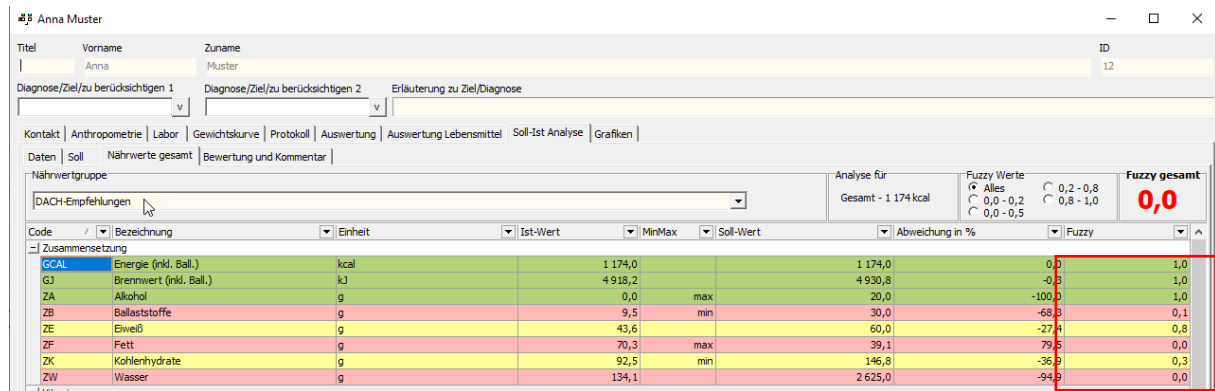


Whitepaper: Fuzzy-Werte in nut.s
Autorin: Viktoria Scherrer
Datum: 09.09.2024
Version: 1

Fuzzy-Werte sind in allen nut.s Modulen zu finden, in denen berechnete Nährwerte mit Empfehlungen beziehungsweise Sollwerten verglichen werden (z.B. bei Speiseplänen oder Ernährungsprotokollen).



Jeder Fuzzy-Wert liegt zwischen 0 und 1 und unterstützt bei der Bewertung, wie relevant die jeweilige Abweichung vom Sollwert ist. Schließlich hat es unterschiedliche Auswirkungen, ob man doppelt so viel Fett zu sich nimmt wie empfohlen oder doppelt so viel Wasser.

Bei optimaler Versorgung liegt der Wert bei 1, wird weniger oder mehr zugeführt, verringert sich dieser Wert auf maximal Null.

Das Farbschema

Zur besseren Übersicht sind jedem Fuzzy-Bereich Farben im Ampelsystem zugeordnet.

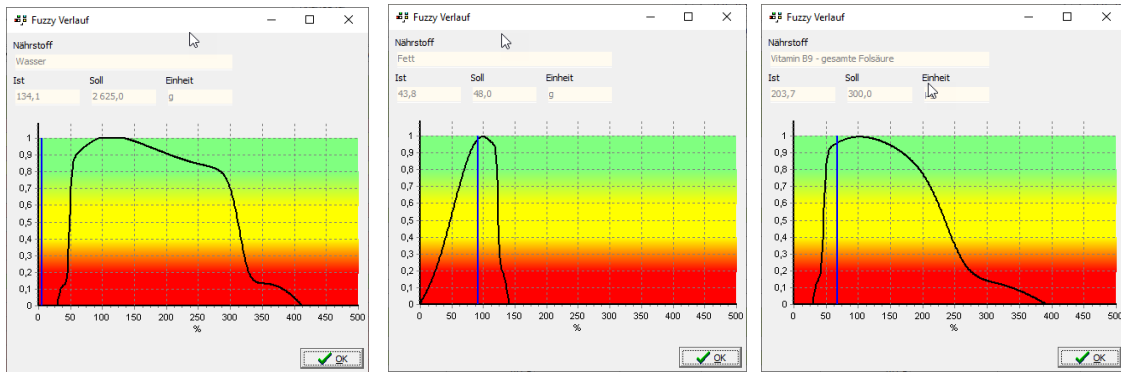
Fuzzy-Wert	Farbe	Bewertung
0,9 - 1	grün	optimal-gut
0,3 - 0,8	gelb	kritisch
0 - 0,2	rot	sehr kritisch

Die Fuzzy-Kurve

Dem Fuzzy-Bewertungsschema liegt eine so genannte Fuzzy-Kurve zu Grunde. Diese wird rund um die empfohlene Aufnahme als Optimalbereich aufgebaut. Im unteren Bereich wird sie definiert von Empfehlungen zur minimalen Zufuhr, im oberen von jenen der Upper Levels.

Es gibt Fuzzy-Kurven zu allen Nährwerten, die in den DACH-Referenzwerten angeführt sind. Für zahlreiche diätetische Empfehlungen („arm an...“, „reich an...“) gibt es zusätzlich alternative Kurven, um die jeweiligen Anforderungen abbilden zu können.

Über einen Rechtsklick auf den jeweiligen Fuzzy-Wert und „Zeige Kurve“ sind die jeweiligen Kurven einsehbar. Hier wird abgebildet, wie kritisch die jeweilige prozentuale Abweichung vom Sollwert ist. Der jeweilige Istwert wird als blaue Gerade angezeigt. Ihr Schnittpunkt mit der Fuzzykurve, ergibt den jeweiligen Fuzzy-Wert.



Während bei Wasser die Fuzzy-Kurve bei einer Überschreitung von 100% der Empfehlung lange im positiven Bereich stabil bleibt, fällt jene von Fett relativ schnell und steil ab. Dementsprechend bleibt der Fuzzy-Wert für Wasser auch im Grünen Bereich, wenn doppelt so viel getrunken wird wie empfohlen wird, während eine derartige Abweichung vom Sollwert bei Fett rot gekennzeichnet wird.

