



Kriens, Juli 2023

Liebe Leserschaft

Obwohl mich die grossen Wissenschaftler immer interessiert haben, ist mir der Name Thomas Bayes (London 1701 - 1761) erst seit ein paar Jahren geläufig. Der Name findet im Zusammenhang mit brandaktuellen Themen wie künstlicher Intelligenz, maschinellem Lernen (machine learning), Entscheidungsfindungsprozessen und Statistik im Allgemeinen regelmässig Erwähnung. Sein Beitrag für die Wissenschaft ist eine wahre Zauberformel:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)}$$

mit  $P(A|B)$  die bedingte Wahrscheinlichkeit, dass das Ereignis A eintritt unter der Bedingung, dass das Ereignis B eingetreten ist, und  $P(A)$  die Wahrscheinlichkeit, dass das Ereignis A auftritt und umgekehrt

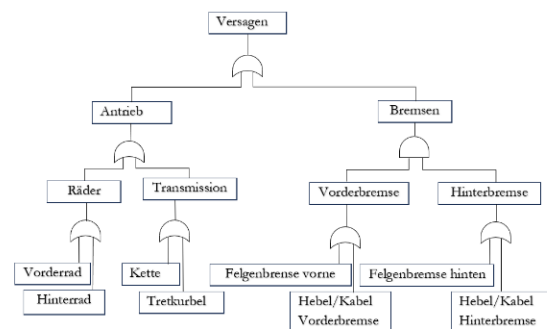


300 Jahre nach ihrer Publikation taucht diese Formel mit dem Namen Bayes wieder auf, da sie aufgrund der Leistungsfähigkeit der Informatik in den oben genannten Bereichen intensiv Verwendung findet. Dieser Mathematiker und Pfarrer, der zu seiner Zeit nie von einem Computer gehört hatte, hat eine mathematische Beziehung gefunden, welche heute fast so oft gebraucht wird, wie der Satz des Pythagoras. Wie faszinierend! MAM wendet die Bayesschen Netze hauptsächlich im Rahmen von Simulationen an, welche die Verwundbarkeit von militärischen Geräten, Fahrzeugen, Flugzeugen u.a. evaluieren. In Kürze erklärt, bestehen diese Modelle aus einem geometrischen Teil, welcher beispielsweise aus CAD-Dateien des Fahrzeuglieferanten wie GDELS stammt und aus einem Fehlerbaum-Teil, wo die vitalen Systeme aufgezeigt werden. Die Simulation folgt der Sequenz des Projektils (Pfeil, Hohlladung ...): Das Projektil berührt die Fläche des Ziels, z.B. den Leopard 2, das Impact-Modul berechnet die Penetration der Panzerung und die primären und sekundären Splitter, welche daraus resultieren. Diese Vielzahl an Trümmern, welche mit grosser Geschwindigkeit unterwegs sind, bewegen sich auf einem Kegel und die Simulation kann anhand einer rein geometrischen Berechnung festlegen, welches die getroffenen Systeme sind und welche kinetische Energie jedes von ihnen absorbieren muss. Man bestimmt für den Aufprall des entsprechenden Projektils die Wahrscheinlichkeit, dass das getroffene System (Motor, Raupe, Kommunikationssystem) ausser Kraft gesetzt wird, auch Basic Event genannt. Dies mittels einer logistischen Funktion, welche mit der kinetischen Energie, die nötig ist, um die einzelnen Systeme zu zerstören, parametrisiert ist. Im Fehlerbaum eingetragen, legen sie anhand der Logik des Bayesschen

Netzes ihre Auswirkung auf die Fähigkeit zur Fortbewegung, zum Kampf und zur Kommunikation des Fahrzeugs fest (Top Events).

Dieser Übergang von den Basic Events zu den Top Events ist eine Standardprozedur, welche sich des Bayesschen Netzes bedient und auf generische Art in R Programmiersprache (sic) entwickelt wurde. Man muss ihr einerseits die Wahrscheinlichkeiten der Basic Events liefern und andererseits den Fehlerbaum, der die Systeme verbindet. Beim Fehlerbaum handelt sich um eine Datei (\*.net), welche durch das open source Programm GeNie generiert wird. Die nächsten Abbildungen illustrieren den Fall eines einfachen Fahrzeugs - eines Fahrrads - mit seinem Fehlerbaum.

Im Falle des Fahrrads und in seiner simpelsten Ausführung, enthält der Fehlerbaum schon 15 Kästchen.



Demnach kann man sich gut vorstellen, wie verworren und komplex ein solcher Fehlerbaum für einen Leopard 2 wäre. Die Anwendung von R und GeNie erlaubt es, auf sehr elegante und effiziente Weise das Schema und die unfehlbare Berechnung des Hauptereignisses zu erarbeiten.

Die Kenntnisse dieser Programme erlauben es MAM die ganze Berechnung der Verwundbarkeit, inklusive des Fehlerbaums, für ein beliebiges Fahrzeug inhouse auszuführen. Schon heute schweben uns verschiedene Möglichkeiten vor, wie wir uns die Bayesschen Netze auch für die Lösung von Problemen mit einer grossen Anzahl von Parametern zu Nutzen machen könnten.

Wir wünschen Ihnen einen schönen Sommer, geniessen sie ihn und bis bald.

Georges Mandanis