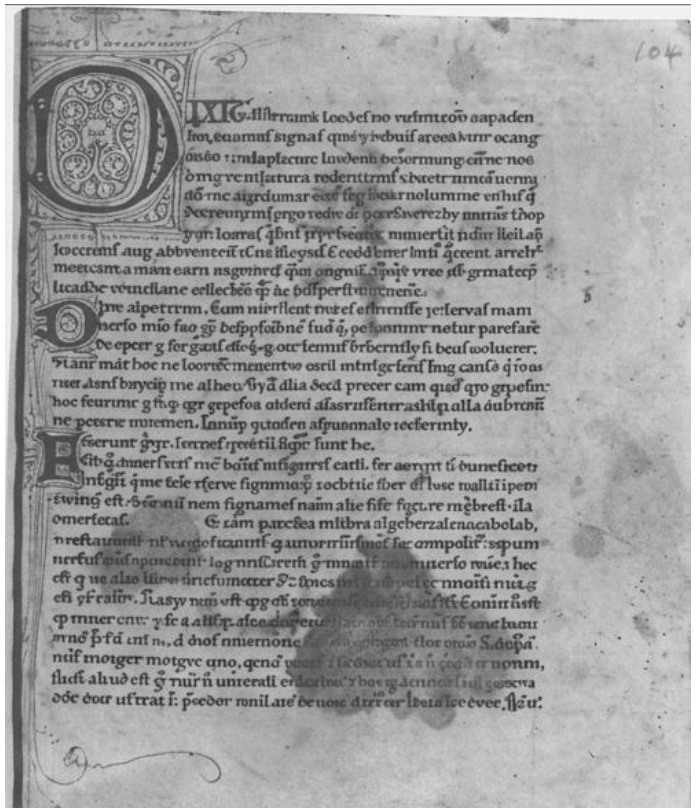
Algorithmen in der Ernährung

Dr. Dr. Bernd Wirsam, Linden

Was ist ein Algorithmus?

- Zu den frühesten Entwicklungsstufen der Menschheit gehört die Evolution von Regeln im Verhalten miteinander, von Geboten und Gesetzen, von Sprache und Schrift. Wie bei allen evolutionären Systemen sind sie am Erfolg rückgekoppelt, selbstverstärkend und selbst organisierend.
- Der dahinter liegende Algorithmus trat jedoch erst im klassischen Altertum im Rahmen der Mathematik und formalen Logik ins Bewusstsein (Euklid, Aristoteles, Archimedes mit seinem Algorithmus zur Approximation von π).
- 825 n.Chr. hat der arabische Rechenmeister und Astronom, Al-Chwarizni, das indische Zahlensystem in dem Buch "Algorithmi de numero Indorum“ eingeführt.
- Daraus wurde das Wort Algorithmus abgeleitet.

Was ist ein Algorithmus?



Bildquelle: Wikimedia

Was ist ein Algorithmus?

- In der modernen Wissenschaft, in der Technik und in der Produktion, in der Natur und der Gesellschaft gibt es zahlreiche Vorgänge und Erscheinungen oder Prozesse, die sich durch Algorithmen, häufig in Form von Flussdiagrammen, beschreiben lassen.
- Definition:
- Ein Algorithmus liegt genau dann vor, wenn gegebene Größen, auch Eingabegrößen, Eingabeinformationen oder Aufgaben genannt, auf Grund eines Systems von Regeln, Umformungs-Regeln, in andere Größen, auch Ausgabegrößen , Ausgabeinformationen oder Lösungen genannt, umgeformt oder umgearbeitet werden können.
- Kurzgefasst: Geregelte Prozedur zur Lösung von Problemen.

Was ist ein Algorithmus?

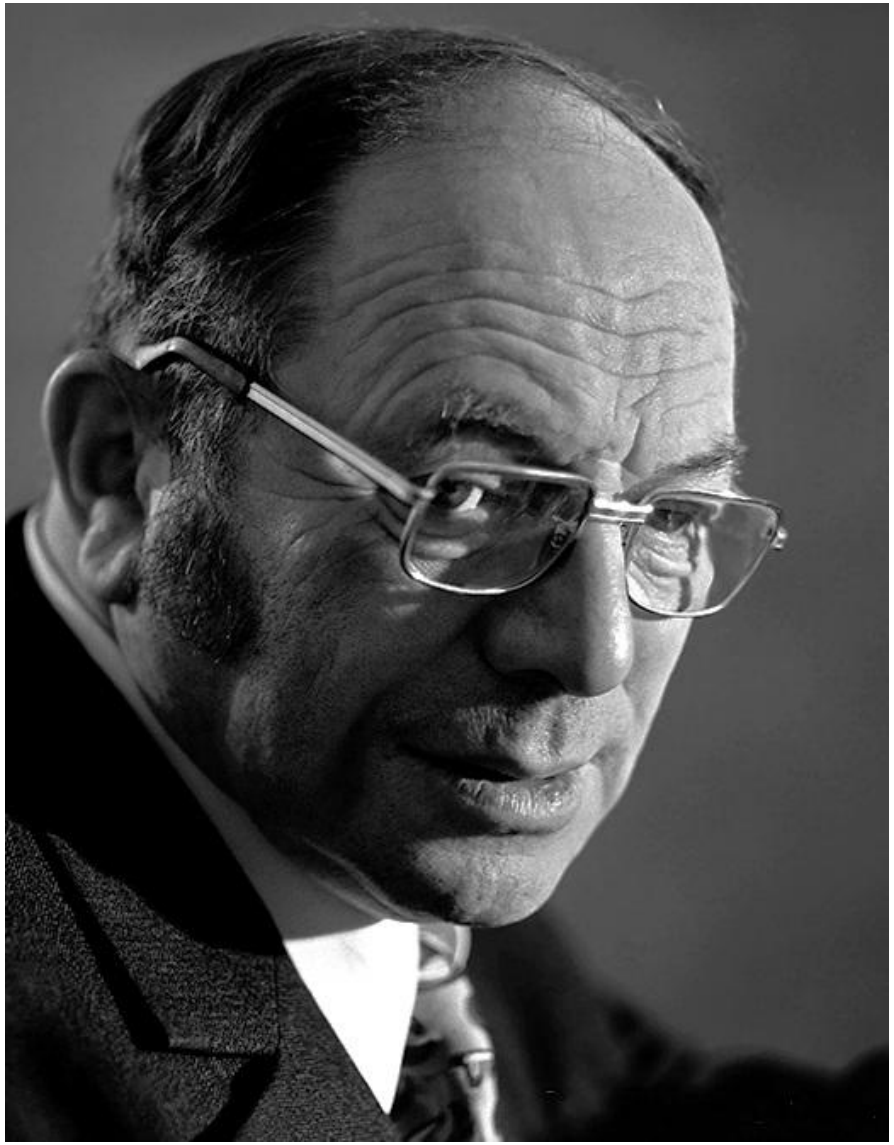
- Erste für einen Computer gedachte Algorithmen (Berechnung von Bernoullizahlen) wurden 1843 von Ada Lovelace festgehalten.
- Nicht scharf vom Begriff „Algorithmus“ zu trennen sind die Begriffe „Künstliche Intelligenz“ oder „Machine Learning“. Sie bedienen sich jedenfalls Algorithmen zur Lösung vorgegebener Probleme (Lernphase, Wissensaneignung).
- Falls exakte Lösungen mathematisch unmöglich sind, werden häufig auch Optimierungen oder Annäherungsverfahren, sogenannte Approximationen, eingesetzt.
- Algorithmen sind Thema in der Informatik, Komplexitätstheorie und Kybernetik. Es gibt sogar an den Unis Fachbereiche für Algorithmen-Theorie.
- Darüber hinaus hat der Begriff Algorithmus seit 2015 auch Einzug in Presse- und Alltagssprache gehalten.

- Beispiel Jürgen Klopps algorithmischer Fußball:

  - Klopp ist als sehr emotional und dadurch als motivierend bekannt.
  - Seine Gesamtstrategie ist aber geprägt durch moderne KI gestützte Daten- und Musteranalyse.
  - Das fängt bereits bei der Zusammenstellung des Spielerkaders an.
  - Bei Spielertransfers spielt die Optimierung im gegebenen Umfeld eine gewichtige Rolle.
  - Zur Mustererkennung gehören eigene Spiele, wie solche von Gegnern.
  - Schwächen und Stärken beider Mannschaften, Tagesformen, die Fans und selbst die Wetterlage werden analysiert.
  - Daraus ergeben sich individualisierte und personalisierte Taktiken für Training und Spiel, sogar für die Ernährung in den verschiedenen Phasen.
  - Die Taktik wird am Spielverlauf und -ergebnis rückgekoppelt.
  - Fußball ist ein chaotisches System (Tor, Abseits, Handspiel, kleine Größen, z.B. Millimeter, entscheiden, ob ein Club in der Bundesliga bleibt!).

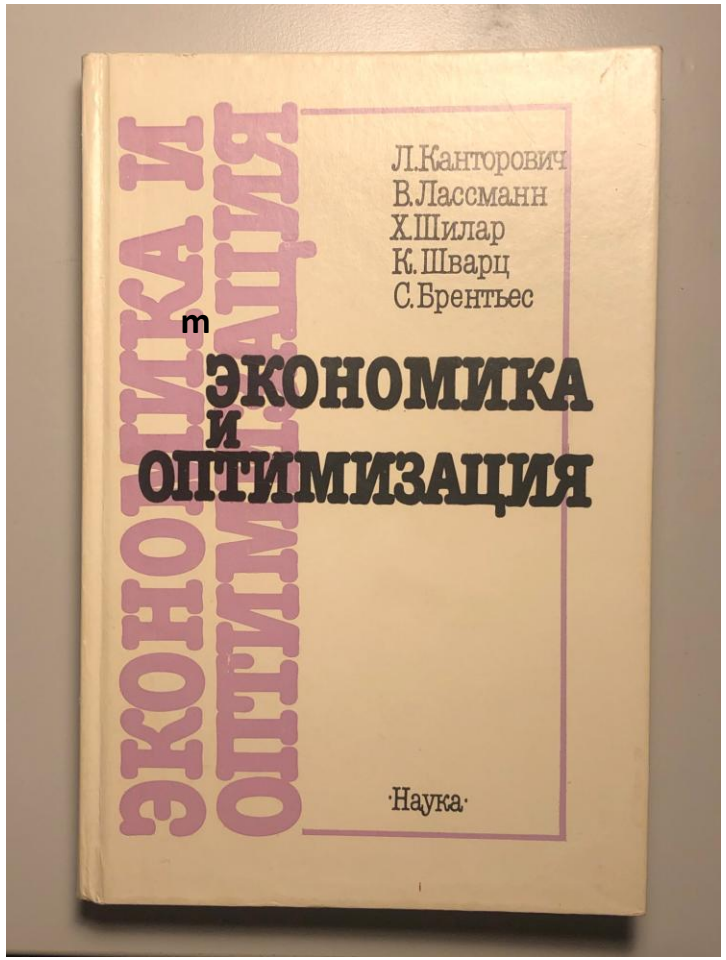
Bildquelle: PAUL ROBINSON, CC BY-SA 2.0, via Wikimedia Commons

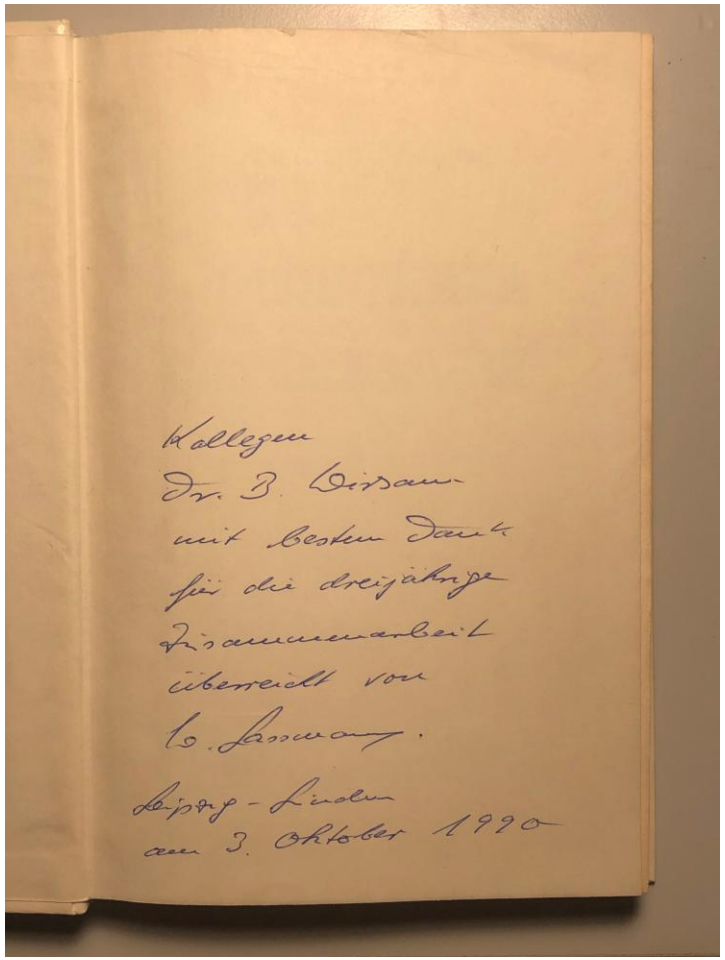
- Unter den mathematischen Optimierungen gehört die Lineare Optimierung zu den ersten durch Algorithmen (Simplex Algorithmus, 1947) lösbaren Methoden.
- Als Pionier gilt der sowjetische Mathematiker Leonid Kantorowitsch, der bereits 1939 erste Verfahren veröffentlichte und 1975 dafür als erster und einziger Nobelpreisträger des Ostblocks den Wirtschaftsnobelpreis erhielt.



Bildquelle: Андрей Богданов (Andrei-bogdanoffyandex.ru), CC BY 3.0

3 Jahre lang haben wir seit 1987 mit einem Kollegen von Kantorowitsch, Prof. Lassmann aus Halle, im Rahmen eines Gegengeschäfts, Erfahrungen mit der Linearen Optimierung komplexer Systeme sammeln können.





Bildquelle: Eigenes Bildmaterial

- Tatsächlich beschäftigte sich aber unsere Firma schon seit 1976 mit Lösungsansätzen von komplexen, nichtlinearen Kombinationsaufgaben aus der Produktion von Industriebetrieben (Flachglas, Spanplatte, Blech, Leimholz).

- Besondere Stärken waren Zuschnitts-Optimierungen, aber auch die Steuerung der Produktion mittels Fuzzy-Logik.

- Höhepunkt war die Implementierung eines hochautomatischen real-time-Optimierungssystems in Kooperation mit einem nach der Markteinführung dann führenden Maschinenbauer.

- Im Bereich der Software für die Flachglasbetriebe gelang es uns sogar, mit über 1000 Installationen, selbst bei Großkonzernen, die Marktführung weltweit zu erringen.

- Diese Stärke rührt wohl auch daher, dass neben den beiden Gründern zahlreiche weitere Entwickler aus der Theoretischen Physik stammten. Schon dort hatten wir uns mit Näherungsalgorithmen zur iterativen Lösung von gekoppelten, partiellen Differentialgleichungs-Systemen herumgeschlagen (z.B. dem Hartree-Fock-Algorithmus in der Molekülphysik).

Anwendung von Algorithmen in der Ernährung

- Unter den ersten Anwendungen von Algorithmen befand sich die Lineare Optimierung im Bereich der Ernährung, wenn auch zunächst nur der Tier-Ernährung. Die Aufgabenstellung war einfach: Welche Futtermittel müssen in welchen Verhältnissen verfüttert werden, um die Nährstoffversorgung sicher zu stellen (Nebenbedingungen, Restriktionen, min, max) und zwar zu niedrigsten Kosten (Zielfunktion). Das Modell ist linear und funktionierte bestens.
- Es wurde auch nicht zurückgeschreckt, diese Algorithmen für die Verpflegung von Soldaten oder anderen kasernierten Personen einzusetzen.
- In jüngster Zeit wurde die Kostenzielfunktion durch die Minimierung der Abweichung vom beobachteten Ernährungsverhalten ersetzt. Auf der Basis des nationalen Ernährungsverhalten, kann so der kürzeste Weg gesucht werden, um mit möglichst wenig Änderungen die offiziellen Nährstoffempfehlungen zu erreichen. Das führt dann zu einer mathematisch begründeten Darstellung des Lebensmittelkreises der DGE.

