

# Wahrscheinlichkeitsnetze und die explizite Berücksichtigung von Unsicherheiten

## Modellimplementation als Wahrscheinlichkeitsnetz

Modelle sind stets eine vereinfachte Darstellung der Wirklichkeit und können nicht alle Prozesse in einem System darstellen. Dies führt dazu, dass alle Modelle auf bestimmte Annahmen basieren und es kein „perfektes“ Modell gibt. Die Modellentwicklung ist daher stets ein Kompromiss zwischen Modellgenauigkeit und zeitlichen und monetären Ressourcen. Grundsätzlich hängt die Unsicherheit der Modellresultate von den Unsicherheiten in den Modelleingangsgrößen und in der Modellstruktur ab. Die Berücksichtigung dieser Unsicherheit in den Modellresultaten kann bei der Planung von Projekten wichtig sein. Die strukturierte Darlegung der Ursachen-Wirkungsbeziehungen im Modell kann helfen, den Prozess der Entscheidungsfindung transparenter zu gestalten.

Wahrscheinlichkeitsnetze erlauben auf eine relativ einfache Art die explizite Berücksichtigung der Unsicherheit in den Modelleingangsgrößen, der Modellstruktur und den Modellergebnissen und ausserdem die simultane Betrachtung verschiedener räumlicher und zeitlicher Skalen. Daher wurde das IFRM als Wahrscheinlichkeitsnetz implementiert, das die relevanten Ursache-Wirkungsbeziehungen probabilistisch darstellt. Graphisch wird dies in der Regel mit Knoten (Modelleingangsgrößen, -zwischengrößen oder -resultate) und Pfeilen, die die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Knoten abbilden, realisiert.

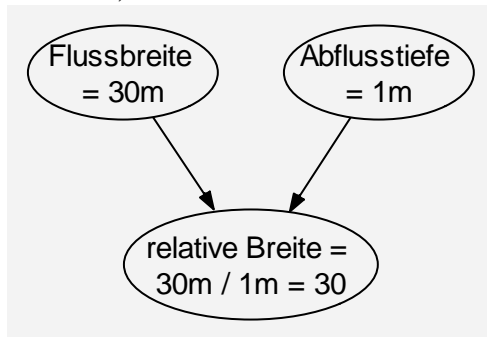


Abb.: Darstellung eines Wahrscheinlichkeitsnetzes anhand eines einfachen Beispiels (Berechnung der relativen Breite). Die Modelleingangsgrößen (Flussbreite und Abflusstiefe) sind hier als konkrete Werte angegeben deshalb ist auch das Modellergebnis für die relative Breite eine konkrete Zahl (30).

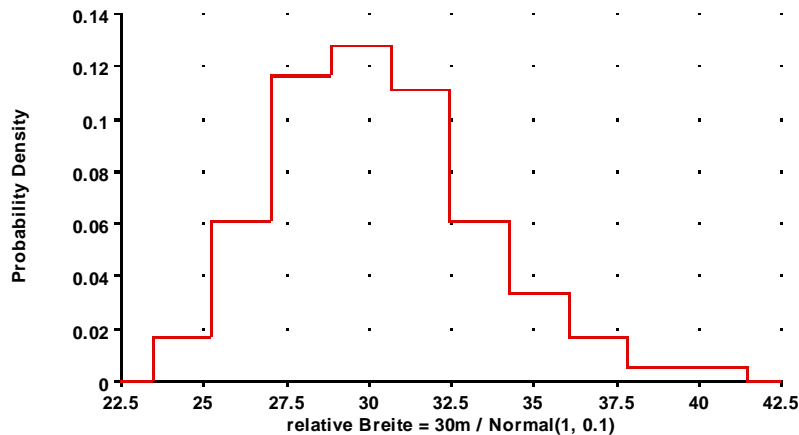
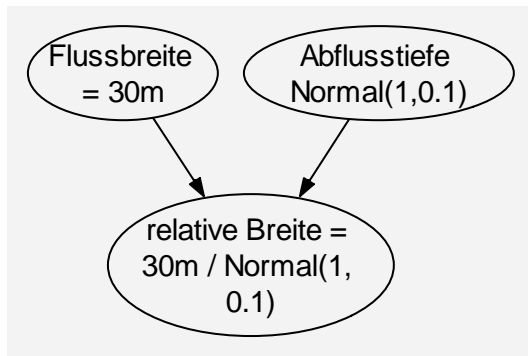


