Entscheidungsalgorithmus: Ja oder Nein

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung und Aufbau der vorliegenden Arbeit

In diesem Beitrag wird ein Algorithmus vorgestellt, der es ermöglicht, eine JA/NEIN-Entscheidung genau zu treffen. Solch ein Algorithmus kann in diversen Anwendungsfeldern eingesetzt und angewendet werden. Die vorliegende Arbeit entstand als Nebenprodukt meines Dissertationsvorhabens (DBA-Studium) an der Middlesex University in Zusammenarbeit mit der KMU in Österreich. Im Kampf gegen COVID-19 bedarf es sowohl bei der Herstellung der Medizin als auch bei der Detektion erkrankter Menschen eines solchen Algorithmus, was der vorliegende Beitrag zu beleuchten versucht. Zudem kann ein solcher Algorithmus in diversen Anwendungen, z.B. in Automobilindustrie, Medizintechnik, Luft- und Raumfahrttechnik bis hin zur Rüstungsindustrie eingesetzt werden. Überall dort, wo diverse Faktoren für eine Entscheidung berücksichtigt werden müssen, können sie mit einem solchen Algorithmus zueinander in Verhältnis gesetzt werden, sodass eine Prognose für die JA- oder NEIN-Entscheidung berechnet werden kann. Der Algorithmus soll Brecht-Algorithmus genannt werden, nach Bertolt Brecht, ein einflussreicher deutscher Dramatiker, Librettist und Lyriker des 20. Jahrhunderts. Dabei bezieht sich das JA und Nein auf die Inszenierung „das Ja und Nein Sager“ aber dies Mal mit einem Oder und Semikolon am Satzende. Der Aufbau der vorliegenden Arbeit ist in Abbildung 1 dargestellt.

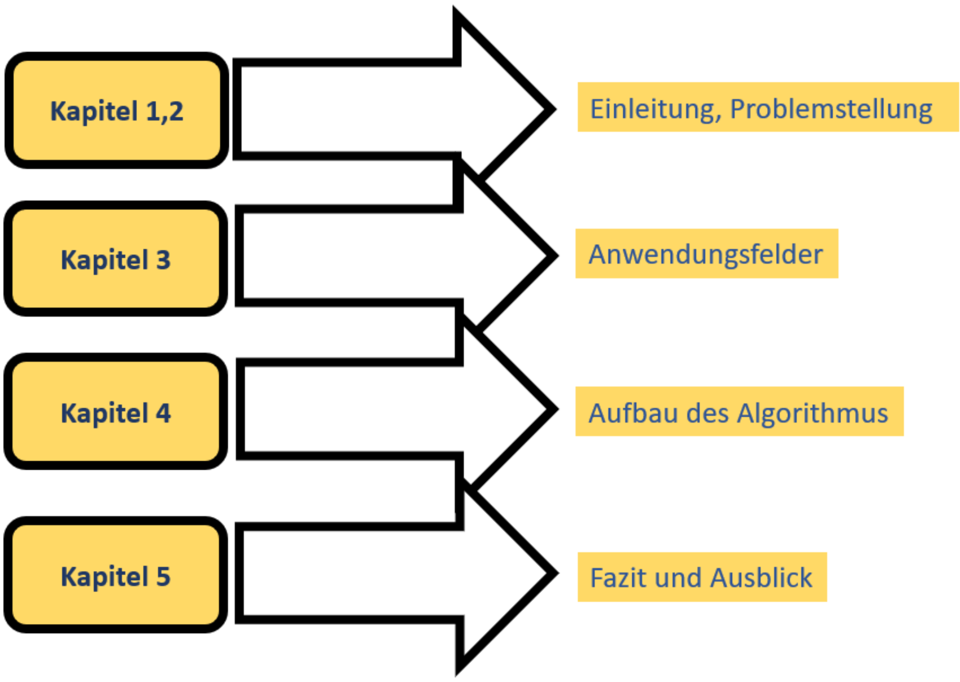

Abbildung 1: Aufbau der vorliegenden Arbeit. Quelle: eigene Darstellung

2. Einleitung

Die Kette bis zu einer Entscheidungsfindung führt am Ende immer dazu, dass zwischen JA (also für etwas) oder NEIN (also gegen etwas) entschieden werden soll. In den meisten Fällen stehen als Basis für die Entscheidungsfindung keine quantifizierten Daten, sondern eher qualitative Erscheinungen bzw. nicht genau messbare Daten zur Verfügung. Zudem spielen bei der Entscheidungsfindung in vielen Anwendungsfeldern mehrere unabhängige Variablen eine Rolle, welche eine abhängige Variable beeinflussen. Dies führt oft dazu, dass eine effiziente und schnelle Entscheidung schwer zu treffen ist. Der vorliegende Beitrag soll einen mathematischen Weg aufzeigen, der dazu dienen kann, bessere und genauere Entscheidungen zu treffen.

