
Vitmain B3	15-16mg	11-13mg	14-16mg
Vitmain B5	6mg	6mg	6mg
Vitmain B6	1,5-1,6mg	1,2mg	1,9mg
Vitmain B7	30-60 μ g	30-60 μ g	30-60 μ g
Vitmain B9	300 μ g	300 μ g	550-600 μ g
Vitmain B12	3 μ g	3 μ g	3,5 μ g
Vitmain A	1mg	0,8mg	1,1mg
Vitmain D	20 μ g	20 μ g	20 μ g
Vitmain E	13-15mg	12mg	13mg
Vitmain K	70 μ g	60 μ g	60 μ g

Tabelle 3.2: Tagesempfehlung: Vitamine

Stoffwechsel bei und sind an den Wachstumsprozessen beteiligt. Sie sind anorganische Stoffe die lebensnotwendig sind. Ultraspurenelemente werden ausreichend über die Nahrung aufgenommen, wohingegen bei den Mineralstoffen und den Spurenelemente auf eine ausreichende Zufuhr geachtet werden muss, um Mangelkrankungen entgegenzuwirken, ebenso darf auch nicht zu viel aufgenommen werden. Zu den wichtigsten Mineralien gehören Calcium, Kalium, Magnesium, Natrium und Phosphor. Die essentiellen Spurenelemente die dem Körper täglich hinzugefügt werden sollten sind Chrom, Kobalt, Eisen, Fluorid, Jod, Kupfer, Mangan, Selen und Zink. Die Richtwerte, laut der (Deutsche Gesellschaft für Ernährung et al. 2015) aufgestellt, für die tägliche Zufuhr der Mineralien und Spurenelemente sind in Tabelle 3.3. Hierbei gilt zu beachten, dass die empfohlene Tagesmenge an Fluorid sich aus unterschiedlichen Faktoren zusammensetzt, da beispielsweise Trinkwasser und Salz Fluorid enthalten. Daher muss zunächst der Fluoridgehalt des Wassers bestimmt werden, um zusätzlich festzustellen wie viel Fluorid dem Körper noch hinzugefügt werden muss.

3.2.3 Ernährungsrichtlinien

Oft fällt im Bereich Ernährung und Gesundheit der Begriff „vollwertige Ernährung“. Dieser induziert, dass die Ernährung aus allen Nahrungsgruppen die richtige Menge am Tag aufweist und somit den Körper mit ausreichend viel Energie versorgt. Hierzu gibt es verschiedenste Darstellungen und Anregungen, die diesen Begriff verdeutli-

Nährstoff	Mann	Frau	Frau (schwanger)
Calcium	1-1,2g	1-1,2g	1g
Kalium	4g	4g	4g
Magnesium	350-400mg	300-350mg	310mg
Natrium	1,5g	1,5g	14-16mg
Phosphor	0,7-1,25g	0,7-1,25g	0,7-1,25g
Chrom	30-100 μ g	30-100 μ g	30-100 μ g
Kobalt	>0,4 μ g	>0,4 μ g	>0,4 μ g
Eisen	10-12mg	10-15mg	30mg
Fluorid	3 μ g	3 μ g	3,5 μ g
Jod	180-200 μ g	180-200 μ g	230 μ g
Kupfer	1-1,5mg	1-1,5mg	1-1,5mg
Mangan	2-5mg	2-5mg	2-5mg
Selen	70 μ g	60 μ g	60 μ g
Zink	10mg	7mg	7mg

Tabelle 3.3: Tagesempfehlung: Mineralien und Spurenelemente

chen sollen. Im Folgenden werden zwei genannt. Zunächst gibt es den Ernährungskreis, der die Lebensmittel in sieben Gruppen teilt, die jeweils bestimmte Nährstoffe zu unterschiedlichen Mengen liefern. Je größer ein Abschnitt, desto mehr sollte man von dieser Lebensmittelgruppe zu sich nehmen. So schlägt der Kreis vor etwa ein Drittel der täglich aufgenommenen Lebensmittel aus der Gruppe mit Getreide, Getreideprodukten und Kartoffeln zu beziehen. Obst und Gemüse bilden zusammen in etwa das nächste Drittel, wobei mehr Gemüse gegessen werden sollte. Schließlich umfassen Getränke, Milch, Milchprodukte, Fleisch, Fisch, Wurst sowie Fette und Öle das letzte Drittel, wobei Getränke hier den größten Anteil ausmachen und Fette und Öle den kleinsten Teil. Die folgende Abbildung 3.1 zeigt einen beispielhaften Ernährungskreis.

Wer vegetarisch oder vegan lebt verzichtet unmittelbar auf einige Lebensmittel und sogar Lebensmittelgruppen. Damit die Ernährung trotzdem vollwertig ist, also alle Nährstoffe in ausreichender Menge liefern kann, werden die Anteile der anderen Gruppen vergrößert. So werden tierische Produkte durch Getreide, Hülsenfrüchte, Obst und Gemüse substituiert. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass vor allem solche Lebensmittel verzehrt werden, die in etwa die gleiche Nährstoffdichte besitzen. Abbildungen 3.2 und 3.3 skizzieren eine vollwertige vegetarische bzw. vegane Ernährung in Form einer Ernährungspyramide.

3 Ernährungstheorie



Abbildung 3.1: Ernährungskreis
Quelle: Andre Niezjewski (2019)

Berechnungen zur Folge schlägt die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (n.d.) vor, dass eine Erwachsene Person mit einem Energiebedarf von 1600-2400kcal am Tag mindestens 250g Obst und 400g Gemüse mit 200g Rohkostanteil verzehren. Abgesehen davon sollten Fleisch und Fisch wöchentlich betrachtet werden. So sieht es sich vor 300-600g Fleisch wöchentlich zu essen und circa zwei bis drei Portionen Fisch. Angaben zu Hülsenfrüchte sowie Nüssen und Samen wurden nicht gemacht. Jedoch kann man davon ausgehen, dass man weniger als Vegetarier oder Veganer zu sich nehmen sollte, da sie hier vor allem als Hauptquelle für Proteine und gesunde Fette genutzt werden. Ansonsten sind die Orientierungswerte für die einzelnen Lebensmittelgruppen fast identisch zu denen der Allesesser (VEBU – Vegetarierbund Deutschland 2016a,b). Folgende Tabelle 3.4 soll einen Überblick zu den vorgeschlagenen Mengenangaben zu den Lebensmittelgruppen verschaffen. Hierbei wurden jedoch nur gemittelte Werte, die auf den Angaben der DGE und der VEBU basieren.

3.2.4 Nährstoffaufnahme

Sind die empfohlenen Tageslimits für die Nährstoffe bekannt, kann es dennoch schwierig sein den Referenzwerten für Vitamine und Mineralien gerecht zu werden. Das liegt an unterschiedlichen Faktoren. Mal kann falsche Zubereitung zum Verlust von Vitaminen und Mineralstoffen führen oder gewisse Wechselwirkungen zwischen den Nährstoffen können die Aufnahme hemmen, aber auch genauso gut fördern. Außerdem, scheidet der Körper vieles aus, was er nicht verwerten kann, wenn er mal zu viel von manchen Nährstoffen hat. Werden Lebensmittel zu stark oder zu lange erhitzt oder zu lange in dunklen, kalten Orten gelagert verlieren Vitamine pflanzlicher Lebensmittel ihre Wirkung. Deswegen ist es ratsam Obst und Gemüse frisch zu

Lebensmittelgruppe	Menge	Menge vegetarisch	Menge vegan
Getreide, Getreideprodukte, Kartoffeln	200-300g	200-300g	200-300g
Gemüse, Hülsenfrüchte	>400g	>400g, 100g Hülsenfrüchte	>400g, 150-220g Hülsenfrüchte
Obst	>250g	>300g	>250g
Milch, Milchprodukte	200-300g	<250g	200-300g (Alternativen)
Fleisch, Fisch, Wurst, Eier	300-600g (wöchentlich)	< 2 Eier (wöchentlich)	50-100g (Alternativen)
Nüsse, Samen	k.A.	30-60g	30-60g
Fette, Öle	10-15g	10-15g	10-15g

Tabelle 3.4: Verzehrempfehlungen

verzehren oder nur zu garen anstatt zu kochen. Besonders Früchte oder Gemüsesorten, die in warmen Gebieten wachsen, sollten an warmen Orten gelagert werden, die mindestens zehn Grad haben. Daher ist es auch nicht gesundheitsschädlich, falls der generierte Ernährungsplan auch mal über die empfohlene Dosis hinausragt. Dennoch sollte eine konsante Überdosierung bei den Vitaminen A und D sowie bei den Mineralien Kupfer und Eisen vermieden werden. Da sich diese Stoffe an den inneren Organen speichern und so unter anderem zu Nervenschäden oder Herzrhythmuschäden führen. Des Weiteren können sich die Nährstoffe gegenseitig beeinträchtigen. So beeinflusst Zink den Stoffwechsel von Kupfer und Eisen. Die Calcium- und Phosphoraufnahme wird von Vitamin D gesteuert. Lebensmittel, die viel Vitamin E enthalten, sollten nicht mit Lebensmitteln verzehrt werden die viel Eisen enthalten, da Vitamin E die Eisenaufnahme hemmt. Vitamin C hingegen ist ein Förderer. Des Weiteren vertragen sich Kalzium und Zink nicht und ebenso wenig Phosphor und Zink mit Magnesium (FID Gesundheitswissen n.d.).