Anwendung von Algorithmen in der Ernährung

- Was passiert aber, wenn nicht die Kosten oder die Abweichung vom vertrauten Ernährungsverhalten, sondern die optimale Gesundheit als Zielfunktion anstrebt werden?
- Zwar wird durch die Nebenbedingungen bei der Linearen Optimierung sichergestellt, dass auf Populationsebene eine ausreichende Versorgung mit allen Nährstoffen erreicht wird, aber das ist nicht gleichbedeutend mit dem personalisierten Optimum für das Individuum.
- Werden die gesundheitlichen Aspekte betrachtet, so ist es notwendig, die Nährstoffzufuhr in Relation zu setzen mit gesundheitsrelevanten Indikatoren. Die gemessenen dose-response-Kurven, bekannt auch aus der Pharmakokinetik (Michaelis-Menten-Gleichung), sind nicht linear. Auch die Infusions- und Abklingkurven sind nicht linear. Sie entsprechen exponentiellen Verläufen.

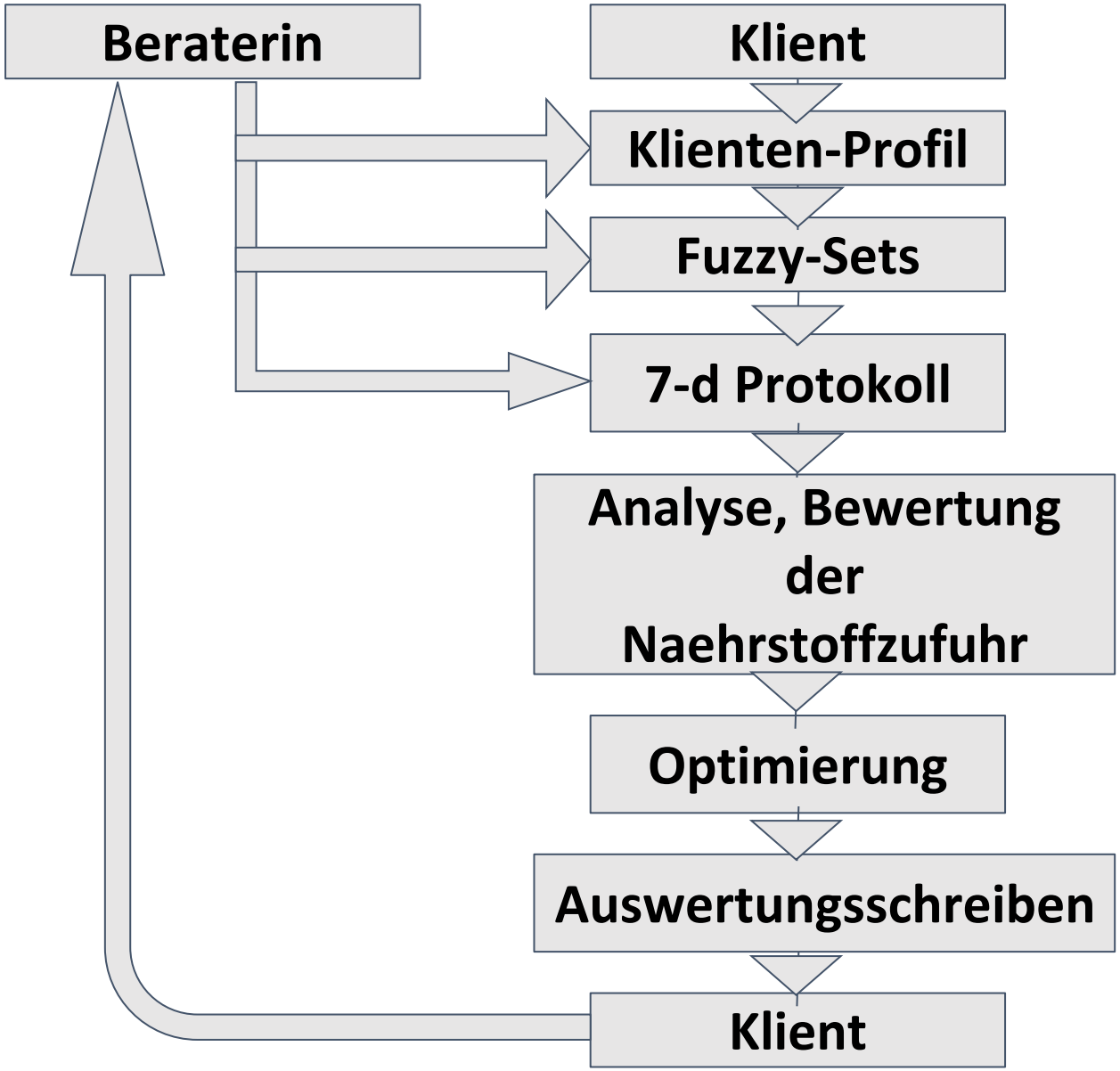
Anwendung von Algorithmen in der Ernährung

- Als um 1990 herum das Thema Ernährung an unsere Firma herangetragen wurde, haben wir natürlich zunächst auch an die uns wohlvertraute Lineare Optimierung gedacht.
- Lautet die Fragestellung „Wie erreicht man für das Individuum ein Maximum an gesundheitlicher Bewertung der Ernährung“ so muss erstmal ein Maß für den Grad der Gesundheit gefunden werden (degree of health).
- Dann muss eine Methode entwickelt werden, die mit sehr unscharfen Eingangsdaten umgehen kann, denn die Nährstoffangaben der Nährstoffdatenbanken sind in den seltensten Fällen wirklich gemessen, meist interpoliert oder gar nur abgeschätzt. Lebensmittel sind sortenabhängig, standortabhängig, wetterabhängig. Rezepte sind in der Praxis ebenfalls nicht genau nach Mengenangaben umgesetzt. All das wird im Detail in den Datenbanken nicht abgebildet. Die Ernährungsprotokolle sind selbst bei großer Sorgfalt nachweislich fehlerbehaftet. Die Mengenangaben in Portionsgrößen sind auch nur π x Daumen.

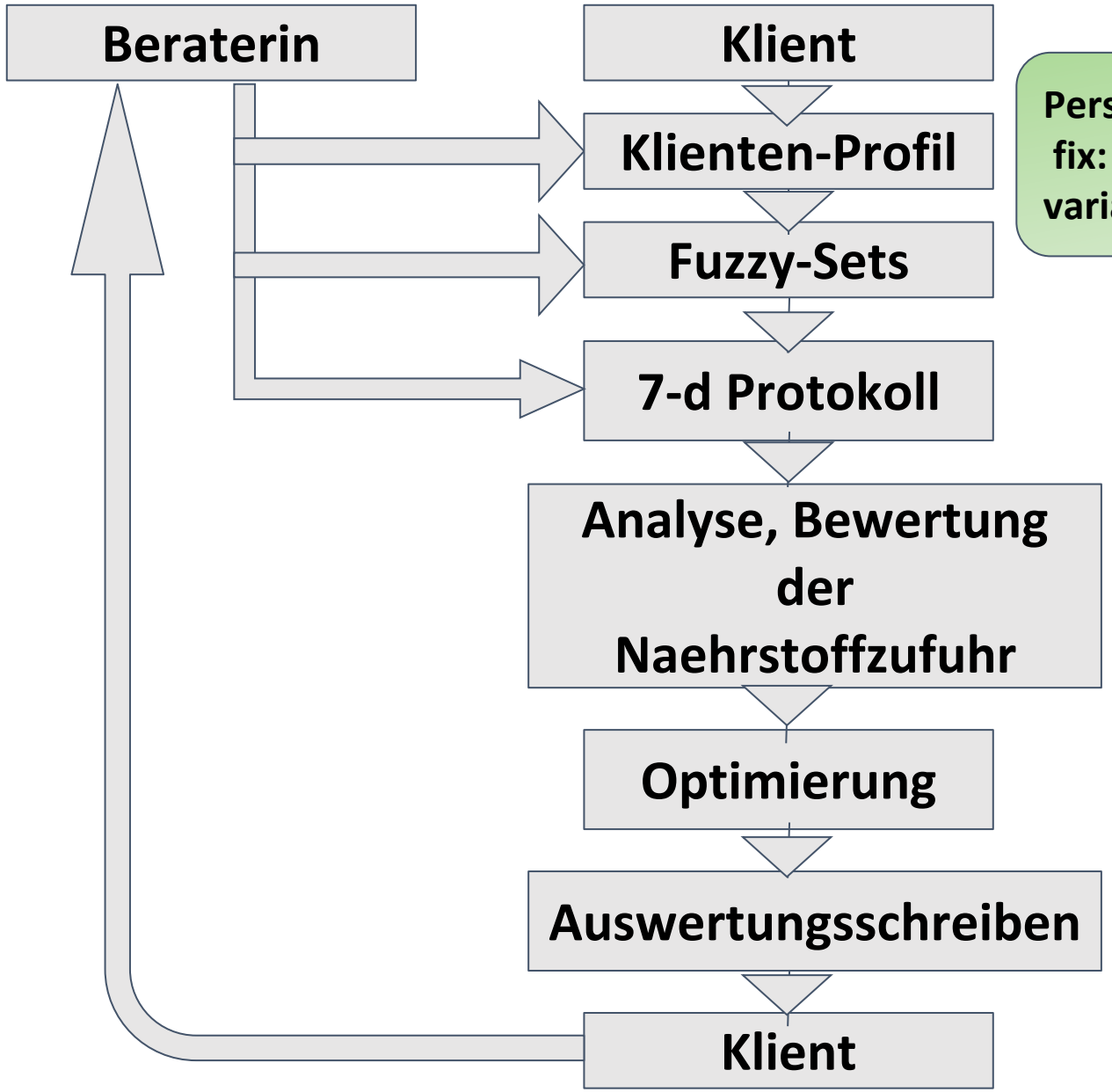
Anwendung von Algorithmen in der Ernährung

- Sofern die Gesundheit als oberstes Ziel angestrebt wird, muss festgestellt werden: „Ernährungoptimierung ist ein komplexes, nichtlineares System, das mit unscharfen Daten umgehen können muss!“.
- Da wir auch über Erfahrung mit Fuzzy-Logik verfügten, lag es nahe, diesen Ansatz einzusetzen.
- Da zur gesamten Beschreibung des Verlaufes der Korrelation zwischen Nährstoffzufuhr und personalisierter gesundheitlichen Bewertung immer mehrere, teils widersprechender Indikatoren von Bedeutung sind, müssen Probleme der Unterversorgung und der Überversorgung gleichzeitig, gegebenenfalls auch als Kompromiss, modelliert werden (z.B. Zinkzufuhr – Indikator Erythrozyten-Zink für die Unterversorgung, Aktivität von Zink-abhängiger Superoxiddismutase für die Überversorgung).

OptiDiet Algorithmus

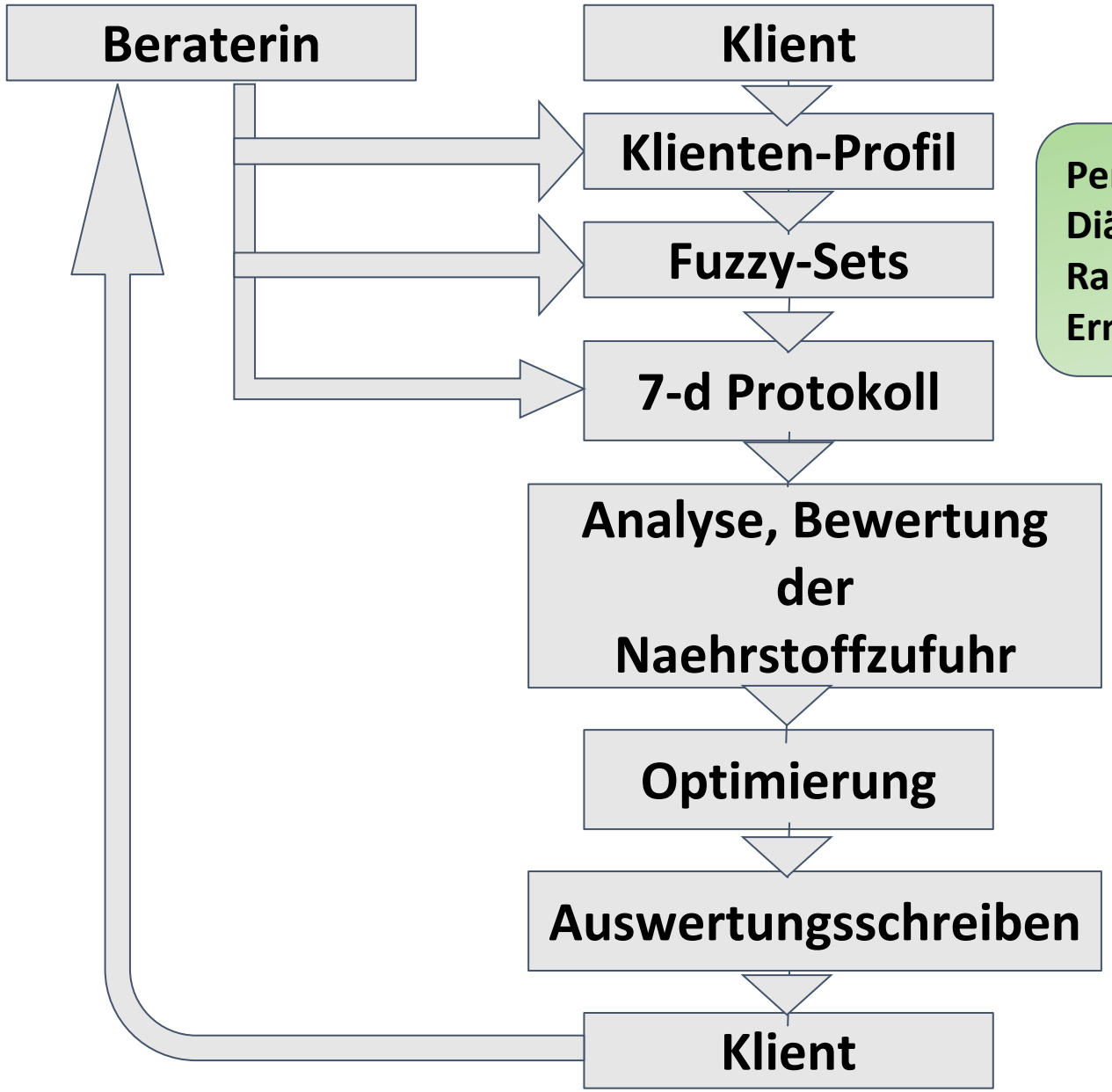


OptiDiet Algorithmus



Persönliche Daten:
fix: z.B.: Geschlecht, Geburtstag, Größe, PAL, Diäten, Allergien
variabel: z.B.: Gewicht, Blutwerte, Sport

OptiDiet Algorithmus



Personalisierte Bewertungskurven für die Nährstoffzufuhr. Diäten modifizieren die Fuzzy-Sets. Allergien schränken den Raum der Lebensmittel ein. Vegetarische und vegane Ernährung werden ähnlich behandelt.