3. Anwendungsfelder

Es gibt viele Anwendungsfelder für einen solchen Algorithmus: Überall dort, wo zwischen JA und NEIN entschieden werden soll, kann der Algorithmus eingesetzt werden. In der Medizinforschung und Herstellung „medizinische Studien“ kann der Algorithmus bei Entscheidungen über die Herstellung von Medizin herangezogen werden, und weiter mag er in mobilen Applikationen zur Erkennung von erkrankten Menschen seine Anwendung finden. Des Weiteren kann der Algorithmus in der Medizintechnik (vgl. Mach, 2019) zur Stimulation und Schockabgabe eines Schrittmachers oder Defibrillators verwendet werden, um auf Basis der vorhandenen Daten eine Entscheidung zu treffen. In der Automobilindustrie (vgl. Winkelhake, 2018) könnte eine solche Entscheidung beispielsweise zur Unfallvermeidung durch das Bremssystem (Fahrerassistenzsystem) notwendig werden. In der Automobilindustrie kann solch ein Algorithmus zudem auch im Elektroauto zur Prognose der Reichweite bzw. beim Laden der Batterie seine Anwendung finden.

Dieser Algorithmus gehört zum Bereich des Maschinellen Lernens (vgl. Otte, 2019) und sollte zu mehr Transparenz und Erklärbarkeit führen, um auf dieser Basis die Vorteile von Deep-Learning-Algorithmen auch beim Maschinellen Lernen nutzen zu können. Dabei bietet die effiziente Implementierung eines solchen Algorithmus anhand eines 8-Bit-Mikrocontrollers viel Spielraum, was sich in Kostenminimierung, einfacher Implementierung, schneller Entscheidungsfindung und Unabhängigkeit des eingesetzten Mikrocontrollers widerspiegelt

4. Aufbau des Algorithmus

In der Physik wird mit v = d/t (vgl. Thomsen, 2018) ein Verhältnis zwischen Stecke und Zeit als Geschwindigkeit ermittelt. Die Strecke d ist dann v * t. Ganz ähnlich ist es auch in den folgenden Überlegungen, wobei der Abstand zu Minimum und Maximum der Gegenstand der Betrachtung sein soll. Auf Basis dieser Analogie aus der Physik sollten die Risiken/Chancen (JA/NEIN) für eine Entscheidung ermittelt werden, um durch Mathematik (vgl. Papula, 2018) und Statistik (vgl. Rooch, 2014) das Verhältnis zwischen Chancen (Erfolgsfaktoren – JA) und Risiken (Scheiternsfaktoren – NEIN) zu ermitteln und somit eine bessere JA/NEIN-Entscheidung treffen zu können. Dabei dienen die folgenden beiden Formeln dazu, für das Risiko und den Erfolg jeweils eine Basisgleichung aufzustellen, die sich die oben genannte Analogie zu Nutze macht. Die Kernziele der Betrachtung sind es, das Risiko minimal und den Erfolg maximal zu halten.

<u>*Gleichung 1:*</u>

F(x) = (E * S) * t (Risiko-Formel über die Zeit)

Dabei ist E die Eintrittswahrscheinlichkeit und S der Schweregrad des Risikos.

<u>*Gleichung 2:*</u>

G(X) = (E * S) * t (Erfolg-Formel über die Zeit)

Dabei ist E die Eintrittswahrscheinlichkeit und S der Grad der Wichtigkeit des Erfolges.

Da in der Praxis viele Risiko- und Erfolgsfaktoren (JA/NEIN-Einflussfaktoren) als unabhängige Variablen die abhängige Variable „Entscheidung“ beeinflussen, soll eine weitere Gleichung zum Einsatz kommen, und zwar die Taylorreihe (vgl. Gleiser, 2016).