3.2.5 Benötigte Angaben des Nutzers und Generierung der Tagesempfehlungen

Um einen persönlichen Ernährungsplan für den Nutzer zu generieren, werden zunächst die gängigen körperlichen Eigenschaften benötigt, die da wären: das Geschlecht, das Alter, das Gewicht und die Größe. Hinzu kommen mögliche Unverträglichkeiten und bei weiblichen Benutzern, ob eine Schwangerschaft besteht. Des Weiteren, sollte eingeschätzt werden, wie viel man sich in seiner Freizeit bewegt, damit das Aktivitätslevel bestimmt werden kann, und welches Ziel mit dem Plan er-

3 Ernährungstheorie

reicht werden soll, um hieraus den Gesamtenergiebedarf zu bestimmen. Schließlich wird das bevorzugte Ernährungskonzept abgefragt, damit der Nutzer seine bisherige Essweise nicht umstellen muss.

Für die meisten Nährstoffe kann die vorgesehene Tageszufuhr bereits anhand des Geschlechts oder des Gewichts ausgemacht werden. Bei den energieliefernden Nährstoffen wird jedoch der benötigte Gesamtenergiebedarf berücksichtigt, damit die Energie zu den richtigen Anteilen aus den jeweiligen Nährstoffen gezogen wird. Die Gesamtenergie setzt sich aus zwei Teilen zusammen, dem Grundumsatz (GU) und dem Leistungsumsatz. Der Grundumsatz beschreibt den Teil der Energie, der an einem Tag verbrannt wird, um in völliger Ruhe und im Liegen die Körpertemperatur und den Grundstoffwechsel (Herztätigkeit, Atmung etc.) aufrechtzuerhalten. Dieser ist von Mensch zu Mensch unterschiedlich und bestimmt sich durch Geschlecht, Alter, Größe und Gewicht. So brauchen Männer im Durchschnitt mehr Energie als Frauen und im Alter hingegen verbraucht der Körper vermehrt weniger Energie. Gewicht, Größe und Muskelmasse lassen den Energiebedarf ebenfalls proportional steigen. Der Leistungsumsatz beschreibt jede weitere Aktivität die der Körper ausführt, somit also Arbeits- und Freizeitumsatz. Der Körper benötigt Energie zum Wachsen, zur Wärmeregulation, wenn man Temperaturunterschiede erlebt, zum Verdauen und für jegliche Muskelaktivität. Um den Grundumsatz zu bestimmen gibt es unterschiedliche Formeln. Die verbreitetste ist die von Harris und Benedict aus dem Jahr 1919: Für den Mann:

$$GU[kcal/d] = 66,473 + 13,752 \cdot \text{Gewicht}[kg] + 5,003 \cdot \text{Gre}[cm] - 6,755 \cdot \text{Alter}$$

Für die Frau:

$$GU[kcal/d] = 655,096 + 9,563 \cdot \text{Gewicht}[kg] + 1,850 \cdot \text{Gre}[cm] - 4,676 \cdot \text{Alter}$$

Einen weiteren Ansatz beschreibt die Formel der WHO und der FAO. Hier wird zunächst nach Geschlecht und Alter klassifiziert und je nachdem in welcher Einteilung man sich befindet gibt es eine spezifische Formel, die das Gewicht zur Berechnung benötigt.

So gilt für Männer ab 19 Jahren:

$$\begin{aligned} 19-30 \text{ Jahre } GU[kcal/d] &= (0,063 \cdot \text{Gewicht}[kg] + 2,896) \cdot 293 \\ 31-60 \text{ Jahre } GU[kcal/d] &= (0,048 \cdot \text{Gewicht}[kg] + 3,653) \cdot 293 \\ > 60 \text{ Jahre } GU[kcal/d] &= (0,049 \cdot \text{Gewicht}[kg] + 2,459) \cdot 29 \end{aligned}$$

Und analog für Frauen ab 19 Jahren:

$$\begin{aligned} 19-30 \text{ Jahre } GU[kcal/d] &= (0,062 \cdot \text{Gewicht}[kg] + 2,036) \cdot 293 \\ 31-60 \text{ Jahre } GU[kcal/d] &= (0,034 \cdot \text{Gewicht}[kg] + 3,538) \cdot 293 \\ > 60 \text{ Jahre } GU[kcal/d] &= (0,038 \cdot \text{Gewicht}[kg] + 2,755) \cdot 293 \end{aligned}$$

Eine weitere jedoch sehr triviale und grobe Bestimmung des Grundumsatzes berücksichtigt nur das Körpergewicht der Person und wie viel Kilokalorien durchschnittlich

am Tag verbraucht werden. Die Formel lautet:

$$GU[kcal/d] = \frac{1kcal}{kg \cdot h} \cdot \frac{Gewicht[kg] \cdot 24h}{Tag}$$

Da der Grundumsatz nicht nur durch die körperlichen fixen Eigenschaften berechnet wird sondern auch von variablen Faktoren, wie bspw. Stress, Medikamente, Klima etc., beeinflusst wird und dadurch variieren kann handelt es sich bei den Ergebnissen stets nur um Richtwerte und ungefähre Angaben. Daher soll für die Erstellung des Plans die Formel von Harris und Benedict verwendet werden, um möglichst aussagekräftige Ergebnisse zu gewährleisten. Denn diese Formel berechnet für jede Person einen individuellen Grundumsatz und bezieht alle wichtigen bestimmbaren Faktoren ein, anstatt Formeln für gewisse Altersklassen festzulegen oder sich nur auf das Gewicht zu beziehen. Die Bestimmung des Leistungsumsatzes beruht viel auf Selbsteinschätzung. Hierzu bestimmt der Nutzer sein ungefähres alltägliches Aktivitätslevel, den PAL (*Physical Activity Level*). Der PAL beschreibt als ein Vielfaches den zusätzlichen Energieverbrauch den die Person an einem Tag verrichtet. Man unterteilt ihn in fünf Stufen:

Arbeitsschwere und Freizeitverhalten	PAL	Beispiele
ausschließlich sitzende oder liegende Lebensweise	1,2 - 1,3	immobile, bettlägerige, gebrechliche Menschen
ausschließlich sitzende Tätigkeit mit wenig oder keiner anstrengenden Freizeitaktivität	1,4 - 1,5	Büroangestellte, Feinmechaniker
sitzende Tätigkeit, zeitweilig auch zusätzlicher Energieaufwand für gehende oder stehende Tätigkeiten, wenig oder keine anstrengende Freizeitaktivität*	1,6 - 1,7	Laboranten, Studierende, Fließbandarbeiter
überwiegend gehende und stehende Arbeit*	1,8 - 1,9	Verkäufer, Kellner, Mechaniker, Handwerker
körperlich anstrengende berufliche Arbeit oder sehr aktive Freizeitaktivität*	2,0 - 2,4	Bauarbeiter, Landwirte, Waldarbeiter, Bergarbeiter, Leistungssportler

*Pro Tag können zusätzlich 0,3 PAL-Einheiten für sportliche Betätigung oder für anstrengende Freizeitaktivitäten (30-60 Minuten, 4- bis 5-Mal pro Woche) hinzugerechnet werden.

