



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

ProVis

Probability Visualized

Technologische Unterstützung für den Einsatz von
Einheitsquadraten und Baumdiagrammen im
Stochastikunterricht

verfasst von / submitted by
Mag. Victoria Döller

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2020/ Vienna, 2020

Studienkennzahl lt. Studienblatt / degree programme code as it appears on the student record sheet:

Studienrichtung lt. Studienblatt / degree programme as it appears on the student record sheet:

Betreut von / Supervisor: ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Stefan Götz

Diplomstudium Lehramt
UF Mathematik

UF Psychologie und Philosophie

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer, Herrn ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Stefan Götz, für die konstruktive Zusammenarbeit und die entgegengebrachte Wertschätzung. Er hat mich dabei unterstützt, in diesem Projekt meine alten und neuen Interessen zu verbinden.

Außerdem möchte ich mich bei meinem Arbeitskollegen und guten Freund Christian bedanken, weil er ein offenes Ohr und technischen Rat für mich hatte, wann immer es nötig war.

Am allermeisten verbunden bin ich meinem Lebensgefährten Dominik für seine Unterstützung und seine Geduld und dass er meine Begeisterung für ProVis teilt.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Stochastische Grundlagen	3
2.1. Mehrstufige zufällige Vorgänge	3
2.2. Lehrplanbezug und Einordnung in das Kompetenzmodell	7
3. Visualisierungsmethoden für mehrstufige Vorgänge und bedingte Wahrscheinlichkeiten	9
3.1. Mathematisierung und Visualisierung von mehrstufigen Vorgängen	9
3.2. Das Baumdiagramm	10
3.3. Vierfeldertafeln und Einheitsquadrat	17
3.4. Didaktischer Nutzen von Baumdiagrammen und Einheitsquadraten und ein Vergleich	23
3.5. Vernetzung von Baumdiagrammen und Einheitsquadraten	26
4. Didaktische Grundsätze des Technologie-Einsatzes im Mathematikunterricht	27
4.1. Technologie im Mathematikunterricht	27
4.2. Kategorisierung von technischen Werkzeugen im Mathematikunterricht	28
5. Realisierung des digitalen Werkzeugs: ProVis – Probability Visualized	31
5.1. OMiLAB und ADOxx Metamodellierungs-Plattform	31
5.2. Realisierung der Anforderungen	32
6. Ausblick	57
Zusammenfassung	59
Abstract	59
Literaturverzeichnis	61
A. ProVis Library Code	65
B. AdoScript Code	127



As one of the most ubiquitous visual classification systems, the tree diagram has through time embraced the most realistic and organic traits of its real, biological counterpart, using trunks, branches, and offshoots to represent connections among different entities, normally represented by leaves, fruits, or small shrubberries. — M. Lima [Lim14, S.49]

1. Einleitung

Visualisierung spielt in der Stochastik eine zentrale Rolle. Sie dient der schematischen Strukturierung von Problemstellungen und fungiert als Substitut für das Realmodell. Sie wird als Denkwerkzeug und Argumentationsbasis im Umgang mit stochastischen Sachverhalten benutzt. In der Statistik gibt es verschiedene Visualisierungsmethoden zur Datenaufbereitung, wie etwa Tabellen, Boxplots, Histogramme oder Streudiagramme. Auch in der Wahrscheinlichkeitstheorie werden Visualisierungen wie Venn-Diagramme, Baumdiagramme und Einheitsquadrate verwendet.

Für die Diagrammtypen der Datenanalyse existieren diverse technologische Hilfestellungen, wie etwa Tabellenkalkulationsprogramme, die Programmiersprache R für statistische Berechnungen und Grafiken, oder GeoGebra mit Funktionen der beschreibenden Statistik. Im Gegensatz dazu sind bis dato keine etablierten technologischen Hilfsmittel für die Visualisierungsmethoden der Wahrscheinlichkeitstheorie für den Unterricht vorhanden. Ohne geeignete Unterstützung unterliegen diese jedoch Einschränkungen in der Anwendung bedingt durch den statischen Charakter von Diagrammen auf Papier und durch die Komplexität und den Zeitaufwand der Konstruktion der Diagramme, die auch umfangreiche und monotone Rechenoperationen beinhalten kann.

Das Ziel dieser Arbeit ist es deshalb eine technologische Unterstützung zur Visualisierung von bedingter Wahrscheinlichkeit und mehrstufigen Vorgängen im Stochastikunterricht zu realisieren. Das Ergebnis ist die Modellierungssoftware *ProVis – Probability Visualized*.