OptiDiet Algorithmus

Beispiel: Das Fuzzy-Set für Kalium

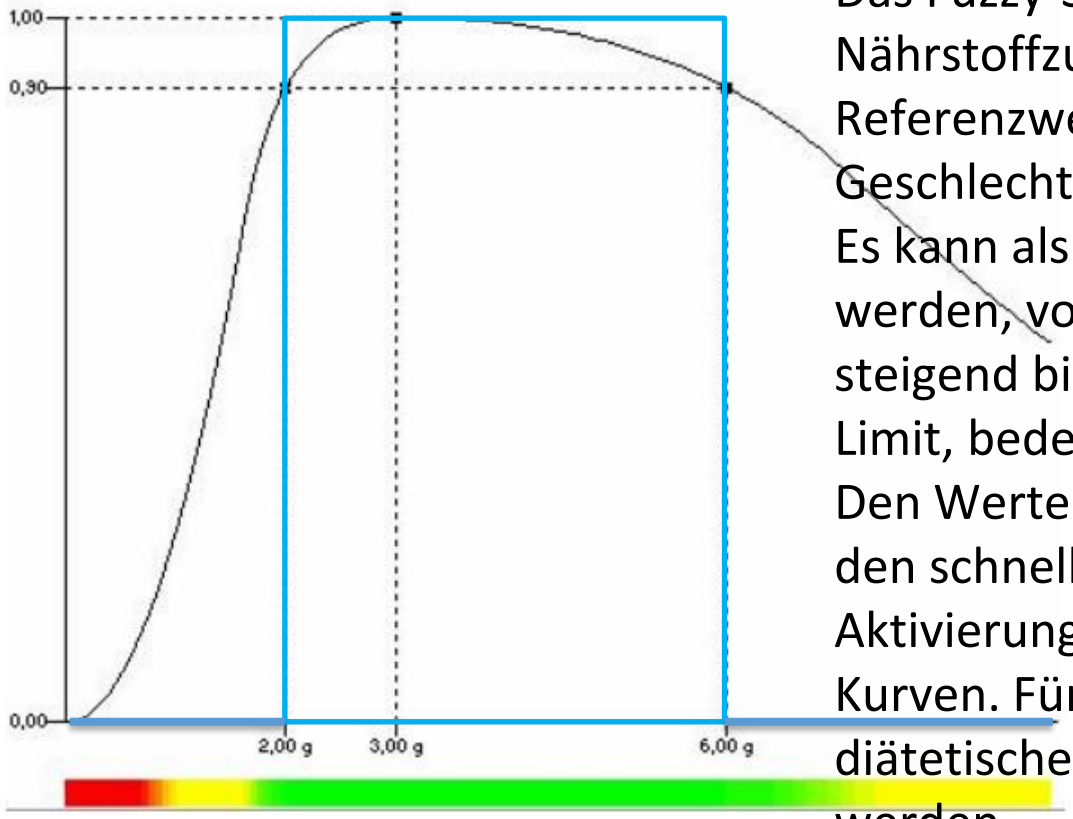
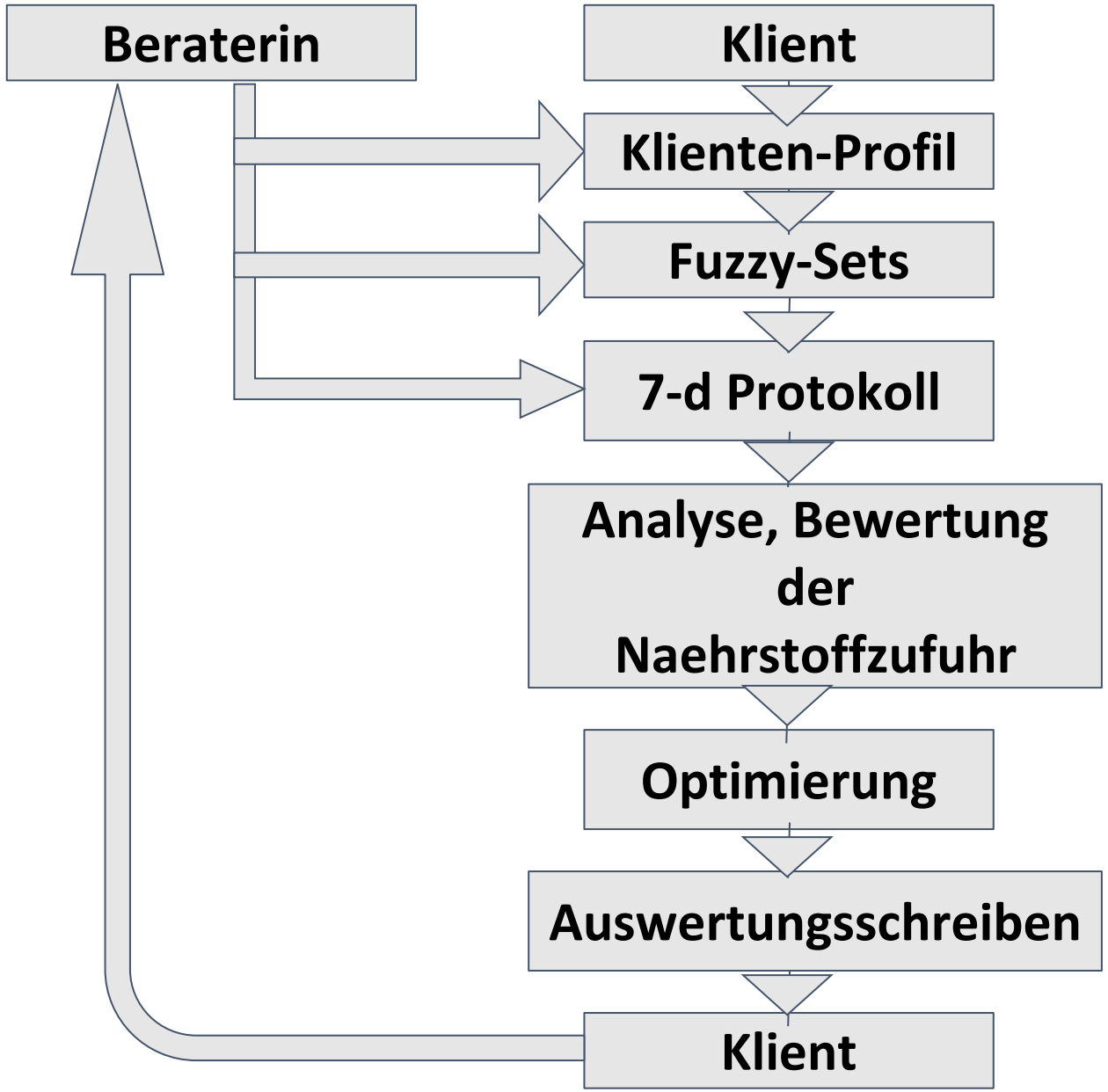


Figure 1: The fuzzy set of the daily intake of potassium with the interpretation in colors.

Das Fuzzy-Set gibt den Zugehörigkeitsgrad zu einer optimalen Nährstoffzufuhr an (degree of health) und orientiert sich an den DACH-Referenzwerten und den USA-DRI, einschließlich der Abhängigkeit von Geschlecht, Alter, Gewicht, Größe.
Es kann als Bewertungskurve für die Nährstoffzufuhr interpretiert werden, von 0=lebensbedrohliche Unterversorgung, kontinuierlich steigend bis gute Versorgung, 1=optimale Versorgung, save upper Limit, bedenkliche Überversorgung (toxic area).
Den Werten wird eine linguistische Interpretation zugeordnet und für den schnellen Überblick erfolgt eine Übersetzung in Ampelfarben.
Aktivierung von Diäten oder Sport führt zu Modifikationen dieser Kurven. Für die personalisierte Beratung kann die Kurve an die diätetischen Erfordernisse von der Beraterin manuell angepasst werden.

OptiDiet Algorithmus



7-d real-time-tracking des Verzehrs mit Angabe von Vorlieben und Aversionen auf der Basis eines Formulars mit den 140 der am häufigsten verzehrten Lebensmittel. Unäres Protokoll (Strichliste, wie Bierdeckel). Es können aber auch fehlende Lebensmittel zu der Liste hinzugefügt werden. Spezial-Protokolle für Sonderformen der Ernährung.

OptiDiet Algorithmus

So ernähre ich mich

Name: Prof. Dr. Claus Leitzmann
Adresse:
Geburtsda: xxxxxxxxxxxxxx
Größe (cm): 178
Gewicht: 74 kg
Protokolltage: 7

Beachten Sie bitte beim Ausfüllen:

1. Nehmen Sie Ihr Ernährungsprotokoll überall mit hin. Notieren Sie bitte alles. Auch z. B. Nüsse, Bonbons und Snacks beim Fernsehen. Versuchen Sie während dieser Woche nicht abzunehmen, aber auch nicht zuzunehmen.
2. Machen Sie jeweils einen Strich für die angegebene Portionsmenge.
3. Die Bezeichnung „Tasse" ist ein Maß für die Menge, die in eine normale Kaffeetasse passt.
4. Ändern Sie die Mengenbezeichnungen nicht.
5. Geben Sie Ihr Gewicht vor und nach der Woche an.
6. Nach sieben Tagen zählen Sie bitte Ihre Strichlisten zusammen und tragen in die entsprechenden Kästchen die Summe ein
7. In der ersten Spalte bewerten Sie bitte alle angegebenen Lebensmittel wie folgt:

   Bewertung 0 = Esse ich gar nicht,
   Bewertung 3 = Weder große Vorliebe noch Abneigung,
   Bewertung 5 = Ist meine Lieblingsspeise.

Brot

B	Lebensmittel	Anzahl	Sum	Kücheneinheit
	Graubrot			Scheibe 40,0 g
	Weißbrot, Toast			Scheibe 25,0 g
	1/2 Brötchen			Stück 25,0 g
	1/2 Vollkornbrötchen	IIII	4	Stück 30,0 g
	Vollkornbrot	𝍸 𝍸 𝍸	15	Scheibe 45,0 g
	Knäcke, Zwieback			Scheibe 10,0 g

Brotbelag • Ei

	Butter	IIII	4	Teelöffel 5,0 g
	Margarine			Teelöffel 5,0 g
	Margarine halbfett			Teelöffel 5,0 g
	Wurst (Salami, Mettwurst, Leberwurst..)			Portion 25,0 g
	Fettarme Wurst (Bierschinken, Corned Beef, Geflügelwurst..)			Portion 25,0 g
	Sojaaufschnitt			Portion 30,0 g
	Vegetarische Pasteten	III	3	Teelöffel 7,0 g
	Frischkäse	II	2	Teelöffel 7,0 g
	Käse unter 20% Fett i.Tr.			Portion 30,0 g
	Käse 20-40% Fett i.Tr.			Portion 30,0 g
	Käse über 40% Fett i.Tr.	𝍸 𝍸	10	Portion 30,0 g
	Marmelade, Gelee			Teelöffel 10,0 g
	Honig			Teelöffel 10,0 g
	Nußnougatcreme			Portion 20,0 g
	Magerquark			Esslöffel 30,0 g
	Speisequark			Esslöffel 30,0 g
	Eier			Stück 60,0 g

Cerealien (Müsli etc.)

	Haferflocken, trocken			Esslöffel 10,0 g
	Müsli, trocken	𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 III	28	Esslöffel 15,0 g
	Cornflakes, trocken			Tasse 20,0 g
	Frühstückscerealien			Tasse 30,0 g
	Sonnenblumen-, Kürbiskerne	II	2	Esslöffel 20,0 g

Kaffee • Milch • Joghurt

	Kaffee			Tasse 150,0 g
	Tee	𝍸 II	7	Tasse 150,0 g
	Früchtetee, Kräutertee	𝍸	5	Tasse 150,0 g
	Dosenmilch			Teelöffel 5,0 g
	Zucker			Teelöffel 5,0 g
	Kakao			Tasse 150,0 g
	Trinkmilch 3,5% Fett			Glas 200,0 g
	Trinkmilch 1,5% Fett			Glas 200,0 g
	Buttermilch			Tasse 150,0 g
	Sojamilch			Tasse 150,0 g
	Tofu			Portion 100,0 g
	Joghurt 3,5 % Fett	𝍸 III	8	kleiner Becher 150,0 g
	Joghurt 1,5 % Fett			kleiner Becher 150,0 g
	Joghurt mit Früchten 3,5 % Fett			kleiner Becher 150,0 g
	Joghurt fettarm mit Früchten 1,5 % Fett			kleiner Becher 150,0 g

Fleisch

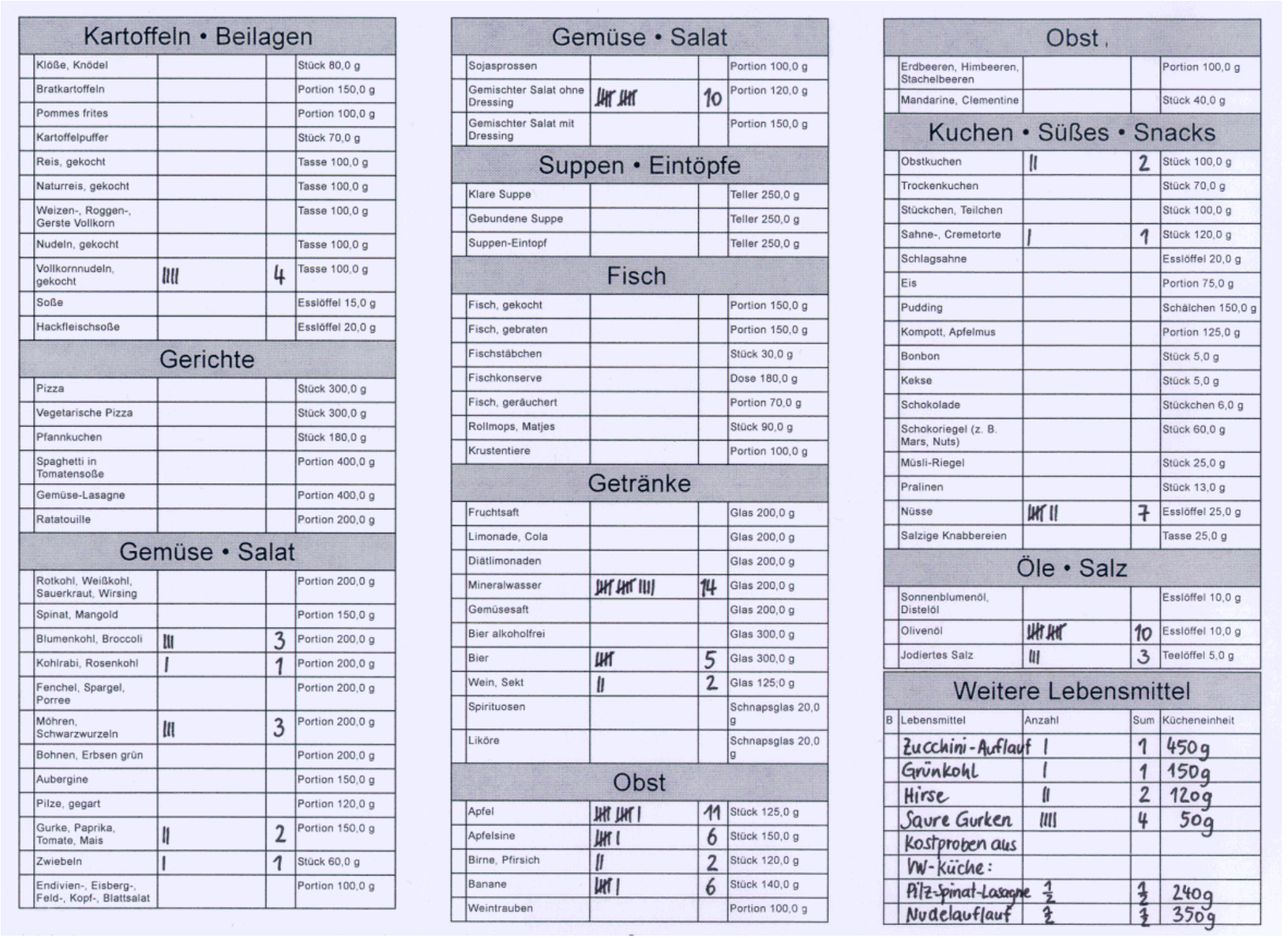
	Kotelett, Schnitzel			Portion 125,0 g
	Steak, Schnitzel natur			Portion 125,0 g
	Putenschnitzel			Stück 125,0 g
	Braten			Portion 125,0 g
	Gulasch, Ragout			Portion 125,0 g
	Bratwurst			Stück 150,0 g
	Würstchen, Bockwurst, Wiener Würstchen			Stück 125,0 g
	Fleisch-, Kochwurst			Portion 100,0 g
	Frikadelle, Klops			Stück 100,0 g
	Hähnchenfleisch			Portion 125,0 g
	Leber, Herz, Niere			kleine Portion 65,0 g
	Mett, Gehacktes			Portion 125,0 g
	Speck, Bauchfleisch			Scheibe 50,0 g

Kartoffeln • Beilagen

	Kartoffeln	𝍸 𝍸 II	17	Stück 80,0 g
	Kartoffelpüree			Portion 150,0 g

Bildquelle: Eigene Abbildung

OptiDiet Algorithmus



Kartoffeln • Beilagen

Klöße, Knödel			Stück 80,0 g
Bratkartoffeln			Portion 150,0 g
Pommes frites			Portion 100,0 g
Kartoffelpuffer			Stück 70,0 g
Reis, gekocht			Tasse 100,0 g
Naturreis, gekocht			Tasse 100,0 g
Weizen-, Roggen-, Gerste Vollkorn			Tasse 100,0 g
Nudeln, gekocht			Tasse 100,0 g
Vollkornnudeln, gekocht	IIII	4	Tasse 100,0 g
Soße			Esslöffel 15,0 g
Hackfleischsoße			Esslöffel 20,0 g