<u>*Gleichung 3:*</u>

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \cdots, \quad -\infty < x < \infty$$

Die Grundgleichungen 1 und 2 sollen in die Taylorreihe jeweils als Funktion eingesetzt werden. Dabei sollen die unabhängigen Variablen sowohl im Erfolgsbereich (JA-Bereich) als auch im Risikobereich (NEIN-Bereich) in Kategorien zusammengefasst werden, sodass ihre Quantifizierung auf der Basis E * S abgebildet werden kann. Die Variablen und die Gewichtung beider Gleichungen sind aufgrund der Diversität nicht bekannt, da es viele mögliche erfahrungsbasierte, von Menschen gebildete Kategorien gibt, die am Ende in ein

Verhältnis gebracht werden sollen. Beide Gleichungen ergeben bei $t = 0$ ebenfalls null. Da am Anfang die vorliegende Gleichung und dazugehörige Variablen nicht bekannt ist. Die erste Ableitung von F (X) oder G (X) bezeichnet die Wichtigkeit der Kategorie. Die weiteren Polynome der zweiten und dritten Ableitung verkörpern drei weitere, geringerwertige Kategorien. Wenn man FÜNF Kategorien für die Wichtigkeit ausgewählt hat, dann beginnt die erste Ableitung mit $\mathbf{F(X) = ((E * S) * t)^5}$ und $\mathbf{G(X) = ((E * S) * t)^5}$. Dann geht es weiter bis zur fünften Ableitung, also $\mathbf{F(X) = ((E * S) * t)^4}$ $\mathbf{F(X) = ((E * S) * t)^3}$ $\mathbf{F(X) = ((E * S) * t)^2}$ und $\mathbf{F(X) = ((E * S) * t)}$.

Wenn, wie oben am Beispiel der Risiken gezeigt, die Kategorien und die dazugehörige Wichtigkeit abgeschätzt worden sind, dann kann aus der Summe der einzelnen Risiko-Werte ein Ergebnis gebildet werden (z.B. Y). Dies macht man für beide Funktionen F(X) und G(X), wobei der Kerngedanke der gleiche bleibt: Das Risiko muss minimal sein.

Die Gleichung 4 zeigt dies vereinfacht:

Gleichung 4:

$\mathbf{Y = ((E * S) * t)^6}$ Achtung: sechstes Polynom da 5 Kategorien und Ableitungen abgebildet worden sind

$\mathbf{Y = (X * t)^6}$

Daraus ergibt sich die Gleichung 5 in der allgemeinen Form mit Y, X und T:

Gleichung 5:

$$\mathbf{Y = (X * t)^6 + (1/6) * (X * t)^5 + (1/5) * (X * t)^4 + (1/4) * (X * t)^3 + (1/3) * (X * t)^2 + (1/2) * X * t}$$

Nach dem Prinzip von Maxima und Minima in der Mathematik setzt man die erste Ableitung nach X gleich null. Analog dazu setzt man die zweite Ableitung nach X gleich null, um nach Wendepunkten zu suchen. Wenn mit der zweiten Ableitung also die Anzahl der Wendepunkte (> null → Risiko-Minimum) berechnet wurde, setzt man die Werte in die Gleichung $(X * t)^6$ ein, um damit das absolute Minimum zu berechnen. Dieses Minimum ist der Maßstab für das Risiko. Die Differenz zwischen Y und diesem Maßstab ist ein Indiz dafür, dass man die Risiken mindern muss. Das gleiche macht man für den Erfolgsmaßstab. Abbildung 2 stellt diesen Zusammenhang schematisch dar. [1]

[1] C ist dabei den berechneten Wert der Gleichung 3 nach dem Herausfinden der Variablen bzw. unbekannten

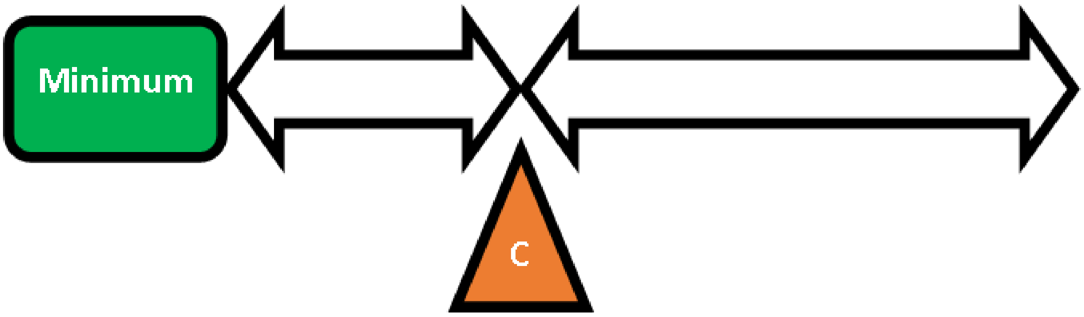

Abbildung 2: Schematische Darstellung zur Risikogleichung. Quelle: eigene Darstellung

Für den Erfolg gilt das Gleiche wie für das Risiko, aber mit dem Maximum als Maßstab sowie der zweiten Ableitung < null. Der Kerngedanke bleibt der gleiche: Der Erfolg muss maximal sein.