Schließlich ergibt sich der gesamte Energiebedarf(*EB*) wie folgt:

$$EB[kcal/d] = PAL \cdot GU$$

3 Ernährungstheorie

Ist der Energiebedarf bestimmt kann der tägliche Bedarf an Kohlenhydraten, Eiweißen und Fetten errechnet werden. Wie bereits im vorherigen Abschnitt erwähnt, liegt die empfohlene Tageszufuhr an Kohlenhydraten bei 55-60% der täglich aufgenommenen Kalorien und da 1kcal in 0,24g Kohlenhydraten enthalten sind lässt sich die Grenze an täglicher Kohlenhydrate wie folgt festlegen:

$$KH[g/d] = 0,55 \cdot EB[kcal/d] \cdot 0,24[g/kcal]$$

Analog für Eiweiße und Fette gilt:

$$E[g/d] = 0,15 \cdot EB[kcal/d] \cdot 0,24[g/kcal]$$

$$F[g/d] = 0,30 \cdot EB[kcal/d] \cdot 0,11[g/kcal]$$

Ist der Körpertyp bekannt würde sich die Verteilung der Kalorien selbstverständlich anpassen. Da die Bestimmung des Körpertyps jedoch nicht ohne weiteres selber bestimmt werden kann, wird weiterhin mit dieser Aufteilung der Kalorien auf die Nährstoffe gearbeitet.



Abbildung 3.2: Vegetarisch Ernährungspyramide
Quelle: In Anlehnung an VEBU – Vegetarierbund Deutschland (2016b)



Abbildung 3.3: Vegane Ernährungspyramide
Quelle: In Anlehnung an VEBU – Vegetarierbund Deutschland (2016a)

3 Ernährungstheorie

4 Ansatz und Vorgehensweise

Dieses Kapitel beschreibt wie bei der Entwicklung des Algorithmus vorgegangen wurde. Es werden zwei verschiedene Ideen zu Algorithmen vorgestellt und ihre Vorteile sowie ihre Fehlerquellen genauer erläutert. Der erste Ansatz beschreibt den Versuch das Problem zur Lebensmittelauswahl und -portionierung mit Hilfe eines Suchalgorithmus zu lösen, wohingegen der andere Ansatz das Problem als Optimierungsproblem auffasst und durch Linear Programming eine Lösung gefunden wird. Zu Beginn werden jedoch die Daten erläutert mit denen die Algorithmen arbeiten werden.

4.1 Daten

In diesem Abschnitt sollen die Daten mit denen der Algorithmus arbeiten wird erläutert werden. Die Lebensmitteldatenbank ist dem Bundeslebensmittelschlüssel des Max-Rubner Instituts entnommen. Hier erhält jedes Lebensmittel einen eindeutigen sechsstelligen Schlüssel, der zur genauen Identifizierung der Lebensmittel dient. Außerdem enthalten die Lebensmittel Angaben zu den Makro- und Mikronährstoffen. Dabei gibt es jeweils Angaben zu dem gesamten Nährstoff und Angaben zu den Zusammensetzungen des Nährstoffs. Für Kohlenhydrate bspw. gibt es die Angabe dazu wie viele Kohlenhydrate das Lebensmittel insgesamt enthält und zusätzlich welche speziellen Kohlenhydrate enthalten sind, sei es Lactose, Saccharose, Zucker etc. Um eine gute Anwendbarkeit der Datenbank in dem Algorithmus gewährleisten zu können wurden bestimmte Bedingungen gesetzt und die Menge der Daten eingeschränkt. Diese Aufbereitung der Daten geschah nach subjektiver Einschätzung und soll im Folgenden beschrieben werden.

4.1.1 Lebensmitteldatenbank

Zunächst wurde entschieden sich ausschließlich auf feste Nahrung zu beschränken, da Getränke, je nachdem was man trinkt, Kalorien, Vitamine und Mineralien zur täglichen Nahrungsaufnahme mit beitragen und eine Restriktion im Sinne der Portionierung den Aufwand im Rahmen dieser Bachelorarbeit enorm vergrößern würde. Zusätzlich, wurden alle Lebensmittel die man „normalerweise“ nicht essen kann bzw. nicht bewusst isst entfernt. Dazu zählen Gewürze, Kräuter, Geschmacksverstärker, Nahrungsergänzungsmittel, Backzutaten wie Mehl, Zucker, Hefe etc. sowie schließlich Produkte, die man roh nicht isst, wie Kartoffeln, getrocknete Linsen und dergleichen, Eier, manche Pilzsorten, Fleisch und Fisch, wobei nicht berücksichtigt wird, dass bei Sushi durchaus roher Fisch verwendet wird. Des Weiteren, werden bei den Brotsor-

4 Ansatz und Vorgehensweise

ten nur die gemittelten Werte der Hauptgruppen wie Vollkornbrot verwendet und nicht speziell die Werte für Vollkornbrote mit Leinsamen. Gleiches Prinzip wird für Milchprodukte verwendet, da es sehr viele Abstufungen im Fettgehalt gibt, werden je zwei Arten angeboten: eine mit dem niedrigsten Fettanteil und eine weitere mit dem höchsten Fettgehalt. Bei Obst und Gemüse werden nur frische Produkte oder Konserven berücksichtigt, da tiefgekühlte Lebensmittel sich zu den frischen nicht all zu stark unterscheiden. Neben einer Filterung der Lebensmittel wurde auch nach Nährstoffen selektiert. So wurden die Angaben zu einzelnen Aminosäuren, Kohlenhydraten, Fettsäuren etc. entfernt und nur die Werte für Kalorien, Kohlenhydrate, Fett, Eiweiß, Vitamine und Mineralien sowie Spurenelemente wurden behalten. Abgesehen davon, wurden weitere Felder den Daten hinzugefügt, um so besser auf die Präferenzen der Nutzer eingehen zu können. Dadurch wird ein Filter nach omnivoren, vegetarischen, veganen, nussfreien und laktosefreien Lebensmitteln möglich. Zusätzlich wurden die Lebensmitteln vier verschiedenen Mahlzeittypen zugeordnet, die da wären: Frühstück, Mittagessen, Abendbrot und Snack. Die Einteilung in diese neu hinzugefügten Felder geschah ebenfalls nach subjektiver Einschätzung und Recherche, wodurch eventuelle Fehleinordnungen nicht abzuwägen sind. In die Kategorie des Frühstücks fallen folgende Lebensmittelgruppen: Brote, Cerealien, Milchprodukte, Eier und Eierteigwaren (Pfannkuchen, Crêpes, ...), Aufschnitte, Aufstriche (Honig, Sirup, ...), Obst auch in Form von Konfitüren und Salatgemüse (Rucula, Feldsalat, Tomaten, ...). Das Mittagessen enthält Gemüse, Hülsenfrüchte, Getreide (Couscous, Bulgur, Reis, ...), Milchprodukte, Fleisch, Fisch und Wurst. Das Abendbrot ist eine Vereinigung des Frühstücks und Mittagessens, da viele Menschen abends noch eine warme Mahlzeit zu sich nehmen oder nur Brot mit Belag. Jedoch wurden süße Aufstriche und Cerealien entfernt und von Milchprodukten wurden nur Käsesorten behalten. Unter Snacks werden Obst, Gemüse, Nüsse, Kuchen, Torten, Gebäck, Süßigkeiten, Chips, Pudding und feste Käsesorten eingeordnet. Die Lebensmitteldatenbank soll für die breite Masse gelten können und kann daher nicht zu speziell auf jeden einzelnen Benutzer zugeschnitten sein. Nichts desto Trotz, soll eine gewisse Diversität durch verschiedene Esskonzepte oder Unverträglichkeiten gegeben sein.