ProVis unterstützt die beiden Visualisierungsmethoden *Baumdiagramm* und *Einheitsquadrat*. Das Baumdiagramm ist universell einsetzbar und ermöglicht es, mehrstufige Vorgänge oder Partitionierungen von Grundmengen schematisch darzustellen. Mit dieser Methode können die Begriffe der bedingten Wahrscheinlichkeit und der bedingten Häufigkeit veranschaulicht werden. Außerdem lässt sich der Satz von Bayes über den Zusammenhang der bedingten Wahrscheinlichkeiten aus der Struktur des Baumdiagramms intuitiv ableiten. Das Einheitsquadrat ist eine besonders ausdrucksstarke Visualisierungsmethode für die quantitative Darstellung von Partitionierungen einer Grundmenge. Der Vorteil dieser Methode liegt in der geometrischen Abbildung der relativen Anteile als Teilflächen des gesamten Quadrats und der direkten geometrischen Ablesbarkeit von konjunktiven und bedingten Häufigkeiten aus Flächen und Strecken.

Grundlage des Tools ist eine Auseinandersetzung mit dem aktuellen Stand der Didaktik-Forschung. Zu diesem Zweck analysieren wir die beiden Visualisierungsmethoden — deren Aufbau, Konstruktion, sowie Studien zu deren didaktischen Nutzen für den Verständnisaufbau im Unterricht — und formulieren Anforderungen an eine technologische Unterstützung. Neben den inhaltlichen Anforderungen beleuchten wir auch den Einsatz von Technologie im Mathematikunterricht im Allgemeinen und stecken die Anforderungen an ProVis in den verschiedenen Rollen Visualisierungs-, Modellierungs-, Experimentier- und Rechenwerkzeug ab.



1. Einleitung

Anhand der beschriebenen Analysen leiten wir acht konkrete Anforderungen ab. Dieser Anforderungskatalog dient als Richtlinie für die Umsetzung des Werkzeugs, wobei besonders auf die einfache, intuitive Handhabung geachtet wird. ProVis ist auf der Metamodellierungsplattform ADOxx¹ implementiert, einer Open-Use Software zur Erstellung von Modellierungsumgebungen. Die Bereitstellung und Weiterentwicklung von ProVis erfolgt über das OMILAB², einer Plattform für Entwickler und Anwender von Modellierungsmethoden. Dort werden auch zukünftige Weiterentwicklungen zur Verfügung gestellt.

Die Arbeit ist wie folgt aufgebaut: In Kapitel 2 werden die stochastischen Grundlagen zusammengefasst. Die wichtigsten Konzepte dabei sind die Wahrscheinlichkeit und ihre verschiedenen Deutungen, abhängige Ereignisse, bedingte Wahrscheinlichkeit, zusammengesetzte oder mehrstufige Ereignisse und der Satz von Bayes.

In Kapitel 3 gehen wir genauer auf die Konstruktion der beiden Visualisierungsmethoden Baumdiagramm und Einheitsquadrat ein. Eine didaktische Auseinandersetzung mit den Eigenschaften und den Vorteilen und Nachteilen beider Methoden liefert die wichtigsten Anforderungen für das digitale Werkzeug.

In Kapitel 4 setzen wir uns mit den allgemeinen Aspekten des Einsatzes von Technologie im Mathematikunterricht auseinander und loten generelle Potenziale einer Digitalisierung von Modellierungs- und Visualisierungsmethoden aus. Hier sticht neben der Entlastung der Schülerinnen und Schüler von monotonen Rechenoperationen und dem Verständnisgewinn durch dynamische Visualisierung besonders die Förderung des experimentellen und damit nachhaltigeren Wissenserwerbs hervor.

In Kapitel 5 wird die Realisierung des Tools vorgestellt, indem die definierten Anforderungen über konkrete, paradigmatische Beispiele illustriert und dadurch evaluiert gemacht werden. Eine Darstellung der Lösungen der Beispiele mit Hilfe des Tools validiert die Erfüllung der Anforderungen.

Abschließend geben wir in Kapitel 6 ein Ausblick auf Ideen für zukünftige Weiterentwicklungen und das Anwendungspotenzial von ProVis im Stochastikunterricht.

ProVis steht auf der Homepage des OMILAB Austria³ frei zur Verfügung. Von dort kann es heruntergeladen und im Schulunterricht verwendet werden.