Gleichung 6:

$Y = ((E * S) * t)^6$ Achtung: sechstes Polynom, da 5 Kategorien und Ableitungen abgebildet worden sind

$Y = (X * t)^6$

Daraus ergibt sich die Gleichung 7 in der allgemeinen Form Y, X und T:

Gleichung 7:

$Y = (X * t)^6 + (1/6) * (X * t)^5 + (1/5) * (X * t)^4 + (1/4) * (X * t)^3 + (1/3) * (X * t)^2 + (1/2) * X * t$

$Y = (E * S) * t)^6$

$Y = (X * t)^6$

Nach dem Prinzip von Maxima und Minima in der Mathematik setzt man die erste Ableitung nach X gleich null. Analog dazu setzt man die zweite Ableitung nach X gleich null, um nach Wendepunkten zu suchen. Wenn das Ergebnis der zweiten Ableitungen, also die Anzahl der Wendepunkte, mit < null → Erfolgs-Maximum berechnet wurde, setzt man die Werte in die Gleichung $(X * t)^6$, um davon das absolute Maximum zu berechnen. Dieses Maximum ist der Maßstab des Erfolgs. Die Differenz Der Abstand zwischen Y und diesem Maßstab ist einen Indikator für den Erfolg, den man fördern muss. Abbildung 3 zeigt diesen Zusammenhang schematisch.[2]

---

[2] C ist dabei den berechneten Wert der Gleichung 3 nach dem Herausfinden der Variablen bzw. unbekannten

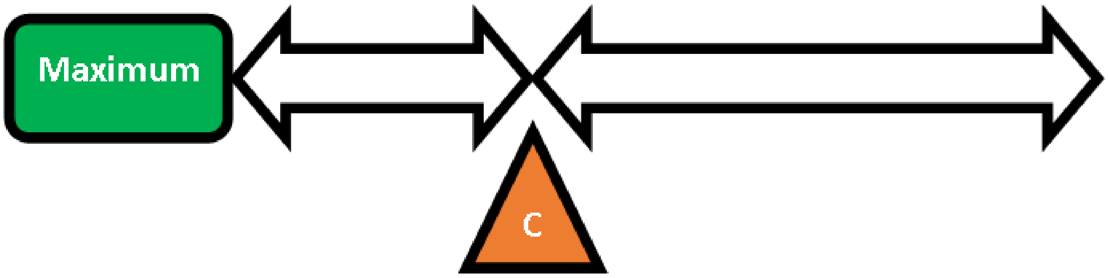

Abbildung 3: Schematische Darstellung zur Erfolgsgleichung. Quelle: eigene Darstellung

Um die beiden unbekannten Variablen der Gleichungen 5 und 7 berechnen zu können, bedarf es einer zweiten Gleichung, die zum einen eine Normierung darstellt und zum anderen einen geschlossenen Kreislauf abbildet. Dafür bedient man sich der Formel des Einheitskreises.

Gleichung 8:

$F(X)^2 + G(X)^2 = 1$[3]

Die vollständige Gleichung enthält zwei unbekannte, nämlich X1 (JA) und X2 (NEIN), die mit ihren Wahrscheinlichkeiten in Verhältnis gesetzt werden sollen X ist für die einzelnen Ableitungen nicht bekannt. Durch die Annahme der normalverteilten Kategorien können Wahrscheinlichkeiten und Prognosen abgelesen werden, um auf Basis der Verhältnisse eine JA/NEIN-Entscheidung treffen zu können. Dabei spielen sowohl die Risiken als auch die Erfolgsfaktoren eine große Rolle, um ein aussagekräftiges JA oder NEIN abgeben zu können. Risiko/NEIN-Prognose entsteht also aus der Wahrscheinlichkeit, dass bei F(X) die Werte in der Normalverteilung zwischen C und dem Minimum liegen, und die Erfolgs/JA-Prognose ergibt sich aus der Wahrscheinlichkeit, dass bei G(X) die Werte in der Normalverteilung zwischen C und dem Maximum liegen.