4.2 Suchalgorithmus

Bei diesem Ansatz wird zunächst mit einer zufälligen Anfangslösung je Mahlzeit begonnen und dann iterativ die Menge einzelner Lebensmittel reduziert, erhöht oder ausgetauscht, um dadurch die Limits bestmöglich zu erreichen. Es werden täglich 100 Lebensmittel pro Mahlzeit ausgewählt von denen wiederum vier für das Frühstück, fünf für das Mittagessen, vier für das Abendessen und drei für die Snacks vorgesehen sind. Diese ausgewählten Lebensmittel stellen die jeweilige Initiallösung bereit. Im Anschluss wird für den aktuellen Plan der Nährstoff ausgewählt, der noch nicht in dem Intervall liegt, welches die Unter- und Obergrenze der Limits aufspannen. Um diesen Nährstoff in ausreichender Menge im Plan vorliegen zu haben, wird das Lebensmittel bestimmt, welches die höchste Dosierung dieses Nährstoffes besitzt und

anschließend auf die Menge gesetzt, so dass der Nährwert des aktuellen Plans die Untergrenze der empfohlenen Dosis erreicht hat. Sollte nach 100 Anpassungen stets keine Lösung gefunden sein, werden die Lebensmittel ausgetauscht. Bei dieser Vorgehensweise kann jedoch nicht verhindert werden, dass der Algorithmus im Kreis läuft, da es Abhängigkeiten innerhalb der Nährstoffe gibt. Wird bspw. Nährstoff A in das Intervall gebracht, wird Nährstoff B wieder unter- oder überschritten. Des Weiteren, ist es schwierig zu speichern, welche Lebensmittel ausgetauscht werden sollen, um die Endlosschleife zu durchbrechen. Folgender Pseudocode soll einen Überblick des Algorithmus verschaffen.

```

1 plan = create_random_initial_solution()
2 changes = 0
3 while plan.nutrients not correct:
4     for n in plan.nutrients:
5         if n < limits[n]:
6             find max(i.n for i in ingredients)
7             i.resize()
8             changes += 1
9         if n > limits[n]:
10            find max(i.n for i in ingredients)
11            i.resize()
12            changes += 1
13 if changes == 100:
14     plan.ingredients.switch_ingredient(i)
15     changes = 0

```

4.3 Linear Programming: Täglich

Für den täglichen LP-Ansatz wird ein LP für die Erstellung eines täglichen Plans aufgestellt. Dabei wird keine Rücksicht auf die einzelnen Mahlzeiten im Speziellen genommen, sondern der Plan wird als ganzes betrachtet. Hierfür werden eine Zielfunktion und mehrere Nebenbedingungen festgelegt. Da es bei der Generierung des Plans vor allem darum geht gesunde Ernährung zu fördern, wird die Zielfunktion die Kalorien minimieren. Damit ist gewährleistet, dass man vorwiegend bei der Untergrenze der empfohlenen Kalorien liegt und somit immer noch einen Puffer nach oben hat, falls die gewählten Lebensmittel den Hunger oder den Appetit nicht gerecht werden. Die Nebenbedingungen dienen dazu die Tageslimits für die Nährstoffe der jeweiligen Person nicht zu unter- oder überschreiten. Des Weiteren, werden für die Hauptmahlzeiten einige Nebenbedingungen passend zu den Ernährungsrichtlinien einer vollwertigen Ernährung hinzugefügt, die da wären Getreide-, Gemüse- und Obstrestriktionen. Da die Variablen bei dieser Vorgehensweise für die Menge des jeweiligen Lebensmittels stehen, wird automatisch die beste Kombination von Lebensmitteln gewählt, um die Tageslimits einzuhalten. Die Zuordnung der ausgewählten Lebensmittel zu den einzelnen Mahlzeiten stellt sich hierbei als Schwachstelle

4 Ansatz und Vorgehensweise

heraus, da die Lebensmittel mehreren Mahlzeiten zugeteilt sein können. Somit ist eine anschließende Zuteilung der Lebensmittel zu den Mahlzeiten nicht ohne weiteres möglich, denn die Variablen sind nicht binär, um die reine Auswahl zu bestimmen. Stattdessen stellen sie das Gewicht dar, wodurch Auswahl und Portionierung in einem Schritt vorgenommen wird. Dadurch kann unter anderem passieren, dass zwar Brot ausgewählt wird jedoch kein passender Belag oder Aufstrich dazu. Das LP soll wie folgt definiert werden:

Sei I die Menge, der keys eines jeden Ingredients.

Seien $G, V, F, N, E, C, D, S, MF \subset I$, die die Lebensmittelgruppen Grains, Vegetables, Fruits, Nuts, Eggs, Dairy, Cake, Sweets, Meat_Fish widerspiegeln.

$\forall i \in I$ erstelle Variablen $Ingr_i \in \mathbb{R}$

$$\begin{aligned} & \text{minimize} && \sum_{\forall i \in I} kCal_i \cdot Ingr_i \\ & \text{subject to} && LowerLimit_n < \sum_{\forall i \in I} n_i \cdot Ingr_i, \forall n \in Nutrients \\ & && \sum_{\forall i \in I} n_i \cdot Ingr_i < UpperLimit_n, \forall n \in Nutrients \\ & && \sum_{\forall i \in V} Ingr_i \geq 400 \\ & && \sum_{\forall i \in F} Ingr_i \geq 200 \\ & && \sum_{\forall i \in G} Ingr_i \leq 350 \\ & && 0 < Ingr_i < 300, \forall i \in G \\ & && 0 < Ingr_i < 400, \forall i \in V \cup F \\ & && 0 < Ingr_i < 100, \forall i \in N \\ & && 0 < Ingr_i < 100, \forall i \in E \\ & && 0 < Ingr_i < 100, \forall i \in C \\ & && 0 < Ingr_i < 200, \forall i \in D \\ & && 0 < Ingr_i < 100, \forall i \in S \\ & && 0 < Ingr_i < 200, \forall i \in MF \end{aligned}$$

4.4 Linear Programming: Mahlzeiten

Der Mahlzeiten LP-Ansatz ist eine Erweiterung des täglichen Ansatzes, um dem Zuordnungsproblem der Lebensmittel zu den einzelnen Mahlzeiten entgegenzuwirken. Dafür wird je ein LP für eine Mahlzeit aufgestellt, wodurch vier LPs - eins für das Frühstück, das Mittagessen, das Abendbrot und ein gemeinsames für die zwei

Snacks - separat von einander gelöst werden. Zudem gibt es unterschiedliche Zielfunktionen, um mehr Variation in die Lebensmittelauswahl einzubinden und ebenso dem Überwiegen eines Nährstoffes einzudämmen. Da die Nährstoffe in einem Lebensmittel Abhängigkeiten untereinander zeigen, kann es durchaus passieren, dass sich von einem Nährstoff ein Depot ansammelt, welches in späteren Iterationen nicht mehr abgebaut werden kann. Sprich das eine Mal sollen Kalorien minimiert werden und das andere Mal Natrium, denn den Tests nach zur Folge, baut sich ein enormes Natrium- sowie Mangandepot an, wenn stets eine minimale Anzahl an Kalorien erstrebt wird. Dadurch, dass mal der Fokus auf einen anderen Nährstoff geworfen wird, können sich die Nährwertdifferenzen ausbalancieren. Um diesen Ansatz zu realisieren müssen die Nebenbedingungen für die vollwertige Ernährung jedoch an Mahlzeittyp angepasst werden. Das LP soll wie folgt definiert werden:

Sei I die Menge, der keys eines jeden Ingredients.

Seien $G, V, F, N, E, C, D, S, MF \subset I$, die die Lebensmittelgruppen Grains, Vegetables, Fruits, Nuts, Eggs, Dairy, Cake, Sweets, Meat_Fish widerspiegeln.

Seien *LowerLimit* und *UpperLimit* nun an Mahlzeitgröße angepasst.

$\forall i \in I$ erstelle Variablen $Ingr_i \in \mathbb{R}$

$$\text{minimize } \sum_{\forall i \in I} kCal_i \cdot Ingr_i$$

Oder

$$\text{minimize } \sum_{\forall i \in I} sodium_i \cdot Ingr_i$$

$$\text{subject to } LowerLimit_n < \sum_{\forall i \in I} n_i \cdot Ingr_i, \forall n \in Nutrients$$

$$\sum_{\forall i \in I} n_i \cdot Ingr_i < UpperLimit_n, \forall n \in Nutrients$$

$$\sum_{\forall i \in V} Ingr_i \leq 100$$

$$\sum_{\forall i \in F} Ingr_i \leq 80$$

$$\sum_{\forall i \in G} Ingr_i \leq 150 \quad , \text{Frühstück, Abendbrot}$$

$$\sum_{\forall i \in G} Ingr_i \leq 200 \quad \text{Mittagessen}$$

4 Ansatz und Vorgehensweise

$$\begin{aligned}0 < Ingr_i < 300 \quad , \forall i \in G \\0 < Ingr_i < 400 \quad , \forall i \in V \cup F \\0 < Ingr_i < 100 \quad , \forall i \in N \\0 < Ingr_i < 100 \quad , \forall i \in E \\0 < Ingr_i < 100 \quad , \forall i \in C \\0 < Ingr_i < 200 \quad , \forall i \in D \\0 < Ingr_i < 100 \quad , \forall i \in S \\0 < Ingr_i < 200 \quad , \forall i \in MF\end{aligned}$$

5 Implementierung

In diesem Kapitel wird die Implementierung des Programms beschrieben. Es werden zunächst die einzelnen Klassen und ihre Abhängigkeiten untereinander vorgestellt. Des Weiteren, werden die wichtigsten Funktionen, um die sich der Algorithmus dreht, betrachtet. Implementiert wird in Python mit Zusatz des Django-Frameworks (V.2.1.3). Des Weiteren, wird zur Darstellung der Website HTML und css benutzt. Die Einbindung des Kalenders auf der Website geschieht durch die Hinzunahme des django-scheduler (V.0.8.8) site-packages, welches die einfache Anbindung an die fullcalendar.io API erlaubt. Zum Speichern der Daten wird eine SQLite-Datenbank verwendet. Der Code ist in Englisch geschrieben. Programmiert wurde in PyCharm 2018.3.4 auf einem Ubuntu 18.0.41 betriebenen Rechner.