Gerichte

Pizza			Stück 300,0 g
Vegetarische Pizza			Stück 300,0 g
Pfannkuchen			Stück 180,0 g
Spaghetti in Tomatensoße			Portion 400,0 g
Gemüse-Lasagne			Portion 400,0 g
Ratatouille			Portion 200,0 g

Gemüse • Salat

Rotkohl, Weißkohl, Sauerkraut, Wirsing			Portion 200,0 g
Spinat, Mangold			Portion 150,0 g
Blumenkohl, Broccoli	III	3	Portion 200,0 g
Kohlrabi, Rosenkohl	I	1	Portion 200,0 g
Fenchel, Spargel, Porree			Portion 200,0 g
Möhren, Schwarzwurzeln	III	3	Portion 200,0 g
Bohnen, Erbsen grün			Portion 200,0 g
Aubergine			Portion 150,0 g
Pilze, gegart			Portion 120,0 g
Gurke, Paprika, Tomate, Mais	II	2	Portion 150,0 g
Zwiebeln	I	1	Stück 60,0 g
Endivien-, Eisberg-, Feld-, Kopf-, Blattsalat			Portion 100,0 g

Gemüse • Salat

Sojasprossen			Portion 100,0 g
Gemischter Salat ohne Dressing	卌 卌	10	Portion 120,0 g
Gemischter Salat mit Dressing			Portion 150,0 g

Suppen • Eintöpfe

Klare Suppe			Teller 250,0 g
Gebundene Suppe			Teller 250,0 g
Suppen-Eintopf			Teller 250,0 g

Fisch

Fisch, gekocht			Portion 150,0 g
Fisch, gebraten			Portion 150,0 g
Fischstäbchen			Stück 30,0 g
Fischkonserve			Dose 180,0 g
Fisch, geräuchert			Portion 70,0 g
Rollmops, Matjes			Stück 90,0 g
Krustentiere			Portion 100,0 g

Getränke

Fruchtsaft			Glas 200,0 g
Limonade, Cola			Glas 200,0 g
Diätlimonaden			Glas 200,0 g
Mineralwasser	卌 卌 IIII	14	Glas 200,0 g
Gemüsesaft			Glas 200,0 g
Bier alkoholfrei			Glas 300,0 g
Bier	卌	5	Glas 300,0 g
Wein, Sekt	II	2	Glas 125,0 g
Spirituosen			Schnapsglas 20,0 g
Liköre			Schnapsglas 20,0 g

Obst

Apfel	卌 卌 I	11	Stück 125,0 g
Apfelsine	卌 I	6	Stück 150,0 g
Birne, Pfirsich	II	2	Stück 120,0 g
Banane	卌 I	6	Stück 140,0 g
Weintrauben			Portion 100,0 g

Obst

Erdbeeren, Himbeeren, Stachelbeeren			Portion 100,0 g
Mandarine, Clementine			Stück 40,0 g

Kuchen • Süßes • Snacks

Obstkuchen	II	2	Stück 100,0 g
Trockenkuchen			Stück 70,0 g
Stückchen, Teilchen			Stück 100,0 g
Sahne-, Cremetorte	I	1	Stück 120,0 g
Schlagsahne			Esslöffel 20,0 g
Eis			Portion 75,0 g
Pudding			Schälchen 150,0 g
Kompott, Apfelmus			Portion 125,0 g
Bonbon			Stück 5,0 g
Kekse			Stück 5,0 g
Schokolade			Stückchen 6,0 g
Schokoriegel (z. B. Mars, Nuts)			Stück 60,0 g
Müsli-Riegel			Stück 25,0 g
Pralinen			Stück 13,0 g
Nüsse	卌 II	7	Esslöffel 25,0 g
Salzige Knabbereien			Tasse 25,0 g

Öle • Salz

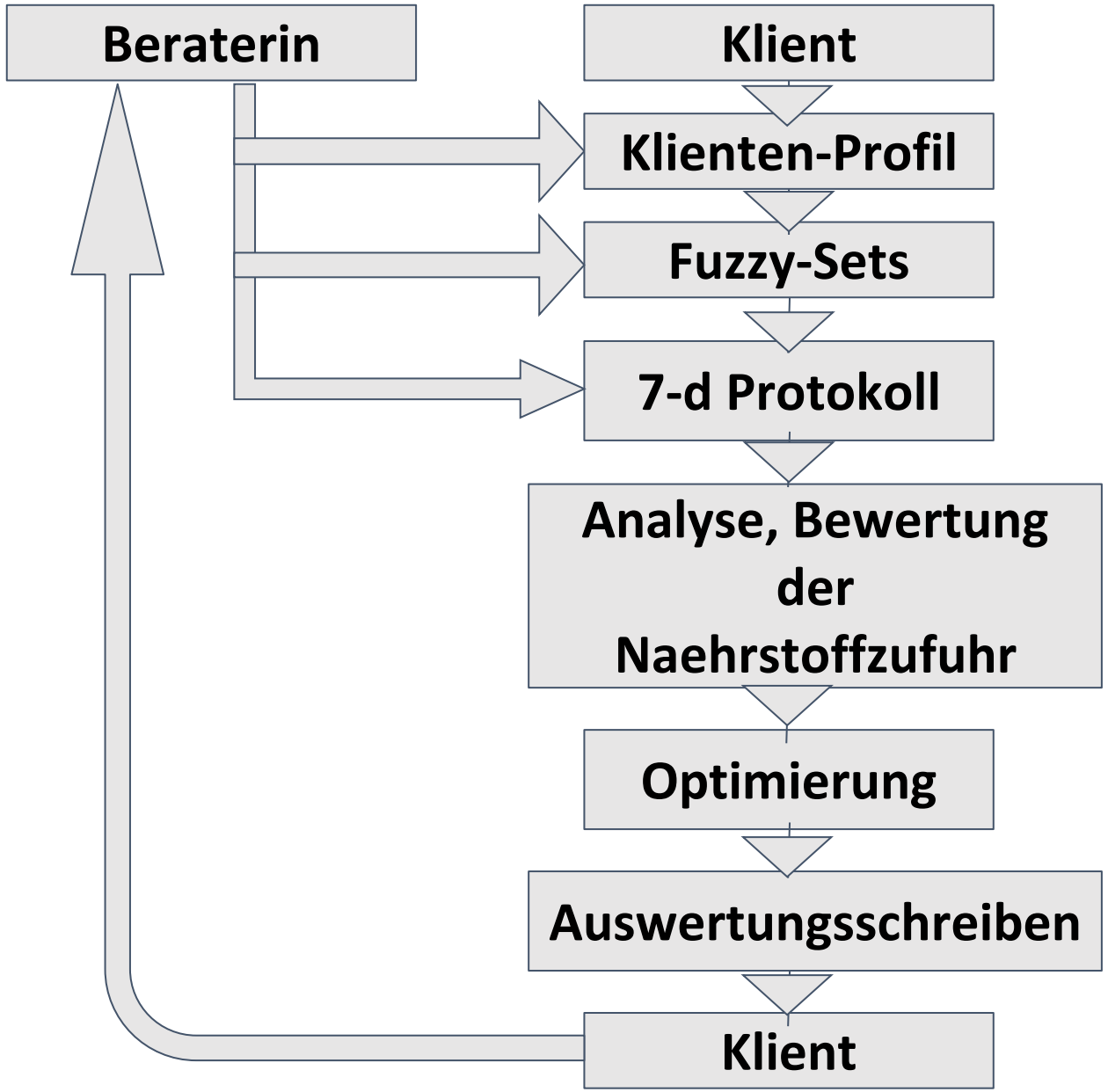
Sonnenblumenöl, Distelöl			Esslöffel 10,0 g
Olivenöl	卌 卌	10	Esslöffel 10,0 g
Jodiertes Salz	III	3	Teelöffel 5,0 g

Weitere Lebensmittel

B	Lebensmittel	Anzahl	Sum	Kücheneinheit
	Zucchini-Auflauf	1	1	450g
	Grünkohl	1	1	150g
	Hirse	II	2	120g
	Saure Gurken	IIII	4	50g
	Kostproben aus			
	VW-Küche:			
	Pilz-Spinat-Lasagne	½	½	240g
	Nudelauflauf	⅓	⅓	350g

Bildquelle: Eigene Abbildung

OptiDiet Algorithmus



Die Analyse ermittelt den Nährstoffgehalt der protokollierten Ernährung. Die Bewertung der Abweichung von dem personalisierten Optimum erfolgt mit KI in Ampelfarben. Die Gesamtbewertung wird mit einem Aggregations-Operator berechnet.

OptiDiet Algorithmus

Beispiel Einzelbewertung der Nährstoffzufuhr

Stoff	Referenz/Tag	Istmenge/Tag	0 - 0,2 0,5 0,8 - 1 + 0,8 0,5 0,2 + 0
Energie + Hauptnährstoffe			
Energie	2100 kcal	2000 kcal	1
"	8600 kJ	8400 kJ	
Brennwert Fett	20 %	31 %	0,89
Fett	47 g	70 g	
Brennwert Kohlenhydrate	60 %	51 %	0,92
Kohlenhydrate	0,3 kg	0,25 kg	
Broteinheiten	25 BE	21 BE	
Brennwert Protein	12 %	13 %	1
Protein	59 g	66 g	
" /Körpergewicht	0,8 g/kg	0,89 g/kg	
Wasser	2,1 l	2,3 l	1

OptiDiet Algorithmus

Vitamine			
Retinoläquivalent	1 mg	2,3 mg	1
ß-Carotin	4 mg	6 mg	0,99
Vitamin D (Calciferol)	5 µg	1,1 µg	0,92
Vitamin E (Tocopherol)	14 mg	25 mg	1
Vitamin K	70 µg	670 µg	1
Vitamin B1 (Thiamin)	1,2 mg	1,6 mg	1
Vitamin B2 (Riboflavin)	1,4 mg	1,6 mg	1
Niacinäquivalent	16 mg	28 mg	0,96
Pantothensäure	6 mg	7 mg	1
Vitamin B6 (Pyridoxin)	1,8 mg	2,4 mg	1
Biotin	60 µg	62 µg	1
Gesamte Folsäure	0,4 mg	0,4 mg	1
Vitamin B12 (Cobalamin)	3 µg	2,1 µg	0,98
Vitamin C (Ascorbinsäure)	0,4 g	0,28 g	1

OptiDiet Algorithmus

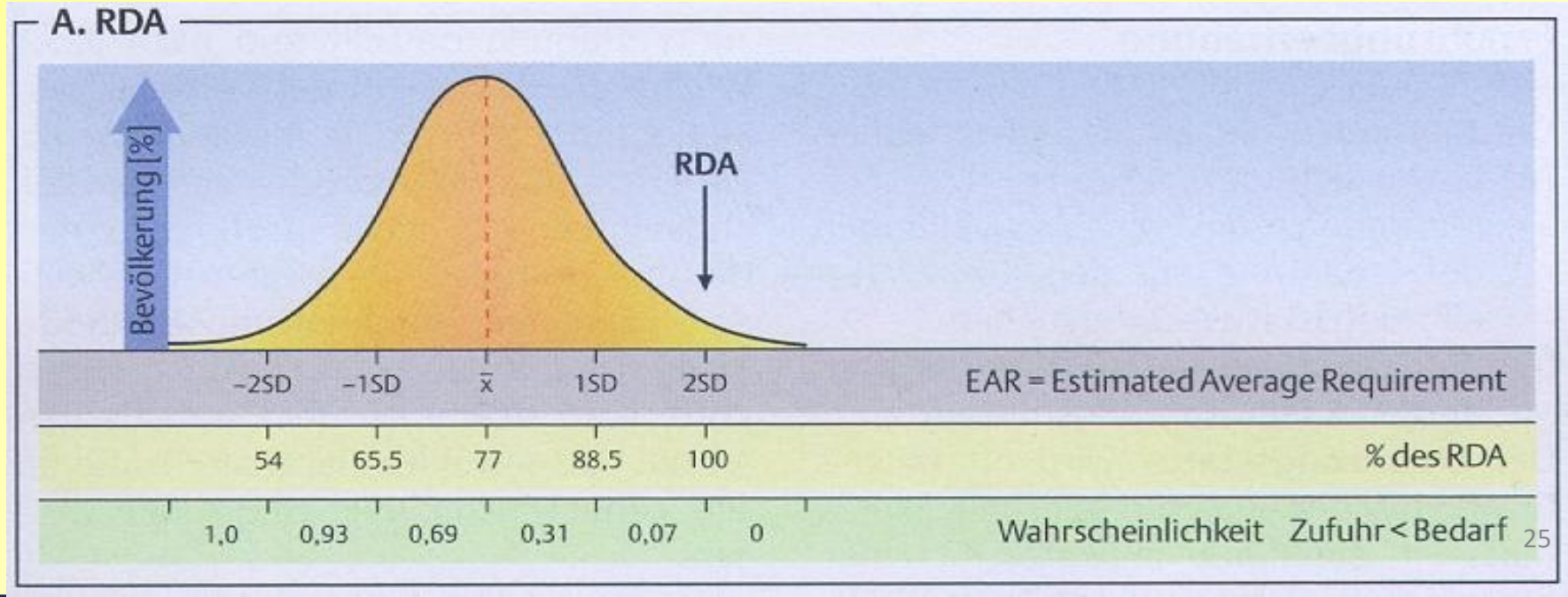
Mineralstoffe			
Natrium	2 g	2,7 g	0,98
Kalium	3 g	4,4 g	0,98
Calcium	0,8 g	1,3 g	0,97
Magnesium	0,35 g	0,59 g	0,95
Phosphor	1,2 g	1,8 g	1
Eisen	10 mg	19 mg	0,92
Zink	10 mg	13 mg	1
Kupfer	1,5 mg	2,7 mg	1
Mangan	3,5 mg	9,1 mg	0,95
Fluoride	3,8 mg	1,5 mg	0,97
Jod	0,18 mg	0,18 mg	1

OptiDiet Algorithmus

Eine Darstellung, die die Abweichung von den Referenzwerten in % angibt, ist auch in OptiDiet möglich.

Sie wird in fast allen Nährwertberechnungsprogrammen angewandt. Dabei sollte aber beachtet werden, dass bei der Herleitung des Referenzwertes das Ziel ist, dass 98% der gesunden Bevölkerung sicher mit dem jeweils betrachteten Nährstoff versorgt wird. Ein Klient, der gesund ist, und die Analyse eine durchschnittliche Versorgung mit dem Nährstoff ergibt, dem wird bei Betrachtung der %-Abweichung eine Unterversorgung bescheinigt. Das führt dann zu völlig überflüssigen Ernährungsempfehlungen.