¹adoxx.org

²omilab.org

³<https://austria.omilab.org/psm/content/provis>

2. Stochastische Grundlagen

Kein anderes Gebiet der Mathematik lebt so stark von seinem Realitätsbezug wie die Stochastik. Im Mathematikunterricht nimmt sie eine Sonderrolle ein, da nicht die mathematischen Konzepte im Vordergrund stehen, sondern die Befähigung zur Lösung von stochastischen Problemstellungen. Dies ist auch die Gemeinsamkeit des didaktischen Diskurses, wie Wolpers & Götz beobachten:

Eine wesentliche [Gemeinsamkeit, Anm.] ist die, im Stochastikunterricht von angemessenen primären Intuitionen und Ideen ausgehend sekundäre Intuitionen und Ideen zu vermitteln, mit deren Hilfe Modelle konstruiert und angewendet werden können zur rationalen Beschreibung und Bewertung stochastischer Situationen. [WG02, S.91]

Ein Ziel ist es, fundamentale Ideen der Stochastik zu vermitteln. Hierzu zählen der Begriff des Zufalls, das Gesetz der großen Zahlen oder die grundlegenden Rechenoperationen auf Wahrscheinlichkeitsräumen. Für den Unterricht sind die mathematischen Begriffe und Theorien nur insofern relevant, als dass sie die Generierung der oben angesprochenen sekundären Ideen fördern. Für die vorliegende Arbeit soll ebenfalls auf eine ausführliche Aufbereitung der Wahrscheinlichkeitstheorie verzichtet und lediglich eine Zusammenfassung der relevanten Grundbegriffe, Definitionen und Sätze gegeben werden.

Wegen der Relevanz für die vorliegende Arbeit sollen hier kurz die verschiedenen Deutungen des Wahrscheinlichkeitsbegriffs nach dem aktuellen Konsens in der fachdidaktischen Forschung skizziert werden. Nach Biehler & Engel [BE15, S.223] sind die wichtigsten Deutungen folgende:

- Wahrscheinlichkeit als relativer Anteil in Gleichverteilungssituationen (klassisch)
- Wahrscheinlichkeit als relative Häufigkeit (frequentistisch)
- Wahrscheinlichkeit als Tendenz (Erweiterung des vorherigen Ansatzes)
- Wahrscheinlichkeit als Maß für subjektives Vertrauen (subjektivistisch)

Wir werden in Abschnitt 3.2 und 3.4 darauf zurückkommen, wenn es darum geht wie unterschiedliche Visualisierungen verschiedene Deutungen intuitiv unterstützen.

2.1. Mehrstufige zufällige Vorgänge

Bevor wir auf mehrstufige Vorgänge und deren Visualisierung eingehen, wollen wir die grundlegenden Begriffe, Notationen und Sätze zusammenfassen.

2.1.1. Bedingte Wahrscheinlichkeit, abhängige Ereignisse

Die grundlegenden Begriffe Ergebnis, Ergebnismenge, Ereignis, Gegenereignis, Wahrscheinlichkeitsregel und Laplace-Experiment werden vorausgesetzt. Siehe hierfür zum Beispiel [EV11, S.95ff.].

Definition 2.1. Seien A und B Teilmengen der Ergebnismenge Ω . Mit $A|B$ sei das Ereignis A bezeichnet unter der Bedingung, dass das Ereignis B zutrifft.

Definition 2.2. Seien A und B Teilmengen der Ergebnismenge Ω und sei die Wahrscheinlichkeit $P(B) > 0$. Wir bezeichnen mit

$$P(A|B) = P(A \cap B)/P(B)$$

die *bedingte Wahrscheinlichkeit* des Ereignisses A unter der Bedingung B .

Mit anderen Worten wird die Wahrscheinlichkeit der Eintretens eines Ereignisses A nicht auf die gesamte Ergebnismenge Ω bezogen, sondern nur mehr auf die relevante Teilmenge $B \subset \Omega$ eingeschränkt.

Definition 2.3. Zwei Ereignisse A und B in Ω , für die $P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B)$ gilt, heißen *stochastisch unabhängig*.

Ein typisches Beispiel für unabhängige Ereignisse ist der zweifache Münzwurf. Das zweite Ergebnis wird nicht vom ersten beeinflusst. Ebenso haben die geworfenen Augenzahlen zweier Würfel keinen Einfluss auf das Ergebnis des jeweils anderen.

Anders verhält es sich beim mehrmaligen Ziehen aus einer Urne, ohne die Kugeln wieder zurückzulegen. Sind zwei rote und zwei blaue Kugel im Behältnis, so ist es viel wahrscheinlicher im zweiten Zug eine rote Kugel zu ziehen, wenn im ersten Zug eine blaue gezogen wurde, da noch zwei der drei übrigen Kugeln rot sind.

Aus der Definition der bedingten Wahrscheinlichkeit folgt für stochastisch unabhängige Ereignisse A und B

$$P(A|B) = P(A \cap B)/P(B) = P(A) \cdot P(B)/P(B) = P(A)$$

und umgekehrt $P(B|A) = P(B)$.