5.1 Klassen

Im Wesentlichen gibt es drei große Klassen, die alle untereinander in Relation stehen. Die Klassen werden im folgenden beschrieben, wobei auf einzelne Felder und Methoden eingegangen wird und diese genauer erläutert werden.

5.1.1 Person

Zunächst gibt es die Person. Dieses Modell speichert alle benötigten Informationen eines Nutzers, die benötigt werden, um die Grenzen der Tageszufuhr für die Nährstoffe zu bestimmen. Folgendes Klassenmodell gibt einen Überblick über die einzelnen Attribute, die ein Nutzer besitzt. Wie bereits in 5.4 erwähnt wird der Grundumsatz durch die Formel von Harris und Benedict bestimmt. Die Methode `def get_bmr(self)` berechnet auf Grundlage dieser Formel den Grundumsatz (*Basic Metabolism Rate*). Das Aktivitätslevel wird durch die Einschätzung des Nutzers bestimmt. Der PAL liegt immer in einem Intervall, da man mal mehr und mal weniger aktiv ist auch, wenn man täglich die gleiche Arbeit verrichten sollte. So bestimmen `def get_pal_min(self)` und `def get_pal_max(self)` die Grenzen des Intervalls. Dadurch wird gleichzeitig ein Bereich für den Gesamtenergiebedarf aufgebaut, indem der BMR multipliziert mit dem PAL_min die Untergrenze und analog der BMR multipliziert mit dem PAL_max die Obergrenze des Gesamtenergiebedarfs bestimmen. Dadurch entsteht ein Toleranzbereich und der Nutzer hat Tage an denen er mal mehr und mal weniger essen darf. Um schließlich den Gesamtenergiebedarf bezüglich des gewünschten Ziels (Abnehmen, Zunehmen, Gewicht halten) zu bestimmen wird in der Methode `def get_full_energynneed_goal(self)` der bisherige Ener-

5 Implementierung

giebedarf mit $1/3kCal$ abzüglich, $1/3kCal$ zuzüglich bzw. unverändert zurückgegeben, da schon ein täglicher Unterschied von einem Drittel der benötigten Kalorien ausreicht, um das Gewicht gesund und langfristig zu verändern (DEBInet-Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz n.d.b). Die Methode `def get_nutrient_limits(self, meal_type_size, days=1, leftBorder=0, rightBorder=0)` gibt die einzelnen Bereiche für die Nährstoffe als Dictionary zurück. Hierbei wird Rücksicht auf den jeweiligen Mahlzeittyp (Frühstück, Mittagessen, Abendbrot, Snack) genommen und die täglich empfohlene Menge an den Typ angepasst. Hierbei wird nach der 3/4 Regel vorgegangen, die besagt, dass Frühstück, Mittagessen und Abendbrot alle gleichviel Kalorien geben und man zusätzlich noch zwei Snacks am Tag essen darf, die dann zusammen $1/4$ der erlaubten Kalorien ausmachen (Michelle Kulas 2018). Jeder Dictionary-Eintrag ist ein Triplet aus einer Untergrenze, einem Optimum und einer Obergrenze für den jeweiligen Nährstoff. Des Weiteren, kann durch die Argumente `days`, `leftBorder`, `rightBorder` das Dictionary entsprechend angepasst werden, so dass man die Tagesgrenzen für eine gewisse Anzahl an Tagen zurückgeben kann oder linke und rechte Grenze des Intervalls angepasst werden kann. Abgesehen davon stellt die Funktion `def get_ingredients_based_on_nutrition_habit(self, mealtype)` täglich 100 Lebensmittel individuell für den Nutzer ausgewählt und für eine Mahlzeit abgestimmt zur Verfügung. Da die Datenbank ca. 8000 Lebensmittel enthält und eine tägliche Verwendung aller Lebensmittel den Algorithmus zu ineffizient werden ließe und dadurch auch jeden Tag das gleiche Gericht zusammengestellt würde, werden basierend auf den Berechnungen für die anteiligen Lebensmittelgruppen einer vollwertigen Ernährung. Diese sehen wie folgt aus: Getreide, Getreideprodukte und Kartoffeln (30 %), Gemüse (26 %), Obst (17 %), Milch und Milchprodukte (18 %), Fleisch, Wurst, Fisch und Eier (7 %), Öle und Fette (2 %) (DEBInet-Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz n.d.a), wobei die 2% Öl und Fette hier durch 2% Süßwaren ersetzt werden. Da wie bereits erwähnt nur Lebensmittel in Betracht gezogen werden, die man bewusst isst oder als Nahrung betrachtet werden kann. Zu Beginn werden unsortierte Listen entsprechend der im Ernährungskreis aufgeführten Lebensmittelgruppen erstellt, um daraus später anteilig Lebensmittel zu ziehen. Die Auswahl erfolgt zunächst aufgrund des angegebenen Ernährungsverhaltens, ob man sich omnivor, vegetarisch oder vegan ernährt. welche Allergien, Unverträglichkeiten und Präferenzen vorliegen und anschließend, um welche Mahlzeit es sich handelt. Da bei der vegetarischen oder veganen Ernährung gewisse Lebensmittel und Lebensmittelgruppen wegfallen, werden die Anteile entsprechend angepasst. So werden die Anteile von Fleisch, Wurst, Fisch und Eiern auf die Getreidegruppe gerechnet und man wählt 37% anstatt 30% aus dieser Gruppe. Anstatt 18% Milch und Milchprodukte und 26% Gemüse werden nun 44% Gemüse und keine Milch und Milchprodukte gewählt. Für Vegetarier werden 6% der Fleischgruppe jeweils gleichmäßig auf Gemüse und Getreide verteilt, da Eier stets verzehrt werden. Da Obst eher dem Frühstück und Gemüse eher dem Mittagessen zu geordnet wurde, werden hier die Anteile getauscht. Ebenso wurde für das Mittagessen die Hälfte der Milch und Milchprodukte sowie Süßes auf Getreide, Gemüse und Obst verteilt. Ähnliches

gilt für das Abendbrot, denn hier entfällt Süßes ebenfalls und wird dem Gemüse zugerechnet. Die Anteile von Fleisch werden Süßigkeiten zugeordnet und entweder noch Anteile von Gemüse genommen oder zu Gemüse dazu gezählt, damit man auf 4% kommt, da man bei Snacks durchaus mal süße oder ungesündere Lebensmittel zu sich nehmen darf. Also gilt für die jeweilige Ernährung des Nutzers folgendes in Tabelle 5.1 dargestelltes Verhältnis:

Lebensmittelgruppe	Anteil vegan				Anteil vegetarisch				Anteil omnivor			
	F	M	A	S	F	M	A	S	F	M	A	S
Getreide, Getreideprodukte und Kartoffeln	37%	37%	37%	37%	33%	38%	33%	33%	30%	37%	30%	30%
Gemüse	17%	46%	46%	42%	17%	31%	31%	28%	17%	28%	28%	31%
Obst	44%	17%	17%	17%	29%	19%	17%	17%	26%	19%	17%	17%
Milch und Milchprodukte	0%	0%	0%	0%	18%	9%	18%	18%	18%	9%	18%	18%
Fleisch, Wurst, Fisch und Eier	0%	0%	0%	0%	1%	3%	1%	0%	7%	7%	7%	0%
Süßigkeiten und süße Aufstriche	2%	0%	0%	4%	2%	0%	0%	4%	2%	0%	0%	4%