Die Fuzzy-Bewertung ergibt in diesem Fall eine Bewertung „mit großer Wahrscheinlichkeit gut versorgt“ (grün). Zur Modellierung der gesamten Kurve stützt sich OptiDiet auf die im Detail begründete USA-DRI oder direkt auf Dose-Response Korrelationen. Die anschließend erfolgende Optimierung kümmert sich um die ernsthafteren Schwächen der Ernährung. Sollten sich aber klinische Indizien für eine Unterversorgung zeigen, ist die Aktivierung einer gegensteuernden Diät angesagt. (RDA=US-Empfehlung)

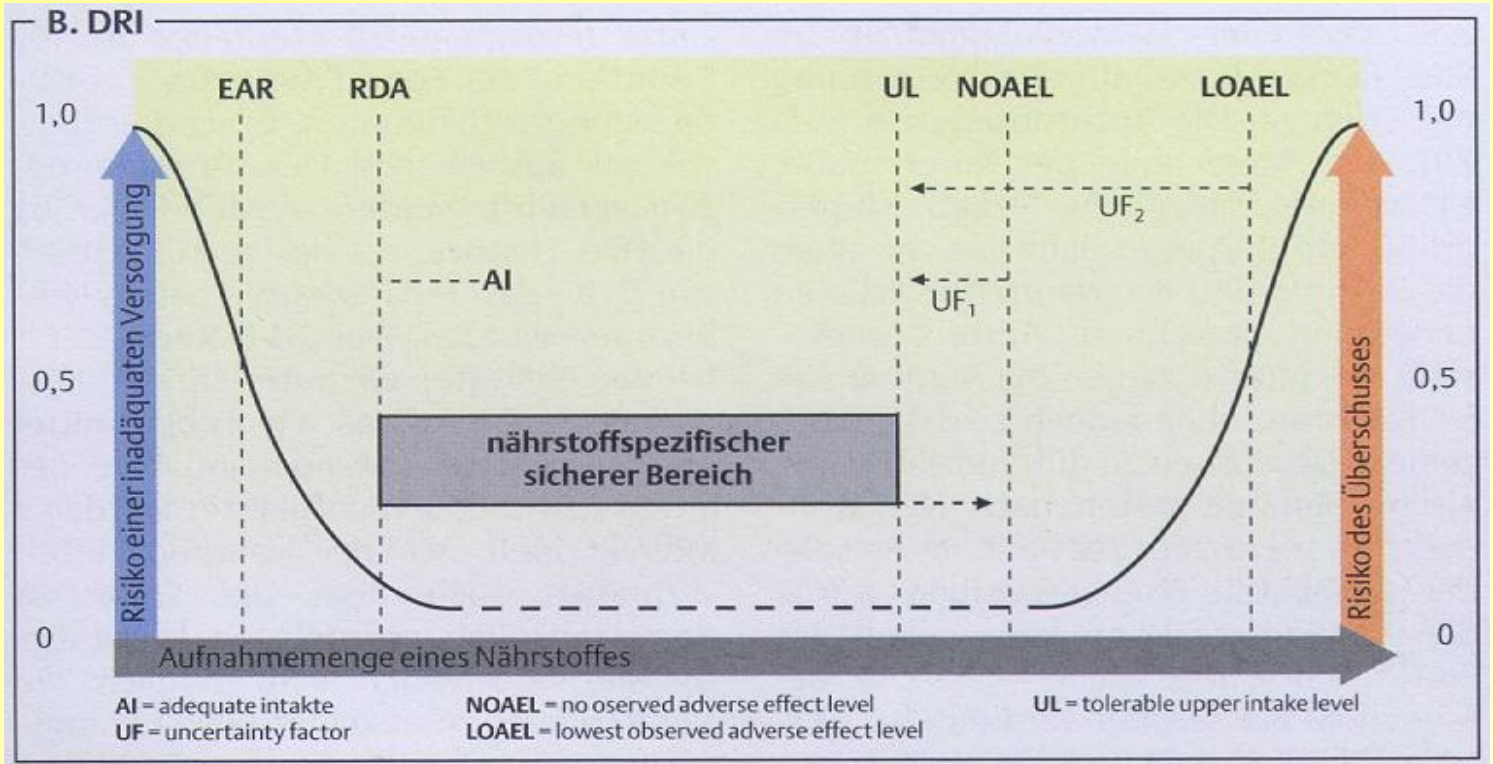


Bildquelle: Bisalski: Taschenatlas der Ernährung

OptiDiet Algorithmus

Ähnliches gilt für die Überversorgung:

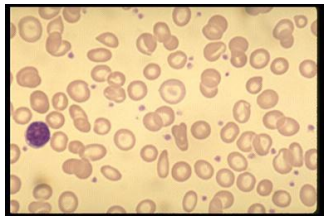
Eine Darstellung, die die Abweichung von den Referenzwerten in % angibt, zeigt häufig eine Überversorgung. Sie bewertet aber nicht, ob diese überhaupt gesundheitlich bedenklich ist. Dies ist von Nährstoff zu Nährstoff unterschiedlich. Ein Zuviel (in %) an gesättigten Fettsäuren ist ganz anders zu bewerten, als dasselbe Zuviel an Vitamin-C! Erfahrene Ernährungsberaterinnen können damit umgehen. Der Fuzzy-Ansatz dagegen bietet eine weitreichendere Hilfestellung und die Basis für eine Optimierung, die Vorschläge für eine Verbesserung der personalisierten Ernährung macht. OptiDiet sollte daher als „decision support“ für eine kompetente Fachkraft angesehen werden, nicht als Ersatz.
Die Problematik der Überversorgung zeigt die folgende Graphik.

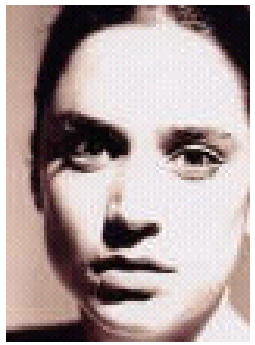


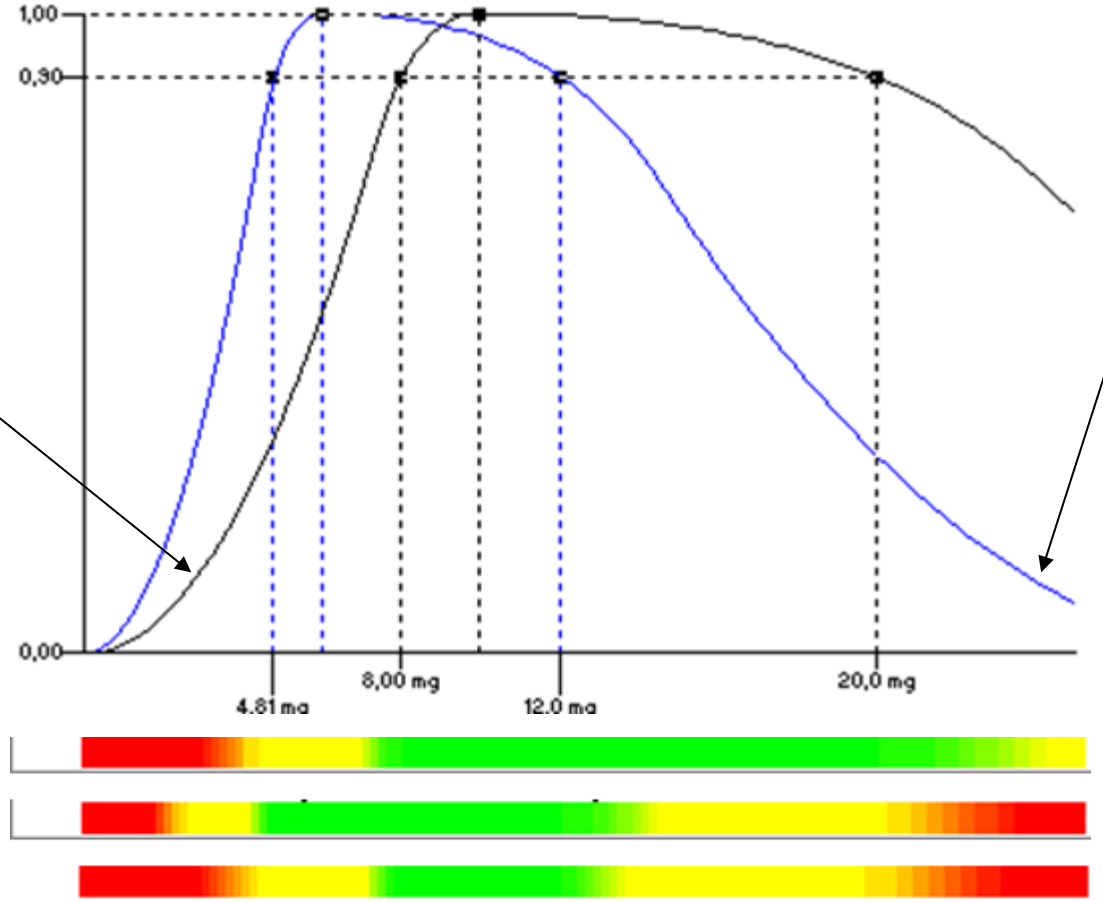
Bildquelle: Bisalski: Taschenatlas der Ernährung

OptiDiet Algorithmus

Fe-Mangelsymptome:
Schleimhautveränderungen
Kopfschmerzen, Schwindel
Müdigkeit
Hypochrome Anämie
Kältegefühl







Eisenüberladung
Hämochromatose
(genetisch)
Therapie:Aderlass

Bewertung der Nährstoffzufuhr (Eisen) für zwei Populationen

Bildquelle: Quirijn van Brekelenkam, Public domain, via Wikimedia Commons, Bildquelle: Rjgalindo, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons

OptiDiet Algorithmus

Personalisierte Bewertung vs. Bewertung auf Populationsebene

Die schwarze Kurve beschreibt die Bewertung der Eisenzufuhr für eine Person, die nicht von Hämochromatose betroffen ist, samt Darstellung eines breiten Farbverlaufes. Die blaue Kurve dasselbe, diesmal aber für eine Person mit Hämochromatose. Der Farbverlauf ist schon deutlich schmaler. Nach wie vor ist Eisen essenziell, aber die empfohlene Zufuhr ist deutlich erniedrigt.

Besteht eine Population jedoch aus Vertretern beider Personenkreise, kommt es zu einem Zielkonflikt, der durch einen für beide Populationen vertretbaren Kompromiss gelöst werden muss. So ergibt sich dann der untere Farbbalken, der noch einmal enger ist, als die beiden anderen.

Verallgemeinert kann gesagt werden, dass Empfehlungen auf Populationsebene deutlich weniger tolerant sind, als es für das Individuum notwendig wäre, und deshalb bei der Ernährungsberatung sehr auf das Individuum eingegangen werden muss (z.B. durch Messungen vieler gesundheitlicher Indikatoren), um nicht unnötige Ernährungs-Verhaltensänderungen empfehlen zu müssen.

OptiDiet Algorithmus

Probleme der Aggregation

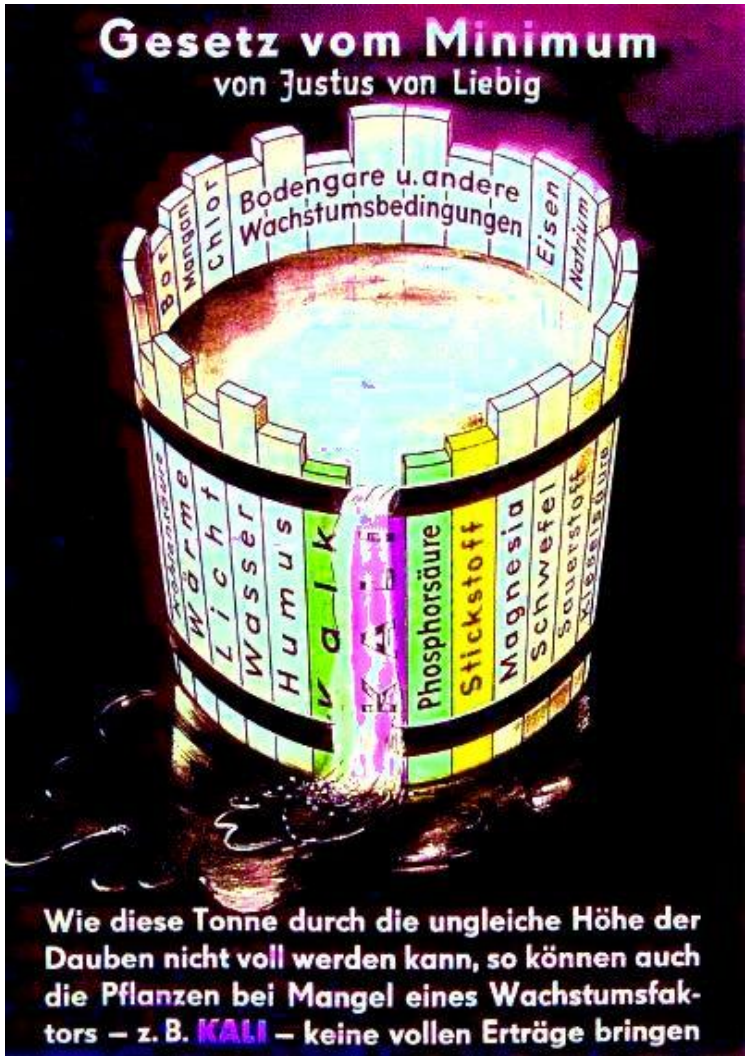
Warum kann nicht einfach ein Mittelwert der einzelnen Bewertungen als Gesamtbewertung genommen werden?

- Eine lebensbedrohliche Versorgung mit einem Nährstoff im ansonsten guten Umfeld würde zu einer guten Gesamtbewertung führen!

Eignet sich dann vielleicht der Minimum-Operator, der ja seit Liebigs-Zeiten aus der Pflanzenernährung bekannt ist?

Schon besser!

Aber es sollte doch noch einen Unterschied machen, ob neben dem Minimum (mit der schlechtesten Bewertung) auch noch weitere Nährstoffzufuhren nicht besonders gut bewertet werden.



Bildquelle: Liebig-Museum, Gießen

OptiDiet Algorithmus

Probleme der Aggregation

Forderungen an einen Aggregation Operator:

- Kommutativität, d.h. die Aggregation ist unabhängig von der Reihenfolge x*y=y*x.
- Monotonie, d.h. x*y<z*w falls x<z und y<w
- Assoziativität, d.h. Unabhängig von Klammerung (x*y)*z=x*(y*z).
- Neutrales Element, d.h. x*1=x
- Vernichtendes Element, d.h. x*0=0

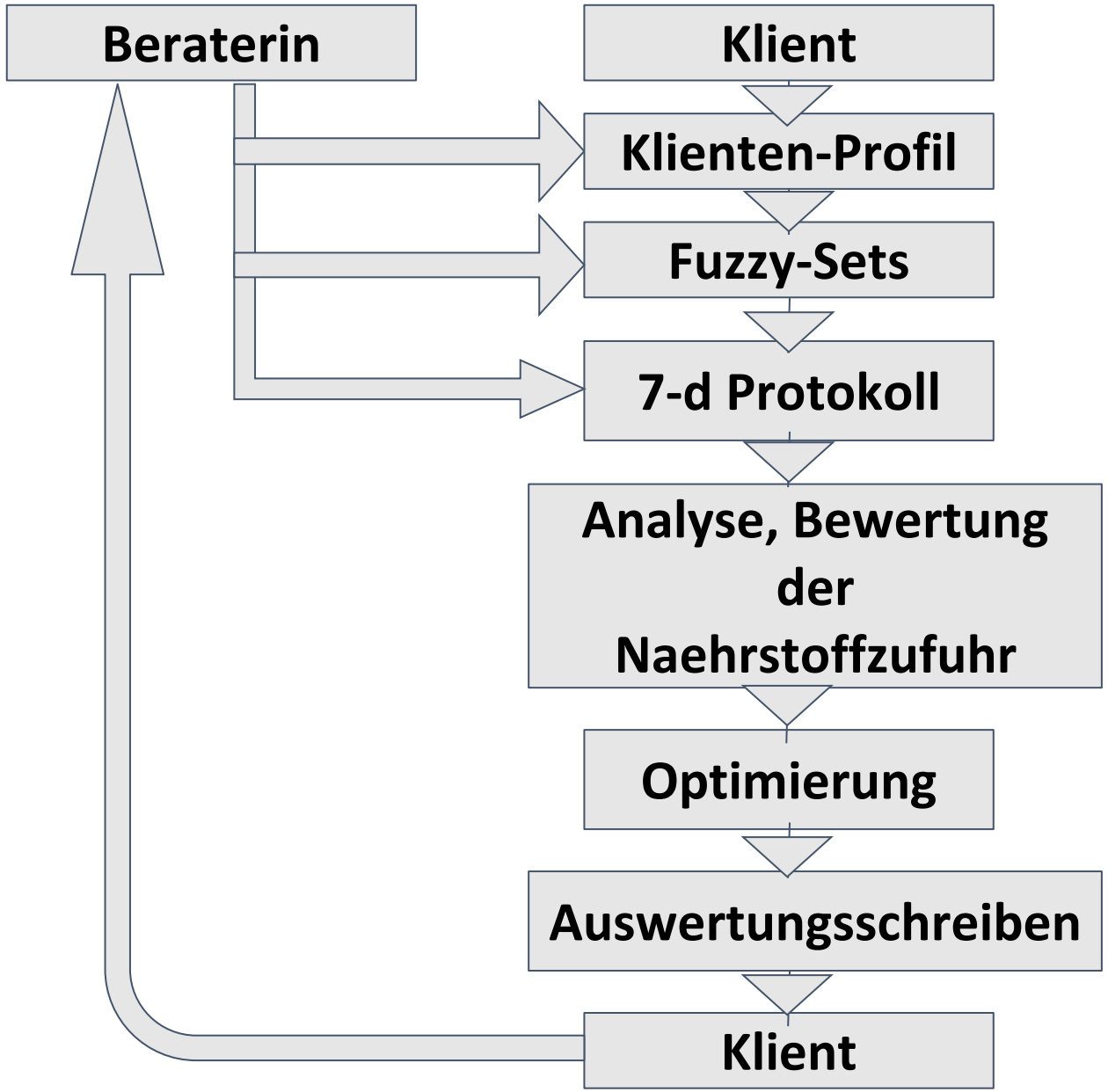
Dies erfüllen die sogenannten t-Normen (Abbildung des zweidimensionalen [0,1] Intervalls in das eindimensionale). Wegen der Assoziativität also auch des n-dimensionalen in das eindimensionale [0,1] Intervall (Aggregation).