Mathematischer Hintergrund

Um eine Kurve durch einzelne Punkte in einem Koordinatensystem zu legen, verwendet man Verfahren zur Kurvenanpassung oder -interpolation. Eine einfache Methode ist die „lineare Interpolation“, bei der jeweils eine gerade Linie zwischen benachbarten Punkten gezogen wird. Diese Methode ist jedoch nur bei wenigen Punkten sinnvoll, da sie Ecken erzeugt.

Für eine glattere Kurve kann man die „polynomiale Interpolation“ verwenden, bei der ein Polynom höherer Ordnung so bestimmt wird, dass es alle gegebenen Punkte durchläuft. Ein Nachteil ist, dass das Polynom bei vielen Punkten stark oszillieren kann, was zu unnatürlichen Verläufen führt.

Eine bessere Alternative ist die Verwendung von „Spline-Interpolation“, insbesondere „kubischen Splines“. Hierbei werden für jeden Abschnitt zwischen zwei Punkten kubische Polynome verwendet, die an den Punkten so aneinandergereiht werden, dass die Kurve glatt ist. Dies vermeidet die starken Oszillationen und bietet eine realistischere Anpassung.

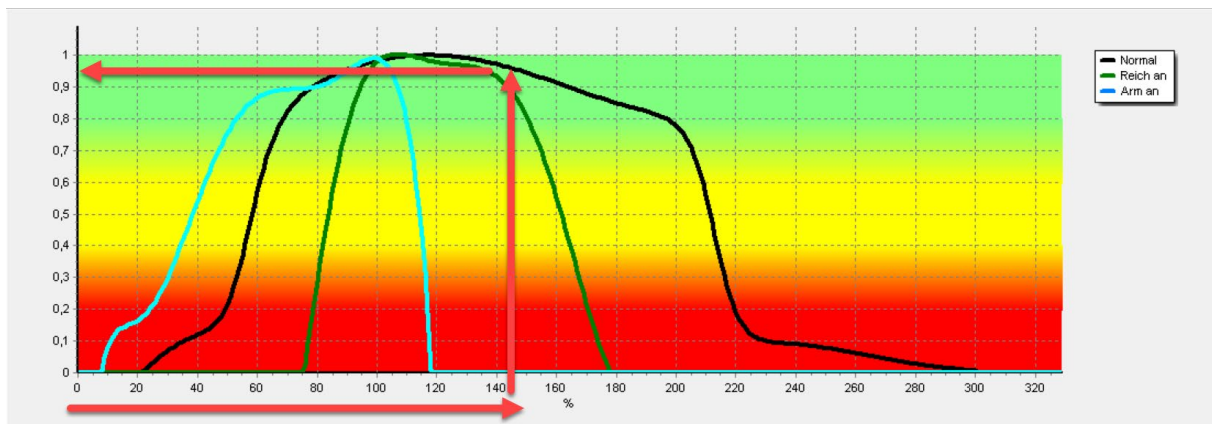
Für komplexere Daten kann auch „nichtlineare Regression“ oder „Splines höherer Ordnung“ genutzt werden, um eine Kurve zu finden, die die Datenpunkte in einem bestimmten Sinne „optimal“ beschreibt.

Letztendlich führt diese Interpolation zu einer Formel $f(x)=y$, die für jeden x-Wert (= Über- oder Unterversorgung in Prozent) einen y-Wert (=Fuzzy Wert zwischen 0 und 1) liefert.

Arm an, reich an

Da es für manche Nährstoffe auch „arm an-“ bzw. „reich an-“ Empfehlungen gibt, spiegelt sich diese Vorgabe auch in den Kurven wider: es gibt neben der „normalen“ Fuzzy-Kurve auch Kurven für „reich an“ und „arm an“.

Am Beispiel der Fuzzy-Kurven für Ballaststoffe:



Hier wird eine Versorgung von 140%, also 40% mehr Zufuhr als empfohlen anhand der „normal“-Kurve (schwarz) ausgewertet. Man sieht gut, dass eine Überversorgung von 40% bei einer „arm an“-Empfehlung die „arm an“ Kurve (= türkise Kurve) zu einem Fuzzy-Wert von 0 führen würde.

Datenhintergrund

Die meisten Anhaltspunkte für die Fuzzy-Kurven stammen aus den DACH-Referenzwerten [1,2], bzw. deren Primärliteratur [3,4]. Hier finden sich neben den aktuellen Soll-Werten auch Werte zu den tolerierbaren Gesamtzufuhrmengen. Zum Teil sind dort auch einzelne Studien angeführt, die Abschätzungen zusätzlicher Punkte der Fuzzy-Kurven erlauben (z.B. bis zu welcher täglichen Aufnahme werden die Speicher nicht angegriffen etc.). In der ursprünglichen Version der DACH-Referenzwerte [1] sind auch Angaben zur Minimalzufuhr enthalten. Zudem wurden auch Richtwerte für diätetische Zwecke lt. Ernährungsmedizin in der Praxis [5] herangezogen.

Literatur

[1] Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizer Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Bonn, 2. Auflage, 1. Ausgabe (2015)

[2] Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizer Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Bonn, 1. Auflage, (2009)

[3] EFSA: Overview on Tolerable Upper Intake Levels as derived by the Scientific Committee on Food (SCF) and the EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), 2018

[4] Jennifer J. Otten, Jennifer Pizzi Hellwig, Linda D. Meyers, Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements, IOM (Institute of Medicine) (Hrsg.), 2006, Washington

[5] Ernährungsmedizin in der Praxis, Herausgeber: Olaf Adam; Balingen, Stand Juni 2010; Band 2/4 Praxis der Ernährungstherapie,