Tabelle 5.1: Prozentuale Aufteilung der Lebensmittelgruppen

Selbstverständlich kann der Benutzer nach Generierung des Plans die einzelnen Lebensmittel innerhalb der Mahlzeiten verschieben und in die ihm passendere Kategorie einordnen. Diese hier angegebene subjektive Einteilung soll lediglich dazuführen, dass stets unterschiedliche Lebensmittel ausgewählt werden und eine Variation der kreierten Gerichte gewährleistet werden kann. Unter Verwendung dieser Hilfsfunktion wird in der Methode `def create_meal_LP(self, days=1, d=0, day=None)` schließlich der tägliche Ernährungsplan für den Nutzer erstellt. Hier wird in vier Threads jeweils ein Gericht zusammengestellt, wobei die Lebensmittel für die Snacks zufällig auf den Ersten und den Zweiten aufgeteilt werden. Des Weiteren, werden in dieser Funktion die Abweichungen der Nährstoffwerte der Gerichte für den Tag bestimmt und am Ende werden die einzelnen Mahlzeiten, die Abweichung der Kalorien und die summierte Abweichung der Macronährstoffe zurückgegeben, was zur späteren Kontrolle dienen soll. Bei der Auswahl und Portionierung der Lebensmittel haben die Macronährstoffe nämlich oberste Priorität, dass diese so gut es geht im vorgesehenen Intervall liegen. Die Ernährungspläne werden wöchentlich bestimmt und für jeden täglich generierten Plan wird geprüft, ob er valide ist oder ein neuer besserer Plan erstellt werden muss. Dazu dient die Methode `def create_meals_for_week(self)`. Hier wird in einer Schleife ein täglicher Plan kreiert. Weichen die Kalorien mehr als $\pm 150\text{kCal}$ oder mehr als \pm

5 Implementierung

500g für die Macronährstoffe ab, so wird der Plan als nicht akzeptabel angesehen und muss so lange neu generiert werden bis ein valider Plan gefunden wurde. Diese Funktion liefert ein JSON mit folgender Struktur zurück. Dies wird für eine spätere Integration für die App genutzt.

```
1 def create_meals_for_week(self):
2     json = dict()
3     day = date.today()
4     mealplan = {}
5     For i in range(0,8):
6         b, l, d, s1, s2 meal_kcal, meal_macros = self.create_meal_LP(
7             day)
8         while meal_kcal not in range (-150, 150) or \
9             meal_macros not in range(-500, 500):
10             b, l, d, s1, s2 meal_kcal, meal_macros = self.
11             create_meal_LP(day)
12             mealplan['breakfast'] = [b.id (b.starttime, b.endtime), b.
13             ingredients]
14             mealplan['snack_1'] = [s1.id (s1.starttime, s1.endtime), s1.
15             ingredients]
16             mealplan['lunch'] = [l.id (l.starttime, l.endtime), l.
17             ingredients]
18             mealplan['snack_2'] = [s2.id (s2.starttime, s2.endtime), s2.
19             ingredients]
20             mealplan['dinner'] = [d.id (d.starttime, d.endtime), d.
21             ingredients]
22             json[day] = mealplan
23     return json
```

Listing 5.1: Pseudocode: def create_meals_for_week

```
1 json = {
2     day: {
3         'breakfast' : [id, (starttime, endtime), food_list]
4         'snack_1' : [id, (starttime, endtime), food_list]
5         'lunch' : [id, (starttime, endtime), food_list]
6         'snack_2' : [id, (starttime, endtime), food_list]
7         'dinner' : [id, (starttime, endtime), food_list]
8     },
9 }
```

Listing 5.2: JSON-Struktur eines Ernährungsplans

5.1.2 Meal

Ein Meal besteht aus einzelnen Lebensmitteln, deren Nährwerte zusammen die Nährwerte eines Gerichts ergeben. Da mehrere Lebensmittel mehreren Gerichten zugeordnet sein können, besteht hier eine M-zu-N Beziehung zu der Klasse Ingredients. Die Attribute, die ein Meal hat werden in folgendem Codeabschnitt dargestellt. Die einzigen Funktionen, die diese Klasse zur Verfügung stellt, sind zum einen def get_nutrients(self) und zum anderen def set_nutrients(self), um die Nährwerte für ein Gericht zu

bekommen und zu setzen. Sowie `def get_ingredients(self)`, die eine JSON-kodierte Lebensmittelliste dekodiert zurückgibt.

5.1.3 Ingredients

Ein Ingredient besitzt neben den Nährwerten Angaben zur Portionsgröße, um die Nährwerte entsprechend der Menge des Lebensmittels anzugleichen. Des Weiteren, wird gespeichert, ob das Lebensmittel vegan oder vegetarisch ist. Hierbei gilt folgende Beziehung zwischen den Mengen $Vegan \subset Vegetarisch \subset Omnivor$, wodurch es ausreichend ist vegetarische oder vegane Lebensmittel zu kennzeichnen. Zusätzlich enthält ein Ingredient Informationen darüber, ob Nüsse oder Milchzucker enthalten sind. Um die Lebensmittel den Mahlzeiten zuzuordnen wurde noch eine weitere Klasse MealType eingeführt. Hier besteht eine M-zu-N Beziehung zu der Klasse Ingredients. Von dieser Klasse gibt es nur vier Instanzen, um Frühstück, Mittagessen, Abendbrot und Snack abzubilden. Da wie bereits erwähnt nicht alle Lebensmittel aus der Datenbank verwendet werden, wurde zusätzlich noch das Feld status hinzugefügt, um zu markieren, welche Lebensmittel relevant und welche irrelevant sind. So kann bestimmt werden, mit welchen Lebensmitteln gearbeitet und welche aussortiert werden sollen. Die Attribute, die ein Ingredient hat werden im Folgenden dargestellt. Die Klasse besitzt außer einigen Filterfunktionen keine weiteren Methode.

5.2 Hauptmethoden

Abgesehen von den klassengebundenen Methoden gibt es weitere wichtige Funktionen, die im Folgenden genauer beschrieben und erklärt werden.

5.2.1 `def calculate_nutrient_differences (meal_nutrients, limits, meal=None)`

Diese Funktion dient dazu die Unter- bzw. Überschreitungen der Tagesgrenzen für das jeweilige Gericht zu berechnen. Hierbei wird ein Dictionary zurückgegeben, welches für jeden Nährstoff einen positiven Wert speichert, falls zu viel enthalten ist und analog einen negativen Wert, wenn die Tagesuntergrenze noch nicht erreicht ist. Zusätzlich werden diese Berechnungen für jedes Gericht gespeichert, damit sie nicht jedes mal erneut berechnet werden müssen.

```

1 def calculate_nutrient_differences(meal_nutrients, limits, meal=None):
2     nutrients = {'energy_kcal': 0.0, 'carbs':0.0, 'fat':0.0,
3                 'protein':0.0, ...}
4     for n in nutrients:
5         if limits[n][2] < meal_nutrients[n]:
6             nutrients[n] = meal_nutrients[n] -limits[n][2]
7         if limits[n][0] > meal_nutrients[n]:
8             nutrients[n] = meal_nutrients[n] -limits[n][0]
9     meal.diffs = nutrients
10    return nutrients

```

Listing 5.3: Pseudocode: `def calculate_nutrient_differences`

5.2.2 `def find_porition_size_by_pulp_elastic_constraint(prob, limits, ingredients_qs_b=None, ingredients_qs_l=None, ingredients_qs_d=None, ingredients_qs_s=None, meal=None, d=0, obj_func='energy_kcal')`