Für die Ernährungsberatung und -optimierung hat sich der Schweizer-3-Operator bewährt:

$$T(x, y) = 1-[(1-x)^{p} + (1-y)^{p} – (1-x)^{p} * (1-y)^{p}]^{1/p} \quad p>0$$

Die Assoziativität erlaubt eine sehr einfache rekursive Programmierung.

OptiDiet Algorithmus



Ziel der Optimierung sind möglichst kleine Änderungen im Protokoll mit größtmöglicher Verbesserung der Gesamtbewertung (KI, genetische Algorithmen).

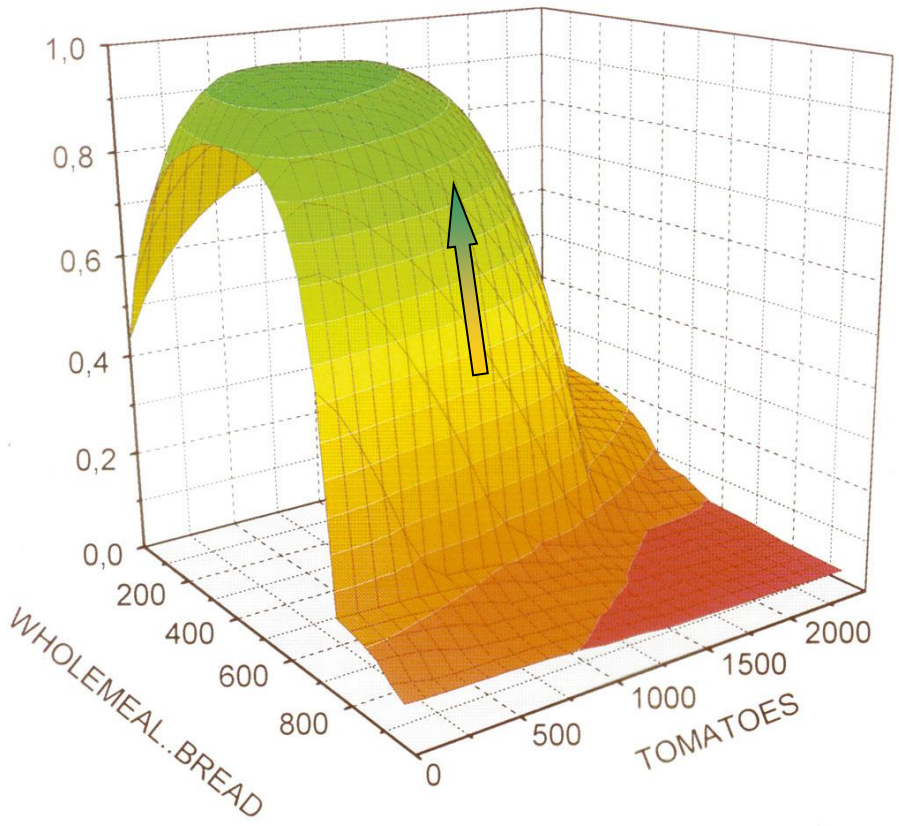
OptiDiet Algorithmus

Die Optimierung

Die sich aus der Gesamtbewertung ergebende „Ernährungslandschaft“ hat bei den 140 üblichen Lebensmitteln aus dem Ernährungsprotokoll dann auch 140 Dimensionen! Da den richtigen Weg zu finden, ist eine komplexe Aufgabe, auch wenn die Topografie dieser Landschaft stetig, also ohne Sprünge und Knicke ist.

Für zwei Lebensmittel lässt sich diese Landschaft zeichnen und das Optimierungsprinzip erklären.

Die Aufgabenstellung verlangte ja eine Verbesserung der Gesamtbewertung mit minimalen Veränderungen im individuellen Ernährungsverhalten. Optimierung heißt deshalb, in kleinen, akzeptablen Schritten in dieser Landschaft bergauf zu gehen. Schritte werden in der sogenannten Hamming-Distanz gemessen (Kücheneinheiten).



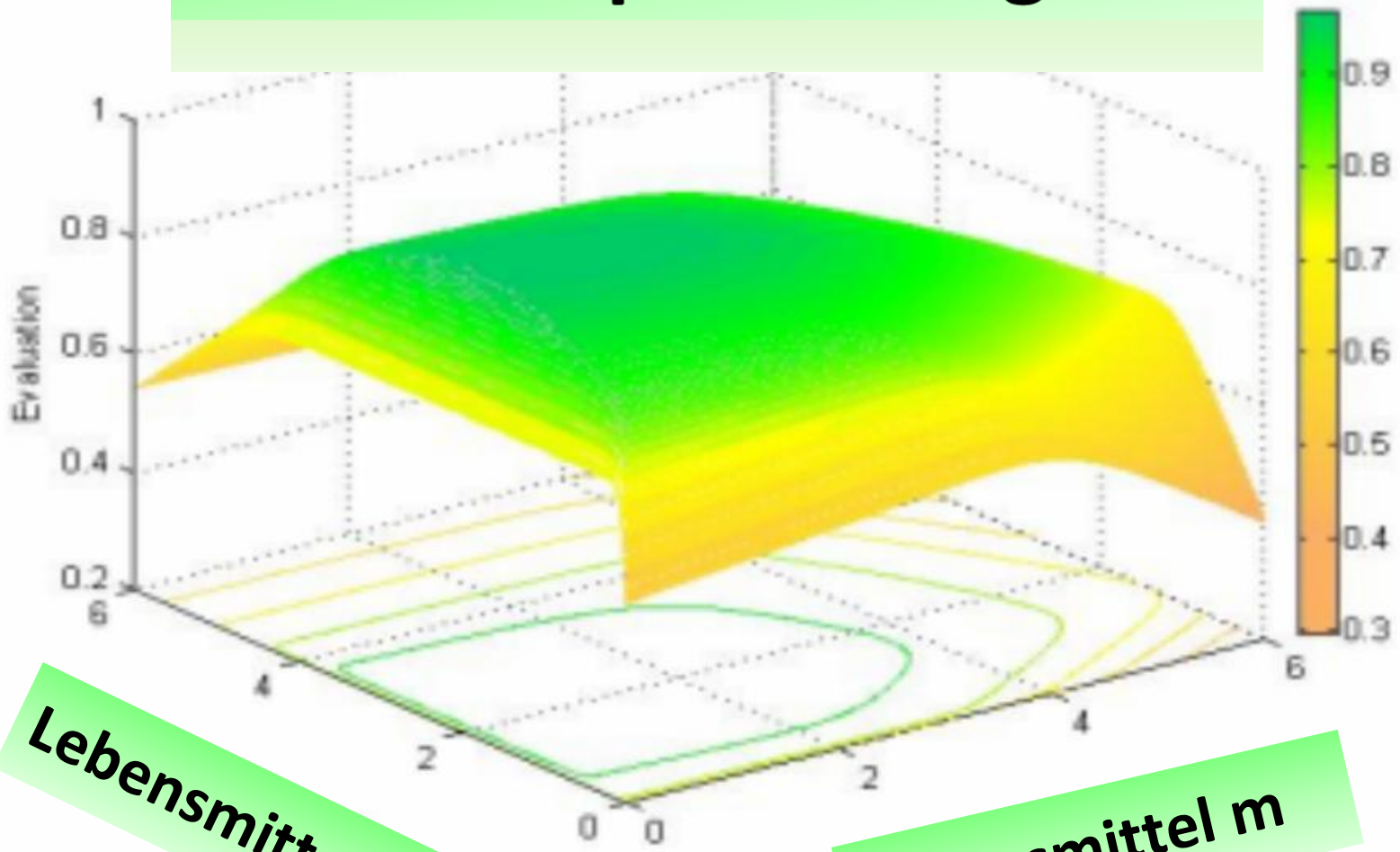
OptiDiet Algorithmus

Die Optimierung

Aus der Praxis kann berichtet werden, dass die meisten Ernährungsprotokolle eine Gesamtbewertung im gelben, also noch nicht zufriedenstellenden Bereich ergeben. Da die Landschaft hier jedoch recht steil ist, heißt das aber auch, dass schon wenige kleine Änderungen eine deutliche Verbesserung der personalisierten Ernährung bewirken. Bei Gesamtbewertungen von über 0.8, also im Gut-Bereich, wird der Anstieg immer flacher und schließlich mündet er im Hochplateau.

OptiDiet Algorithmus

Die Optimierung



OptiDiet Algorithmus

Die Optimierung

Übrigens zeigt diese Grafik auch einen kritischen Aspekt, der bei einer Linearen Optimierung mit der Hamming-Distanz als Zielfunktion auftritt:
Ein Lösungsalgorithmus wie der Simplex-Algorithmus endet sobald die offiziellen Nährstoffempfehlungen erreicht werden. Das ist immer ein Punkt, für mindestens einen Nährstoff, am Rande der zugelassenen Intervalle. Dieser Punkt am Rande des grünen Bereiches in unserer Ernährungslandschaft ist aber nicht das gesundheitliche Optimum! Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass eine winzig kleine Änderung im Ernährungsverhalten (diesmal in mg) in die falsche Richtung aus dem zugelassenen Intervall herausführt.

Das passiert beim Fuzzy-Ansatz nicht. Die Bewertung wird nur schlechter und die Bewertung rutscht ein wenig in den gelben Bereich.

OptiDiet Algorithmus

Die Optimierung

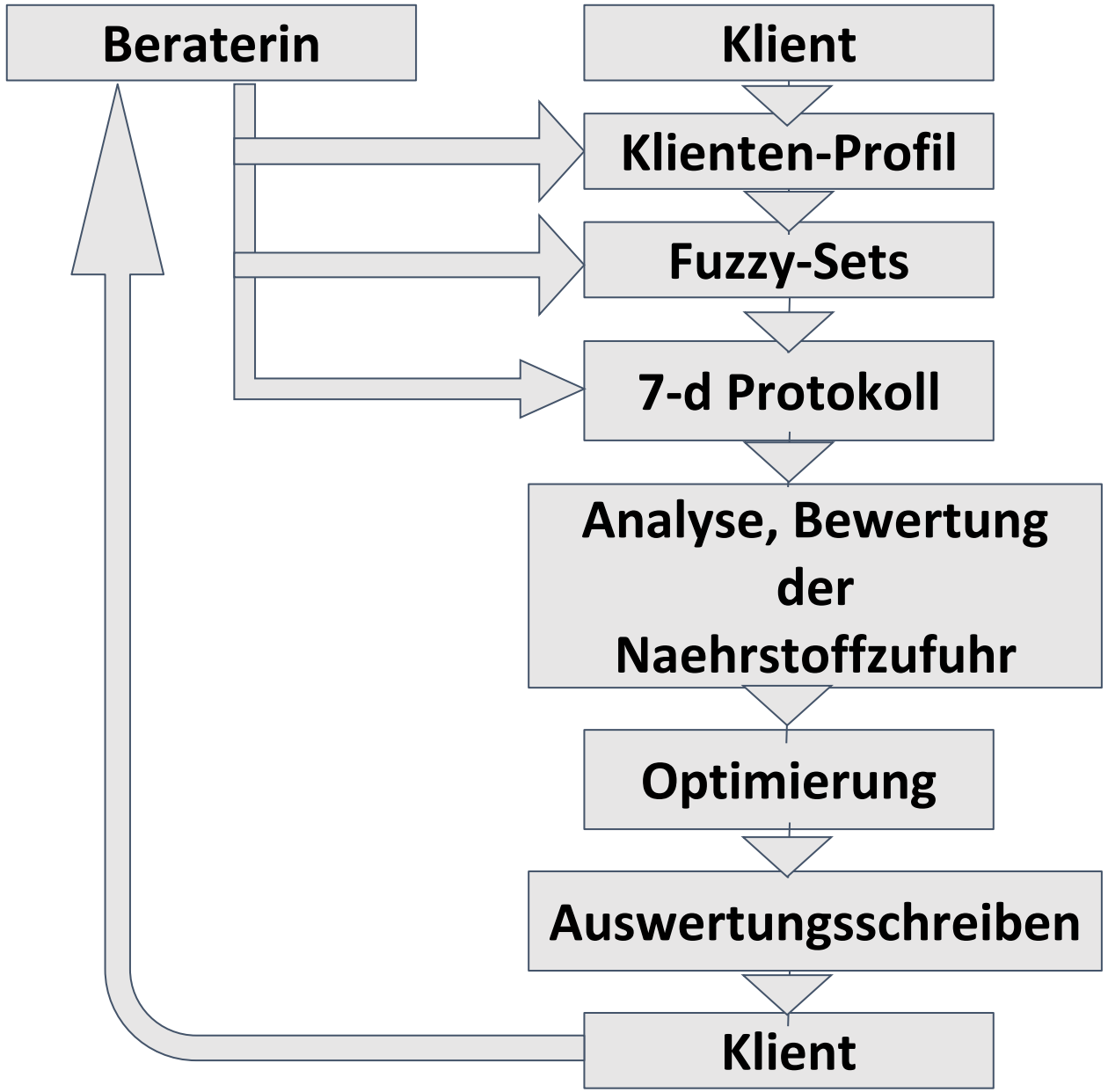
Genaugenommen beschreibt die Anwendung von Linearer Optimierung in der Ernährung schon im Ansatz nicht die Wirklichkeit eines biologischen Systems. Die starren Grenzen (Nebenbedingungen) führen dazu, dass wenige mg Zuviel oder Zuwenig aus dem „erlaubten“ in den „verbotenen“ Raum führen. Besonders bei einer unscharfen Ausgangsdatenlage ist dies unphysiologisch, führt zu einer Landschaft voller Klippen und somit zu einem chaotischen Verhalten.

Die Lösungsalgorithmen bleiben am Rand stecken, von den paradiesischen Hochplateau kriegen sie nichts mit.
Betrachtet man diese Landschaft in der Nähe des Optimums genauer, so kann eine Plateaustruktur erkannt werden.

Das Erreichen dieses Plateaus hat sehr viele Vorteile. Es ähnelt sehr den Ernährungsstrukturen, die schon ewig von Lebensreformern und Vertretern der Vollwerternährung durch Erfahrungswissen, ohne Computer und KI propagiert wurden.

Diese wurden gerne von Ernährungswissenschaftlern als „unwissenschaftlich“ abgetan. Ob aber ein unpassender Ansatz allein durch die Überschrift „Wissenschaftliche Grundlagen“ zur Wissenschaft wird, bleibt anzuzweifeln.

OptiDiet Algorithmus



Überführung der Empfehlungen in einen Textgenerator

OptiDiet Algorithmus

Das Auswertungsschreiben

Das Auswertungsschreiben dient der Kommunikation mit dem Klienten.

Es konzentriert sich auf die Nährstoffe, deren Bewertung schlecht ist und die Lebensmittel, die dafür verantwortlich sind.

Wie bei Klopps Algorithmus werden die Schwächen in der eigenen Ernährung analysiert. Werden Mängel oder Überversorgung festgestellt, macht die Optimierung eigene Vorschläge, durch welche Lebensmittel (Reduktion oder Erhöhung der Zufuhr) die Versorgung mit den Nährstoffen verbessert werden kann, ohne dass auf der anderen Seite die Versorgung mit anderen Nährstoffen verschlechtert wird. Dies ist nämlich ein häufiger Fehler bei rein manueller Empfehlung.

Sollte die Beraterin Mängel entdecken, die durch die im Protokoll vorgegebenen Lebensmittel nicht behebbar sind, helfen Such- und Hilfsfunktionen, im gesamten BLS, der auch um eigene Produkte erweitert werden kann, das Richtige zu finden.

Das Auswertungsschreiben wird mittels der linguistischen Interpretation automatisch durch einen Textgenerator erstellt und in ein einfaches Word-Dokument überführt. Es kann die Beraterin darin Änderungen vornehmen oder Ergänzungen anfügen.

OptiDiet Algorithmus

Ablauf in der Praxis

- 1. Termin: Anamnese, Festlegung des Klienten-Profils. Aufklärung über Einflussgrößen und Zusammenhänge. Anleitung zum Ausfüllen des 7-d-Protokolls.
- 2. Termin +7d: Eingabe der Summen aus dem 7-d-Protokoll, Auswertung, Erläuterung. Interaktive Optimierung, Auswertungsschreiben.
- 3.Termin +90d: wie 2. Termin mit Anpassung des variablen Klienten-Profils, des Diäten-Profils, der Fuzzy-Set-Profile.