Abb.: Darstellung eines Wahrscheinlichkeitsnetzes anhand des vorigen Beispiels - hier mit der Berücksichtigung der Unsicherheit in der Abflusstiefe (Normalverteilung mit Mittelwert = 1 und Standardabweichung = 0.1). Das Histogramm darunter zeigt das Resultat für den Knoten "relative Breite ...".

Um probabilistische Ergebnisse zu erzeugen, werden viele (je nach Software, Modell und Rechnerstärke zwischen 2 und 100000) Modellsimulationen durchgeführt. Die Anzahl der Simulationen (bis zu einer bestimmten Anzahl an Simulationen gilt: je mehr Modellläufe durchgeführt werden, umso besser nähern sich die Verteilungen der Modellergebnisse den „wahren“ Verteilungen an) kann im IFRM zwischen 2 und 30000 frei gewählt werden. Es ist allerdings empfehlenswert, mindestens 100 Simulationen durchzuführen, während mehr als 5000 Modellläufe die Ergebnisse nicht mehr entscheidend verändern.

### Berücksichtigung der Unsicherheit in den Modellinputs

Sie können die Modellinputs (z.B. Talgefälle, mittleres Jährliches Hochwasser, ...) wie auch die Management Optionen (z.B. Abstand zwischen den Interventionslinien, Höhe der Vorländer) als Wahrscheinlichkeitsverteilung definieren und somit die Unsicherheit in diesen Größen beschreiben. Achten Sie beim Definieren dieser Verteilungen darauf, dass keine negativen Werte auftreten (z.B. bei einer Normalverteilung mit grosser Standardabweichung und/oder Mittelwert nahe bei 0 kann dies auftreten). Zur

Überprüfung klicken Sie einfach auf den Knoten und anschliessend auf den Ergebnisbutton „!“, wählen dann die Tabelle aus (Button „1.2“) und wählen anschliessend „Sample“ (vgl. Kapitel 1.6 „Software Analytica“). Um negative Werte zu vermeiden, können Sie z.B. eine log-normal-Verteilung, eine Gleichverteilung oder eine Dreiecksverteilung wählen.

Bemerkung: Natürlich können Sie die Modellinputs auch als konkrete Werte eingeben, wenn genaue Daten vorliegen.

Bemerkung: In der Playerversion von Analytica müssen Sie allerdings die Modellinputs in der Form angeben (als konkreter Wert oder mit einer bestimmten Verteilung), so wie sie in der Originaldatei „IFRM.ANA“ vorgegeben sind. Für eine gewünschte Änderung der Beschreibungsart benötigen Sie die Vollversion.

Als einführende, bzw. weiterführende Literatur in die Thematik von Wahrscheinlichkeitsnetzen und die Berücksichtigung der Unsicherheiten in den Modelleingangsgrössen und in der Modellstruktur seien hier genannt:

Abramson B.B.J., Edwards W., Murphy A. and Winkler R.L. (1996): Hailfinder: A Bayesian system for forecasting severe weather”. *International Journal of Forecasting* **12**: 57-71.

Borsuk M.E., Peter A., Schager E., Burkhardt-Holm P. (2006): Assessing the decline of brown trout (*Salmo trutta*) in Swiss rivers using a Bayesian probability network. *Ecological Modelling* **192**: 224-244.

Charniak E. (1991): Bayesian Networks without tears. *AI Magazine* **12**(4): 50-63

Reckhow K.H. (1999): Water quality prediction and probability network models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **56**: 1150-1158.