Das eigentliche Lösen der LPs findet in dieser Funktion statt. Sie erhält das jeweilige LP, die Limits angepasst auf Gerichtgröße, die von `def get_ingredients_based_on_nutrition_habit` (self, mealtype) selektierten Lebensmittel-Querysets, das Gericht und was für eine Zielfunktion gewählt wurde. Standardmäßig wird versucht, die Kalorien zu minimieren, doch Testen hat gezeigt, dass es sinnvoll erscheint den Fokus ebenso auf andere Nährstoffe zu werfen und diese zu minimieren bzw. zu maximieren. Zu Beginn werden einzelne Listen basierend auf den Lebensmittelgruppen im Ernährungskreis erstellt. Anschließend werden die Variablen erstellt und ihre Dimensionen, also ihre mini- und maximale Portionsgröße, für die jeweilige Lebensmittelgruppe festgelegt. Je nachdem, welche Mahlzeit erstellt wird und welche Zielfunktion gewählt wurde, werden Nährstoffe bestimmt, die keine elastischen Grenzen haben dürfen und jene, die in der Lösung des Problems berücksichtigt werden sollen. Im `ingredients_percent_table` Dictionary werden für jeden Nährstoff die Nährwerte der einzelnen Lebensmittel als Liste hinterlegt. Dies ermöglicht einfache Indexierung, um für die Nährstoffe die Nebenbedingungen und ihre elastischen Subprobleme zu erzeugen. Hierbei wird eine `proportionFreeBoundList` sowie ein `penalty`-Wert angegeben, die bestimmen um wie viel Prozent die Limits unter- und überschritten werden dürfen und ab wann eine Abstrafung zusätzlich auf die Zielfunktion gerechnet wird. Um die Richtlinien zur empfohlenen Getreide-, Gemüse- und Obstmenge miteinzubeziehen werden hierfür ebenfalls elastische Nebenbedingungen aufgestellt und Anpassungen an die jeweilige Mahlzeit vorgenommen. Zum Schluss werden die vom LP ausgewählten Lebensmittel als Liste und der aktuelle Status des LPs zurückgegeben.

```

1 def find_porition_size_by_pulp_elastic_constraint(prob, limits,
    ingredients_qs_b=None, ingredients_qs_l=None, ingredients_qs_d=None,
    ingredients_qs_s=None, meal=None, d=0, obj_func='energy_kcal'):
2     ingreds_grains, ingreds_veg_fru, ingreds_nuts, ingreds_eggs,
    ingreds_cake, ingreds_dairy, ingreds_sweets, ingreds_meat = []
3     ingredient_vars = []
4     # Do this for all lists
5     for i in ingred_grains:
6         ingredient_vars[i] = LpVariable()
7     # Do this for each different objective function
8     if obj_func == 'energy_kcal':
9         prob += lpSum(), "Total kcal of Ingredients per meal"
10        list_regarding_obj_func = ['protein', 'fat', 'carbs',
11                                   'energy_kcal', 'sodium']
12
13    # Create constraints and elastic subproblems for them
14    for name, percent_table in ingredients_percent_table.items():
15        if name in list_regarding_obj_func:
16            constraint_min = LpConstraint()
17            constraint_max = LpConstraint()
18            prob += constraint_min

```

```

19         prob += constraint_max
20         continue
21     constraint = LpConstraint()
22     elasticProblem = constraint.makeElasticSubProblem()
23     prob.extend(elasticProblem)
24     # Create Veggies and Fruits constraint and elastic subproblem for
    them
25     if mealtype in ['b', 'l', 'd']:
26         veggies_constraint = LpConstraint()
27         elasticProblem = veggies_constraint.makeElasticSubProblem()
28         prob.extend(elasticProblem)
29         fruits_constraint = LpConstraint()
30         elasticProblem = fruits_constraint.makeElasticSubProblem()
31         prob.extend(elasticProblem)
32         # Create Grains constraint and elastic subproblem for them
33         if mealtype in ['b', 'd']:
34             grains_constraint = LpConstraint()
35         elif mealtype == 'l':
36             grains_constraint = LpConstraint()
37         elasticProblem = grains_constraint.makeElasticSubProblem()
38         prob.extend(elasticProblem)
39     prob.solve()
40     final_food_list.append(ingredients)
41     return final_food_list, LpStatus[prob.status]

```

Listing 5.4: Pseudocode: def find_portion_size_by_pulp_elastic_constraint

5.2.3 def create_LP_probs_and_solve_by_threading(person, days, d, limits, meal, snack_2=None, day=None)

Wie bereits in 3.2 erwähnt, werden die Pläne für die einzelnen Mahlzeiten in vier synchron laufenden Threads erstellt. Der Aufbau der LPs geschieht in dieser Methode und ebenso das Zuordnen der vom LP ausgewählten Lebensmittel zu den Mahlzeiten. In vier If-Abfragen wird bestimmt, welche Mahlzeit erstellt werden soll, mit welchem Lebensmittel-Queryset, mit welcher Zielfunktion und mit welchen Limits. Wird beispielsweise das Frühstück erstellt, so werden die Limits auf 25% reduziert, da nach der 3/4 Regel vorgegangen wird. Das Queryset für die zuverwendenden Lebensmittel wird generiert und so lange das LP nicht Optimal gelöst wurde, wird ein neues Queryset erstellt und das LP wird erneut berechnet. Ist eine Lösung gefunden, so werden die Lebensmittel, die das LP ausgesucht hat dem Frühstück zugeordnet. Abgesehen davon, wird der Occurrence die Liste der Lebensmittel mit ihrer Portionsgröße als Beschreibung angefügt und die Abweichungen zu den empfohlenen Limits werden berechnet. Schließlich, werden die Frühstückslbensmittelliste und der MealType, in diesem Fall 'b' zurückgegeben.

```

1 def create_LP_probs_and_solve_by_threading(person, days, d, limits, meal,
    snack_2=None, day=None):
2     # Do this for all MealTypes
3     if meal.type == 'b':
4         prob_b = LpProblem()

```

5 Implementierung

```
5     ingredients_list_b = person.  
get_ingredients_based_on_nutrition_habit()  
6     final_food_list_b, stat_b =  
find_portion_size_by_pulp_elastic_constraint()  
7     while stat_b == 'Infeasible':  
8         ingredients_list_b = person.  
get_ingredients_based_on_nutrition_habit()  
9         prob_b = LpProblem()  
10        final_food_list_b, stat_b =  
find_portion_size_by_pulp_elastic_constraint()  
11        breakfast_ingredients_list = []  
12        for food in final_food_list_b:  
13            meal.ingredients.add(food)  
14  
15        calculate_nutrient_differences()  
16        meal.occ.description = final_food_list_b  
17  
18        return final_food_list_b, meal.type
```

Listing 5.5: Pseudocode: def create_LP_probs_and_solve_by_threading

6 Evaluation

6 *Evaluation*

7 Fazit

Literaturverzeichnis

Andre Niezjewski (2019), 'Grundlagen gesunde Ernährung - Ernährungskreis und die Regeln der DGE'.

URL: <http://www.optimale-ernaehrung.de/html/grundlagen.html>

Beretta, C., Stoessel, F., Baier, U. & Hellweg, S. (2013), 'Quantifying food losses and the potential for reduction in Switzerland', *Waste Management* **33**(3), 764–773.

URL: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X12005302>

Canetti, L., Bachar, E. & Berry, E. M. (2002), 'Food and emotion', *Behavioural Processes* **60**(2), 157–164.

URL: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0376635702000827>

Center for Young Women's Health (2017), 'How to Be a Healthy Vegetarian | Center for Young Women's Health'.

URL: <https://youngwomenshealth.org/2013/12/05/vegetarian-diet/>

DEBInet - Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz (2018), 'Fett | Eiweiß | Kohlenhydrate | Nahrungsbestandteile | Ernährungsinformationen'.

URL: http://www.ernaehrung.de/tipps/allgemeine_infos/ernaehr11.php

DEBInet-Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz (2017a), 'Energiebedarf | Energiezufuhr | Ernährungsinformationen'.

URL: http://www.ernaehrung.de/tipps/allgemeine_infos/ernaehr10.php

DEBInet-Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz (2017b), 'Nährwertrelation | Nährstoffbedarf | Ernährungsinformationen'.

URL: http://www.ernaehrung.de/tipps/allgemeine_infos/ernaehr13.php#empfehlungen

DEBInet-Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz (2018), 'Bedarf | Nährstoffe | Schwangerschaft - ernaehrung.de'.

URL: <http://www.ernaehrung.de/tipps/schwangerschaft/schwanger11.php>

DEBInet-Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz (n.d.a), 'Ernährungspyramide | Ernährungsteller | Vollwertige Ernährung - ernaehrung.de'.

URL: <http://www.ernaehrung.de/tipps/vollwertig/vollwert12.php>

DEBInet-Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz (n.d.b), 'Ernährungstherapie | Übergewicht | Adipositas - ernaehrung.de'.

URL: <http://www.ernaehrung.de/tipps/adipositas/adip11.php#energiezufuhr>

Literaturverzeichnis

Deutsche Gesellschaft für Ernährung (2015a), 'Kohlenhydrate, Ballaststoffe'.