Nach mehreren Durchläufen dieses Algorithmus entsteht eine Historie, die bei Kooperation des Klienten zu einer am Erfolg rückgekoppelten personalisierten Ernährung führt.

OptiDiet Algorithmus

Beispiel

- Klient: m, übergewichtig, Bluthochdruck, erhöhte Cholesterinwerte, bewegungsarm.
- Beraterin: aktiviert die Diäten Reduktionsdiät, natriumarm, cholesterinsenkend und empfiehlt etwas mehr Bewegung
- Die Fuzzy-sets (Bewertungskurven) stellen sich automatisch ein.
- Der Klient füllt gewissenhaft 7-d-Protokoll real-time aus.
- Die Beraterin übernimmt nur die Summen. Die Analyse zeigt zu hohen Kalorienverzehr, zu salzige Kost, falsches Verhältnis von Fett zu Kohlenhydraten, zu wenig Ballaststoffe, zu viel Alkohol.
- Die Optimierung empfiehlt eine Handvoll Änderungen im Wochenverzehr (z.B. eine Bratwurst und ein Bier weniger, dafür deutlich mehr Gemüse und Obst).

Befolgt der Klient das ein Quartal lang, sind alle Werte verbessert, aber vielleicht noch nicht optimal. Dann ist eine weitere Runde notwendig.

OptiDiet Algorithmus

Kurz gefasst:

Der OptiDiet - Algorithmus ist also ein iterativer Näherungsalgorithmus, der mit kleinen Änderungen im Verzehr ohne radikale Umstellung dem personalisierten Optimum Schritt für Schritt näher kommt. Dies ist jedoch kein Zielpunkt, sondern ein variantenreiches, stabiles, fehlertolerantes Plateau (s.o.).

OptiDiet Algorithmus

Anwendung Ernährungsoptimierung im Leistungssport

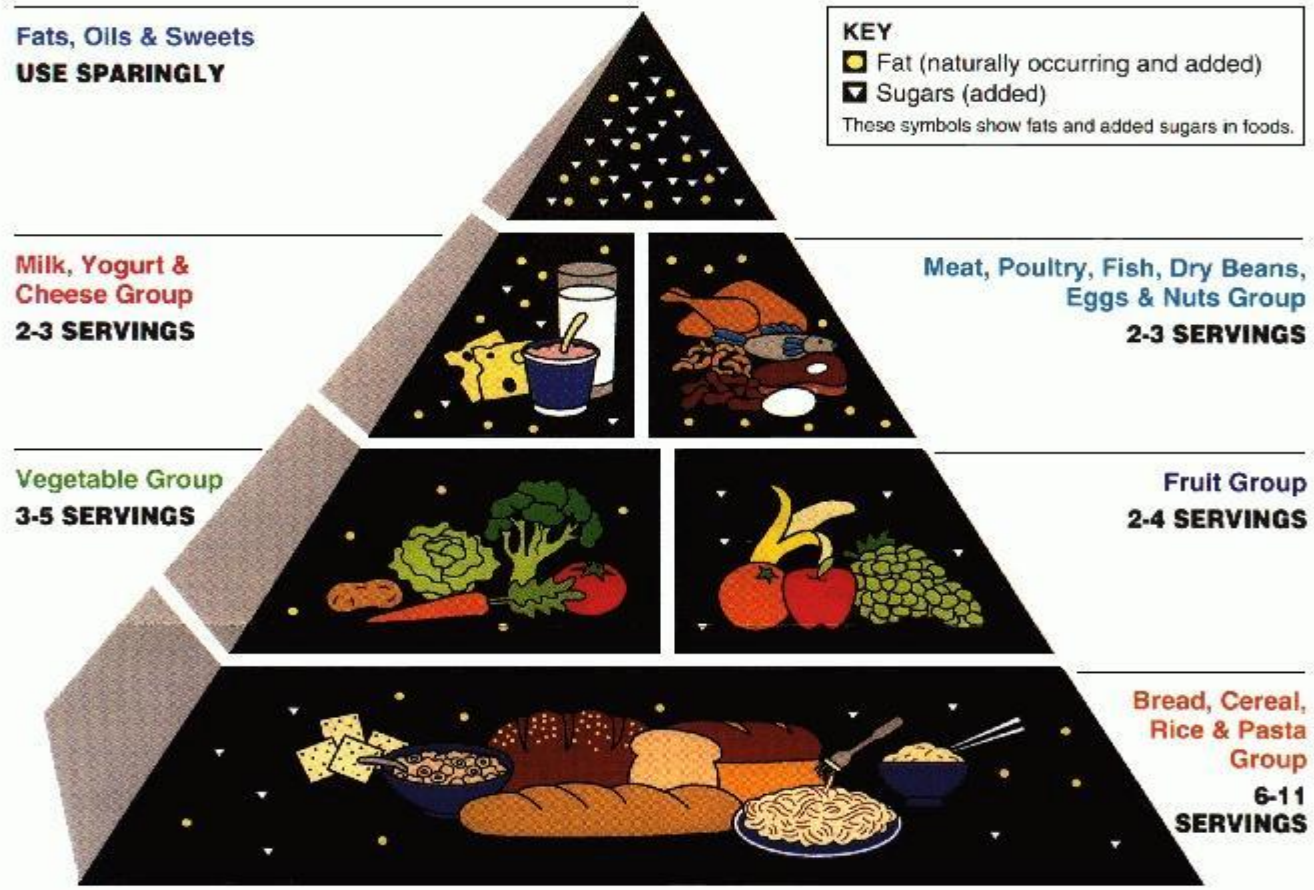
- Untersuchungen an der Uni Leipzig und an der Sporthochschule Köln:
  - Wichtigkeit vom Timing, Unterscheidung von Vortraining, Training, Nachtraining.
  - Nährstoffzufuhr-Empfehlungen für alle Sportarten, verschiedene Intensitäten und verschiedene Phasen.
  - Anwendung von OptiDiet bei Fußballclubs, Fitness-Studios und an den Olympiazentren.
  - Beispiel: Vermeidung von schweren, fettreichen Mahlzeiten vor dem Training.
  - Anwendung auch im Polizeidienst und bei der Bundeswehr.

OptiDiet Algorithmus

Anwendung Ernährungsoptimierung in einer App

Um das Thema „gesunde Ernährung“ intuitiv in die Breite zu tragen, werden in fast allen Ländern neben Empfehlungen auf Nährstoffebene auch Empfehlungen auf Lebensmittelebene ausgegeben.

Dies geschieht meist in Form von Ernährungspyramiden (hier die vorletzte USDA-Version):



Bildquelle: USDA

OptiDiet Algorithmus

Anwendung Ernährungsoptimierung in einer App

Oder wie in Deutschland von der DGE als Ernährungskreis:

Bildquelle: DGE

OptiDiet Algorithmus

Anwendung Ernährungsoptimierung in einer App

Inspiriert von dieser Darstellung, wurde 2012 ausgehend von den im Kreis abgebildeten zehn Lebensmittelgruppen, durch OptiDiet für einen Referenzmann eine Optimierung durchgeführt, und als Kreisdiagramm in einer App (Food-Navi) dargestellt.

Die Skalierung auf andere Personengruppen erfolgte bei Beibehaltung der Darstellung über die Energie.

Die Ähnlichkeit mit dem DGE-Ernährungskreis fällt sofort ins Auge.

Für Vegetarier und Veganer wurde ein eigener Ernährungskreis durch OptiDiet ermittelt, ebenso exemplarisch für einige Diäten.

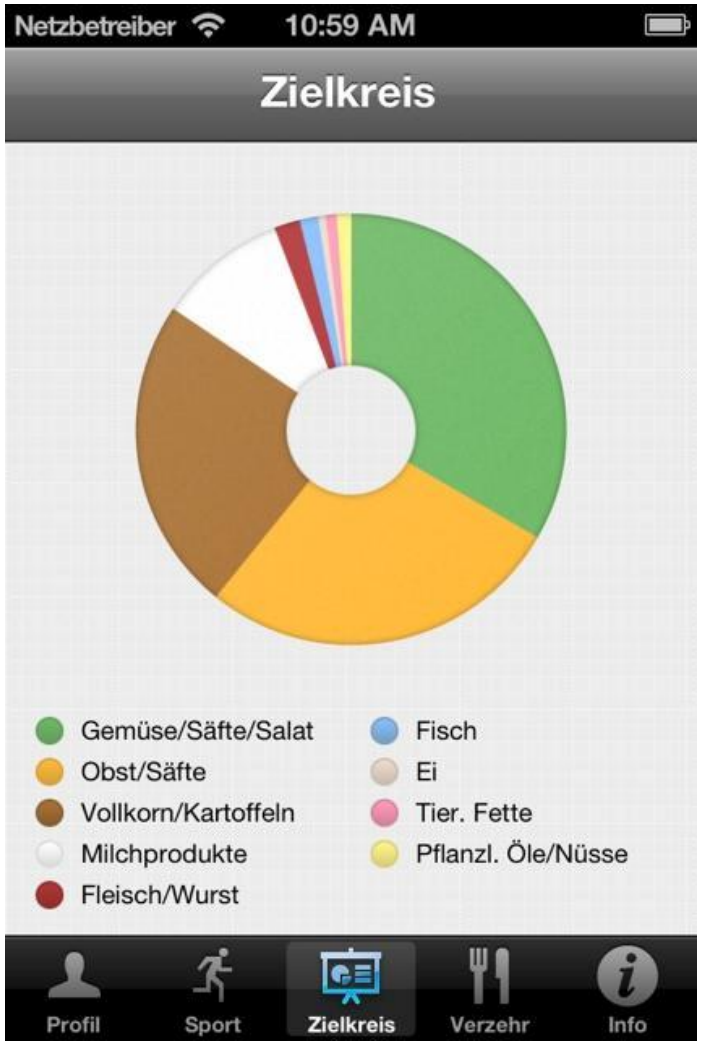


Bild Quelle: Eigenes Bildmaterial

OptiDiet Algorithmus

Anwendung Ernährungsoptimierung in einer App

Die Eingabe der Verzehrsmengen erfolgt entweder über ein Zahlenrad, oder besser bei jeder Mahlzeit real-time durch Klicken auf den + Button pro Portion.

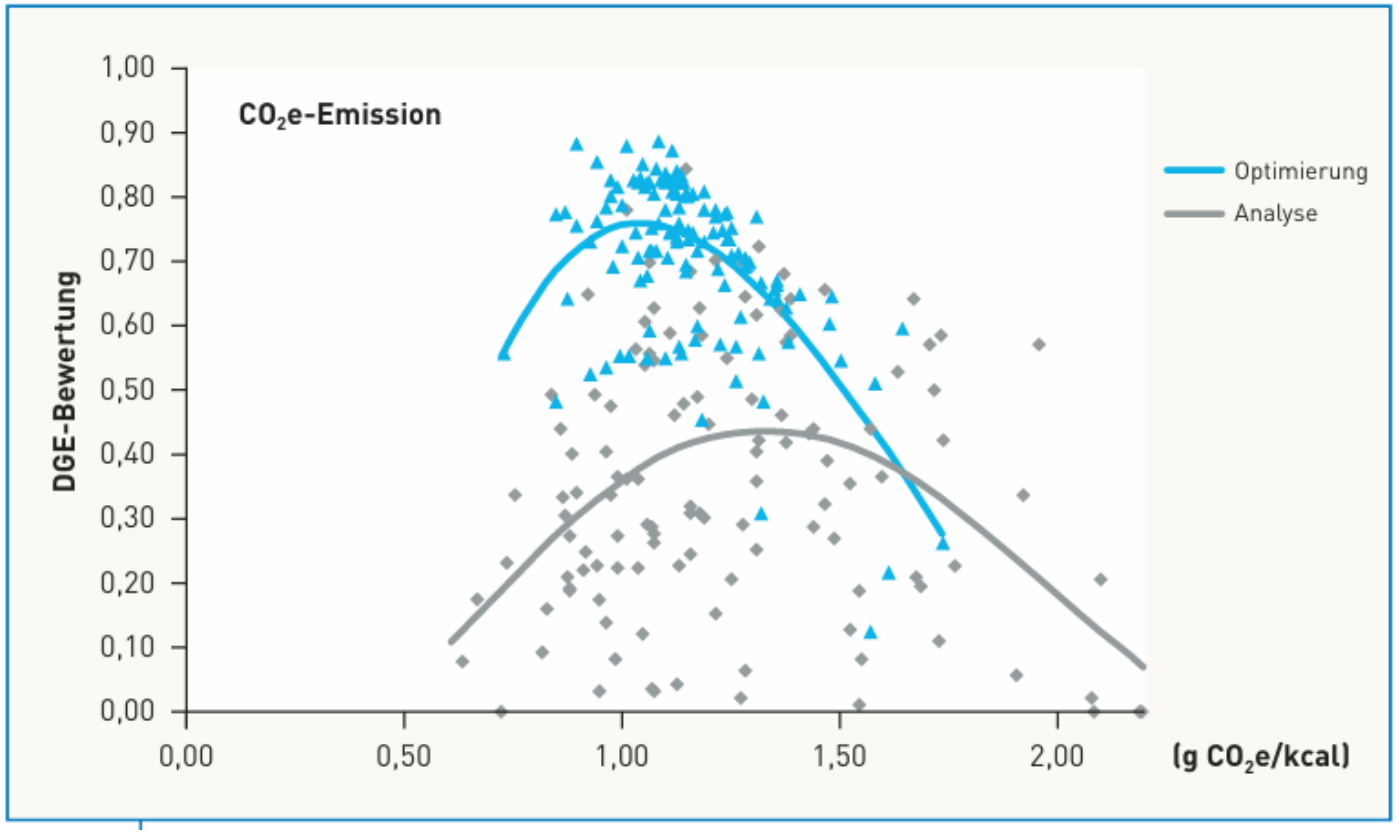
Durch die Anzeige des Farbverlaufes für Lebensmittel aus dieser Gruppe ist intuitiv erkennbar, ob ein Mehr oder Weniger zur Verbesserung oder Verschlechterung der Bewertung beiträgt.

Aus der Gesamtbewertung durch Fuzzy-Aggregation wurde ein Scoringsystem (von 0-100) berechnet, was für den Laien einleuchtender und mit dem Healthy Eating Index (HEI) vergleichbar ist.

Bild Quelle: Eigenes Bildmaterial

OptiDiet Algorithmus

Anwendung OptiDiet Algorithmus für nachhaltige Ernährung



Bildquelle: Ernährungsumschau 2010

OptiDiet Algorithmus

Ernährung und Umweltschutz

Am Tag der Nachhaltigkeit 2010 wurden im Mathematikum in Gießen von den dort reichlich vorhandenen Ökotrophologinnen die Verzehrs Protokolle von sechs Schulklassen und Lesern der Lokalpresse auf Konsistenz selektiert. Phantasieprotokolle wurden verworfen.

Der brauchbare Rest wurde ausgewertet und optimiert. Für die Lebensmittel des Protokolls wurde der CO_2-Fussabdruck ermittelt und das zugehörige Fuzzy-Set festgelegt.