Stets soll dabei beachtet werden, dass die Risiken (NEIN-Faktoren) mit der Zeit zu Erfolgsfaktoren (JA-Faktoren) werden können. Dafür ist eine entsprechende erneute Bewertung notwendig (E * S * t; hierbei wächst die Zeit und die Variablen E * S müssen neu bewertet werden). Eine objektive Gesamtbewertung ist meist relativ und bezieht sich stets

[3] F(X) ist die JA Faktoren von Gleichung 3. G(X) ist die NEIN Faktoren von Gleichung 3

auf ein Verhältnis zwischen zwei normierten Erscheinungen bzw. Gegebenheiten wie Erfolg/Scheitern, Potential/Gefahr, Datenschutz/Öffentlichkeit, Wachstum/Ressourcenverbrauch oder JA/NEIN. Die JA-Wahrscheinlichkeit und NEIN-Wahrscheinlichkeit können so berechnet werden. Es reicht aus, die NEIN-Wahrscheinlichkeit gegenüber der JA-Wahrscheinlichkeit aufzustellen und sie zueinander ins Verhältnis zu setzen. Dabei sind die Werte normalverteilt unter der Annahme, dass 80 % der Ereignisse normalverteilt sind.

Ein weiterer Schritt im Ablauf des Algorithmus besteht darin, dass jede Kategorie anders gewichtet werden soll. Dazu ist der Bedarf an Konsens zur Entscheidungsfindung von Bedeutung. Dafür muss lediglich eine Schleife in der Software-Implementierung des Algorithmus programmiert werden, damit jede Kategorie eine andere Gewichtung bekommt. Am Ende entscheidet der Grundgedanke, darüber, ob das Risiko/NEIN auf ein Minimum gesetzt ist und analog dazu Erfolg/JA auf ein Maximum. Wenn man unabhängig davon sein will, welche Wahrscheinlichkeitsverteilung zugrunde liegt, sollte die Funktion (Gleichung 3) als Verteilungsfunktion integriert werden, um damit aus der Fläche und den Intervallgrenzen (zwischen dem berechneten Maßstab und null) die erwartete Wahrscheinlichkeit bei jedem Durchgang berechnen zu können. Wenn eine gerade Anzahl von Kategorien vorliegt, dann ergeben sich daraus 2^n Varianten; bei ungeraden Zahlen kann man eine weitere Null-Kategorie addieren, um das Ganze mathematisch berechenbar zu machen, da eine Summierung der Kategorien zugrunde liegt.

Das Ableiten der Funktion vom Beginn bis zum Ende vorzunehmen, statt einfach die Deltas zu berechnen, kann damit begründet werden, dass man beim Ableiten nicht nur den Durchschnitt berechnet und in jeder Phase des Ablaufs einen augenblicklichen Wert des Verlaufes berechnen kann. Die obige Analogie aus der Physik kann verwendet werden, um diese Begründung zu veranschaulichen: Eine Funktion über die Zeit wie die Beschleunigung und die Berechnung der aktuellen Geschwindigkeit erfordern die Ableitung einer Funktion. Im Falle des Durchschnitts hingegen könnte lediglich die durchschnittliche Geschwindigkeit über die gesamte Strecke und Zeit berechnet werden.

5. Fazit und Ausblick

Der vorliegende Beitrag dient als Konzept, um die Implementierung eines derartigen Algorithmus programmiertechnisch realisieren zu können. Die mathematischen, pragmatischen und statistischen Grundlagen sind hier logisch in einem geschlossenen Kreislauf dargestellt worden. Am Ende bleibt zu hoffen, dass der Algorithmus zu praktisch brauchbaren Ergebnissen führen kann, was durch eine prototypische Implementierung und Überprüfung untersucht werden soll.

6. Literaturverzeichnis

Gleiser, J. (2016). *Die Taylorreihe und das Taylorpolynom. Erläuterung des Verfahrens*. GRIN Verlag

Mach, E. (2019). *Einführung in die Medizintechnik für Gesundheitsberufe*. (2. Auflage). Wien: Facultas

Otte, R. (2019). *Künstliche Intelligenz für Dummies*. (1. Auflage). Wiley-VCH

Papula, L. (2018). *Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler Band 1: Ein Lehr- und Arbeitsbuch für das Grundstudium*. (15. Auflage). Wiesbaden: Springer Vieweg

Rooch, A. (2014). *Statistik für Ingenieure: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Datenauswertung endlich verständlich*. (1. Auflage). Berlin: Springer Spektrum

Thomsen, C. (2018). *Physik für Ingenieure für Dummies*. (2. Auflage). Weinheim: Wiley-VCH

Winkelhake, U. (2018). *Die digitale Transformation der Automobilindustrie: Treiber – Roadmap – Praxis*. (1. Auflage). Berlin: Springer Vieweg

7. Abbildungsverzeichnis