URL: <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/kohlenhydrate-ballaststoffe/>

Deutsche Gesellschaft für Ernährung (2015b), 'Protein'.

URL: <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/protein/>

Deutsche Gesellschaft für Ernährung (n.d.), 'Ernährungskreis'.

URL: <https://www.dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/ernaehrungskreis/>

Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung & Schweizerische Vereinigung für Ernährung, eds (2015), *D-A-CH: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*, 2. auf-lage, 3. aktualisierte ausgabe (2017) edn, Neuer Umschau Buchverlag, Bonn.

Dr.med.H.Langhof & Dr.oec.troph. E.-M. Schröde (2018), 'Kleine Ernährungslehre - Die Nährstoffe'.

URL: <https://www.klinikschoensicht.de/InfoWeb/elehre.htm>

FID Gesundheitswissen (n.d.), 'Wie Sie Vitamine und Mineralstoffe richtig einneh-men'.

URL: <https://www.fid-gesundheitswissen.de/orthomolekulare-medizin/wie-sie-vitamine-und-mineralstoffe-richtig-einnehmen/>

Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG) (2018), 'Laktoseintoleranz'.

URL: <https://www.gesundheitsinformation.de/laktoseintoleranz.2113.de.html#weitereinformationen>

Michelle Kulas (2018), 'How Many Calories Should I Consume Per Meal?'.

URL: <https://www.livestrong.com/article/316073-how-many-calories-should-i-consume-per-meal/>

Prof. Dr. med. Dr. h.c. T. Zuberbier (2016), 'Nussallergie'.

URL: <https://www.ecarf.org/info-portal/allergien/nussallergie/>

Statista (2015), *Digital Health - Nutzung von Apps und Services im Bereich Kalo-rien-zähler und Ernährungstagebücher nach Alter und Geschlecht 2015 \textbar Umfrage*.

URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/454457/umfrage/nutzung-digitaler-apps-und-services-im-bereich-kalorienzaehler-und-ernaehrungstagebuecher/>

Statista (2016), 'Anteil von Vegetariern an der Bevölkerung der Länder weltweit | Statistik'.

URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/261627/umfrage/anteil-von-vegetariern-und-veganern-an-der-bevoelkerung-ausgewaehlter-laender-weltweit/>

- Statista (2017a), *Digital Health - Nutzung ausgewählter E-Health-Apps in Deutschland nach Alter 2017* \textbar Statista-Umfrage.
URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/698105/umfrage/umfrage-zur-nutzung-ausgewaehlter-e-health-apps-in-deutschland-nach-alter/>
- Statista (2017b), ‘Ernährungsgewohnheiten in Deutschland 2017 | Online-Umfrage’.
URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/285466/umfrage/umfrage-zu-ernaehrungsgewohnheiten-in-deutschland/>
- Statista (2017c), ‘Gründe für den Konsum laktosefreier Nahrungsmittel in Deutschland 2017 | Umfrage’.
URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/721887/umfrage/gruende-fuer-den-konsum-laktosefreier-nahrungsmittel-in-deutschland/>
- Statista (2017d), *Usage of health apps to track nutrition among US adults by age 2017* \textbar Survey.
URL: <https://www.statista.com/statistics/698919/us-adults-that-would-use-an-app-to-track-their-diet-by-age/>
- Statista (2017e), ‘Verfolgung von Ernährungskonzepten in Deutschland nach Geschlecht 2017 | Umfrage’.
URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/716923/umfrage/verfolgung-von-ernaehrungskonzepten-in-deutschland-nach-geschlecht/>
- Stefan, V., van Herpen, E., Tudoran, A. A. & Lähtenmäki, L. (2013), ‘Avoiding food waste by Romanian consumers: The importance of planning and shopping routines’, *Food Quality and Preference* **28**(1), 375–381.
URL: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950329312002066>
- Tchoumatchenko, D. (2017), *Body types: beginners short guide.* - BioTechUSA.
URL: <https://en.biotechusa.com/news/2017/01/03/Body-types-Beginners-short-guide/>
- The Editors of Encyclopaedia Britannica, John P. Rafferty, Kara Rogers & Surabhi Sinha (2014a), ‘Ectomorph | physique classification’.
URL: <https://www.britannica.com/science/ectomorph>
- The Editors of Encyclopaedia Britannica, John P. Rafferty, Kara Rogers & Surabhi Sinha (2014b), ‘Endomorph | physique classification’.
URL: <https://www.britannica.com/science/endomorph>
- The Editors of Encyclopaedia Britannica, John P. Rafferty, Kara Rogers & Surabhi Sinha (2014c), ‘Mesomorph | physique classification’.
URL: <https://www.britannica.com/science/mesomorph>
- The Vegetarian Society (2016), ‘Vegetarian Society - What is a vegetarian?’.
URL: <https://www.vegsoc.org/definition>

Literaturverzeichnis

The Vegetarian Society (2017), 'Vegetarian Society - Basic vegetarian nutrition'.

URL: <https://www.vegsoc.org/basicnutrition>

Thomas J. Bernard (2018), 'William Sheldon | American psychologist'.

URL: <https://www.britannica.com/biography/William-Sheldon>

VEBU – Vegetarierbund Deutschland (2016a), 'Vegane Ernährungspyramide'.

URL: <https://vebu.de/fitness-gesundheit/ernaehrungspyramide/vegane-ernaehrungspyramide/>

VEBU – Vegetarierbund Deutschland (2016b), 'Vegetarische Ernährungspyramide'.

URL: <https://vebu.de/fitness-gesundheit/ernaehrungspyramide/vegetarische-ernaehrungspyramide/>

VEBU – Vegetarierbund Deutschland (2017), 'Anzahl der Veganer und Vegetarier in Deutschland'.

URL: <https://vebu.de/veggie-fakten/entwicklung-in-zahlen/anzahl-veganer-und-vegetarier-in-deutschland/>

Zitate von Paracelsus (2018).

URL: <https://www.bk-luebeck.eu/zitate-paracelsus.html>

Annex

```
1<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2<widget>
3  <debug>off</debug>
4  <window name="myWindow" title="Hello Widget" visible="true">
5    <height>120</height>
6    <width>320</width>
7    <image src="Resources/orangebg.png">
8      <name>orangebg</name>
9      <hOffset>0</hOffset>
10     <vOffset>0</vOffset>
11   </image>
12   <text>
13     <name>myText</name>
14     <data>Hello Widget</data>
15     <color>#000000</color>
16     <size>20</size>
17     <vOffset>50</vOffset>
18     <hOffset>120</hOffset>
19   </text>
20 </window>
21</widget>
```

Listing 1: Sourcecode Listing

Annex

```
1 INVITE sip:bob@network.org SIP/2.0
2 Via: SIP/2.0/UDP 100.101.102.103:5060;branch=z9hG4bKmp17a
3 Max-Forwards: 70
4 To: Bob <sip:bob@network.org>
5 From: Alice <sip:alice@ims-network.org>;tag=42
6 Call-ID: 10@100.101.102.103
7 CSeq: 1 INVITE
8 Subject: How are you?
9 Contact: <sip:xyz@network.org>
10 Content-Type: application/sdp
11 Content-Length: 159
12 v=0
13 o=alice 2890844526 2890844526 IN IP4 100.101.102.103
14 s=Phone Call
15 t=0 0
16 c=IN IP4 100.101.102.103
17 m=audio 49170 RTP/AVP 0
18 a=rtpmap:0 PCMU/8000
19
20 SIP/2.0 200 OK
21 Via: SIP/2.0/UDP proxy.network.org:5060;branch=z9hG4bK83842.1
22 ;received=100.101.102.105
23 Via: SIP/2.0/UDP 100.101.102.103:5060;branch=z9hG4bKmp17a
24 To: Bob <sip:bob@network.org>;tag=314159
25 From: Alice <sip:alice@network.org>;tag=42
26 Call-ID: 10@100.101.102.103
27 CSeq: 1 INVITE
28 Contact: <sip:foo@network.org>
29 Content-Type: application/sdp
30 Content-Length: 159
31 v=0
32 o=bob 2890844526 2890844526 IN IP4 200.201.202.203
33 s=Phone Call
34 c=IN IP4 200.201.202.203
35 t=0 0
36 m=audio 49172 RTP/AVP 0
37 a=rtpmap:0 PCMU/8000
```

Listing 2: SIP request and response packet?