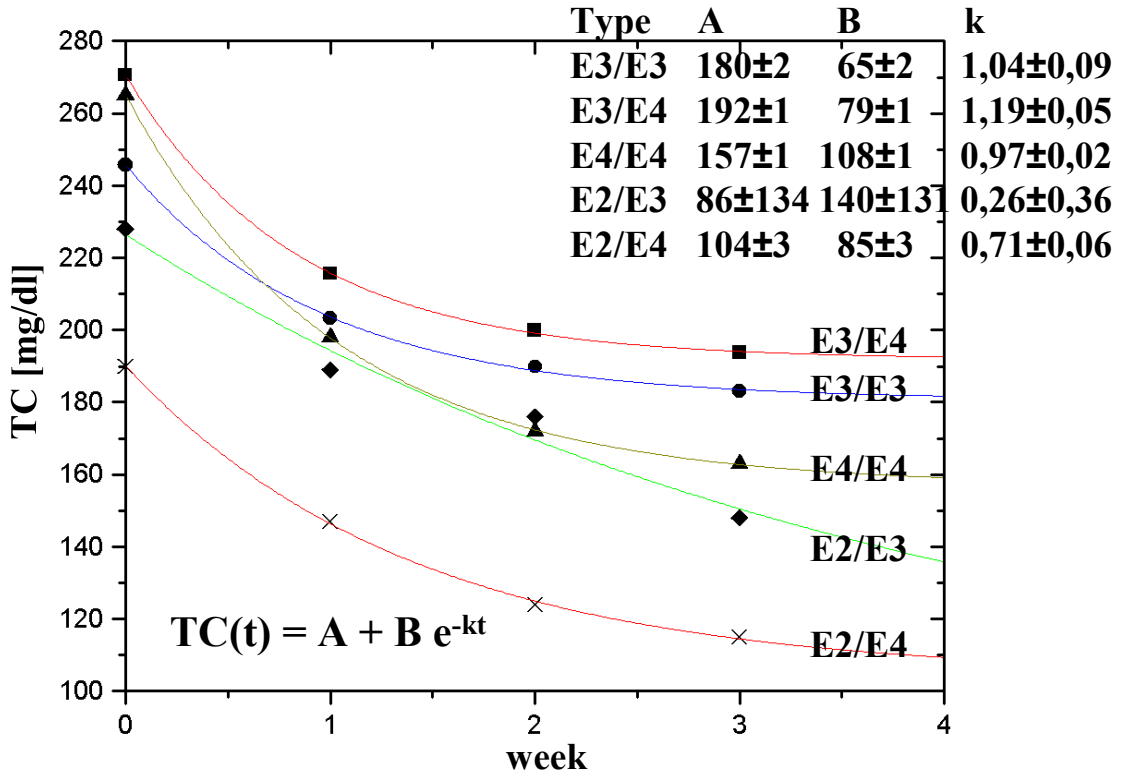
Die Analyse durch OptiDiet (damals als DGE-PC-professional im Einsatz) ergab das übliche Bild mit meist zu viel Energie, zu viel Fett, besonders zu viel gesättigte Fettsäuren, zu wenig Ballaststoffe, mit starker Streuung bei der Korrelation zwischen CO_2-Fussabdruck und DGE-Bewertung (Graue Punkte).

In einem Schritt, mit nur wenigen Änderungen im 7-d-Protokoll, erreichte die Optimierung eine meist gute Gesamtbewertung mit einem gleichzeitig verbesserten CO_2-Fussabdruck mit deutlich geringerer Streuung (blaue Punkte).

Fazit: Gesunde Ernährung und Umweltbelastung widersprechen sich nicht!
Ganz im Gegenteil hilft eine gesunde Ernährung dabei, die Umwelt zu schonen.

OptiDiet Algorithmus

Anwendung OptiDiet Algorithmus bei einer Kur "Cardiovaskuläre Vorsorge" zur Senkung von Cholesterin-Werten



Abklingkurven nach ApoE-Genotypen

OptiDiet Algorithmus

Anwendung des OptiDiet Algorithmus bei einer Kur

Bei der dreiwöchigen Kompaktkur (cardiovaskuläre Vorsorge) kam der OptiDiet Algorithmus derart zum Einsatz, dass Woche für Woche ein Speiseplan mit Variationsmöglichkeiten nur in den Mengen der verzehrten Speisen (kleine, mittlere und große Portionen) für jeden Kursteilnehmer individuell durch den Optimierungsalgorithmus ermittelt wurde. Bestandteil der Kur war auch ein mit Sportmedizinern abgestimmtes Bewegungsprogramm zur Verbesserung des HDL/LDL-Verhältnisses.

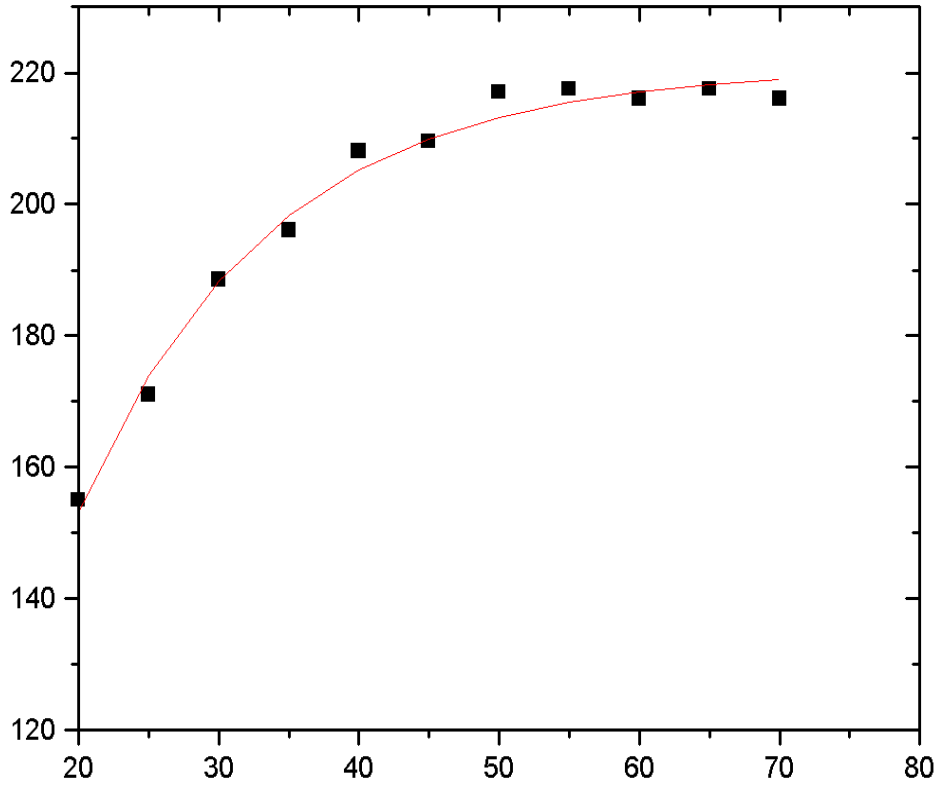
Als ein deutlicher Marker für das cardiovaskuläre Risiko wurde Gesamtcholesterin TC aber auch HDL, LDL, TRI und GLU im Kapillarblut der Fingerspitzen gemessen.

Da die Abhängigkeit des therapeutischen Erfolges von den Genotypen des APO-E ermittelt werden sollte, wurde die Genotypisierung erst nach der Kur durchgeführt, um die Studie auf diese Weise doppel-blind zu gestalten. Dies wurde in drei aufeinanderfolgenden Jahren mit insgesamt 80 Teilnehmern in einem Kur-Hotel im Ostseebad Prerow durchgeführt.

Bei allen Genotypen erfolgte eine fast 30% Absenkung der Cholesterinwerte und somit deutlich verbundenes, niedrigeres Risiko für cardiovaskuläre Erkrankungen (Herzinfarkt, Schlaganfall). Diese Absenkung geht weit über Lehrbuchwissen hinaus. In den führenden Lipid-Fachbüchern wird eine Absenkung der Cholesterinwerte um maximal 10% durch Lebensstiländerungen beschrieben. Auf einem Lipidkongress in Leipzig wurden diese Ergebnisse vorgetragen und in der Diskussion festgestellt, dass selbst für Fachleute es neu war, dass die Lipidwerte so schnell so stark gesenkt werden können.

OptiDiet Algorithmus

Der Anstieg der Cholesterinwerte mit dem Alter folgt einer Infusionskurve.



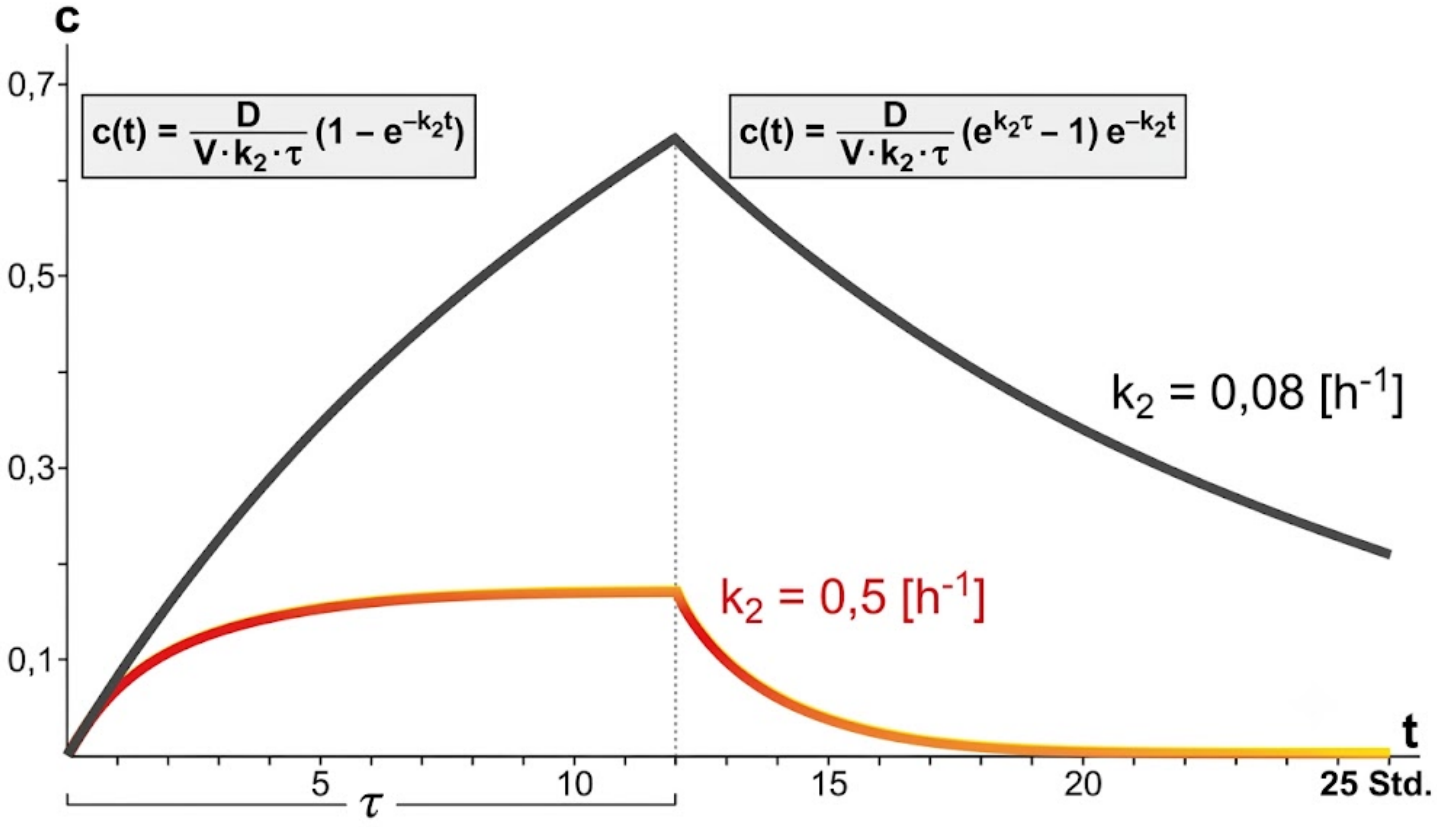
Veränderung von Serum-Cholesterin mit dem Alter für Männer > 20 Jahre (Infusionskurve)

$TC(t) = A - B\, e^{-kt}$, A=220±2; B=295 ±45; k=0,074 ±0,008

OptiDiet Algorithmus

Die Absenkung der aus der Pharmakokinetik bekannten exponentiellen Abklingkurve nach Absetzen eines Medikamentes.

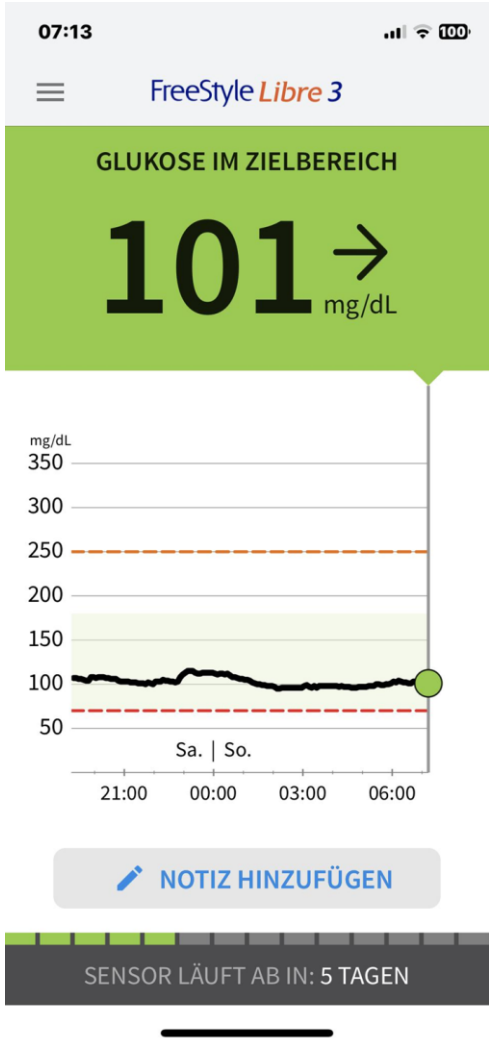
So gesehen war die Kur nichts anderes als das Absetzen der Zufuhr z.B. von gesättigten Fettsäuren und Nahrungscholesterin aus der Alltagsernährung der Teilnehmer!



Infusions- und Abklingkurven aus der Pharmakokinetik

OptiDiet Algorithmus

Eigenversuch: OptiDiet Algorithmus bei Diabetes



Bei Diabetes kommt es darauf an, zum richtigen Zeitpunkt die Dosis von Insulin zu spritzen, die für die Verwertung der zugeführten Kohlenhydrate notwendig ist. Ein Zuwenig kann zu überhöhten Blutzuckerwerten, ein Zuviel zu Unterzuckerung führen. Ein in der Dosis oder im Timing fehlerhaftes Verhalten führt zu zum Teil extremen Schwankungen des Blutzuckers.

Um den Diabetes Patienten die Lebensqualität zu erhalten, wird meist empfohlen, das geliebte Essverhalten beizubehalten und nur die Insulindosis und das Timing des Spritzens anzupassen.

Dass auch die Ernährung eine sehr effiziente zusätzliche Stellgröße sein könnte, darauf deutet dieser Selbstversuch (Screenshot links, Diabetiker, IIT) hin. Ausgehend vom üblichen Ernährungsverhalten wurde der glykämische Index mit berücksichtigt und gleichzeitig die Kalorienzufuhr beim Abendessen reduziert (Intervallfasten).

Bei sehr disziplinierter Einhaltung dieser Vorgehensweise lässt sich der Tagesverlauf glätten und der wichtige HbA1C-Wert in den Norm-Bereich drücken.

OptiDiet Algorithmus

Volkswirtschaftliche Bedeutung des OptiDiet Algorithmus

- Kosten für medizinische Leistungen gehen 2026 auf fast 370 Milliarden Euro hoch, mit einer Finanzierungslücke von bis zu 14 Milliarden Euro!
- Ärzte und Krankenhausvertreter sind schnell dabei, höhere Zuzahlungen oder Eintrittsgeld für Arztpraxen zu fordern.

Die Politik und Krankenkassen hingegen halten das für den falschen Weg und haben die großen Ausgabenblöcke in Kliniken und Arzneimitteln im Visier.

OptiDiet Algorithmus

Volkswirtschaftliche Bedeutung des OptiDiet Algorithmus

- Wird daran gedacht, dass mehr als ein Drittel der Kosten eine Beziehung zu ungünstigem Lebensstil (Ernährung, Bewegung, Rauchen, Trinken) hat, so kann erkannt werden, welch immenses volkswirtschaftliches Potential eine ernsthafte Optimierung der allgemeinen Ernährung hat.
- Sie kann dazu beitragen, dass sich nicht nur die Gesundheitslage verbessert, sondern auch ein gesundes Altern möglich ist (Longevity).

OptiDiet Algorithmus

Volkswirtschaftliche Bedeutung des OptiDiet Algorithmus

Dieses Potenzial wurde bereits vor vielen Jahren dem damaligen Bundesgesundheitsminister vorgetragen.

- Seine Reaktion: Eine breit angelegte Optimierung des Ernährungsverhaltens können wir uns nicht leisten!!!!
- Denn jedes Jahr durchschnittlicher Lebensverlängerung sprengt das deutsche Rentensystem!
- Ökonomisch orientierte Ernährungswissenschaftler sahen als ungünstige volkswirtschaftliche Nebenwirkung den Verlust von Arbeitsplätzen entlang der Wertschöpfungskette in der Lebensmittelindustrie.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Kontakt:
info@goe-software.de
www.goe-software.de