Definition 2.4. Ein Ereignis A nennt man *begünstigt* durch B wenn gilt $P(A|B) > P(A)$, beziehungsweise *benachteiligt* durch B wenn gilt $P(A|B) < P(A)$.

2.1.2. Mehrstufigkeit

Meist ist man an Vorgängen interessiert, die nicht auf ein einzelnes Ergebnis beschränkt sind, zum Beispiel an mehrmaligem Würfeln oder an der gleichzeitigen Erhebung von Geschlecht und Wahlverhalten eines Menschen. Solche Vorgänge werden als mehrstufige Vorgänge bezeichnet. Man unterscheidet Vorgänge, die aus einem einzigen sich wiederholenden Ereignis bestehen, und solche, die unterschiedliche Ereignisse beinhalten. Außerdem können die Ereignisse gleichzeitig oder nacheinander ablaufen. In Tabelle 2.1 sind Beispiele für die möglichen Kombinationen gelistet.

	Gleiche Ereignisse	Unterschiedliche Ereignisse
Parallel	Einmaliges Würfeln mit n Würfeln	Erhebung von mehreren Merkmalen
Nacheinander	n -maliges Würfeln mit einem Würfel Roulette spielen	Das Ziegenproblem

Tabelle 2.1.: Beispiele für mehrstufige Vorgänge

Auf Grund seiner Berühmtheit soll das Ziegenproblem hier kurz erläutert werden und uns später zur Evaluierung des entwickelten Werkzeugs dienen.

Beispiel. Das Ziegenproblem oder auch Monty-Hall Dilemma bezieht sich auf eine amerikanische Game Show namens ‘Let’s make a deal’, moderiert von Monty Hall. In dieser Show kann ein Kandidat/eine Kandidatin ein Auto gewinnen, das hinter einer von drei Türen versteckt ist. Hinter den anderen beiden Türen wartet je eine Ziege. Das Spiel läuft folgendermaßen ab (vgl. Abbildung 2.1):

1. Der Kandidat/die Kandidatin wählt eine der drei Türen aus.
2. Der Moderator öffnet eine der anderen beiden Türen, hinter der sich eine Ziege befindet. Niemals wird von ihm in diesem Schritt die Tür mit dem Auto geöffnet.
3. Der Kandidat/die Kandidatin hat die Möglichkeit seine/ihre Wahl zu ändern und von der ursprünglich gewählten Tür auf die andere, nicht geöffnete Tür zu wechseln.
4. Der Kandidat/die Kandidatin gewinnt genau dann, wenn er/sie am Ende die Tür mit dem versteckten Auto gewählt hat.

Wegen des breiten Unverständnisses, dass die Wahrscheinlichkeit ein Auto zu enthalten nach Schritt 2 nicht für beide ungeöffneten Türen gleich ist, fand das Problem als sogenanntes Paradoxon Eingang in die Stochastik-Didaktik und viele verschiedene Erklärungsansätze wurden publiziert, etwa von Götz mit Hilfe der Bayesschen Regel [Göt06]. Das Argument basiert auf dem Einfluss der Position des Autos auf die Wahl der zu öffnenden Tür durch den Moderator in Punkt 2. Mit Hilfe von Baumdiagrammen wollen wir das Ziegenproblem an geeigneter Stelle wieder aufgreifen und die Lösung aus [Göt06] visuell aufbereiten, siehe Abschnitt 5.2.9.

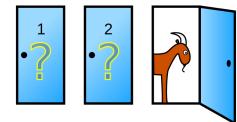


Abbildung 2.1.

Die Frage nach dem Zusammenhang der Ereignisse ist der zentrale Punkt im obigen Ansatz. Nicht nur im Ziegenproblem ist diese Frage von Interesse, sondern in vielen mehrstufigen Vorgängen. Wird eine Partei eher von Frauen gewählt als von Männern? Kommt beim Roulette nach einer schwarzen Zahl wahrscheinlicher eine rote Zahl? Wie die Wahrscheinlichkeit durch zusätzliche Informationen präzisiert werden kann, sagt uns der Satz von Bayes.

2.1.3. Satz von Bayes

Wissen wir über die Zusammenhänge der Ereignisse Bescheid und besitzen wir Informationen über die Ergebnisse der anderen Teilvorgänge, so kann mit Hilfe des Satzes von Bayes eine aktualisierte Wahrscheinlichkeit basierend auf allen bekannten Fakten berechnet werden. Genauer können wir aus der a-priori Wahrscheinlichkeit $P(A)$ eines Ereignisses A mit Hilfe

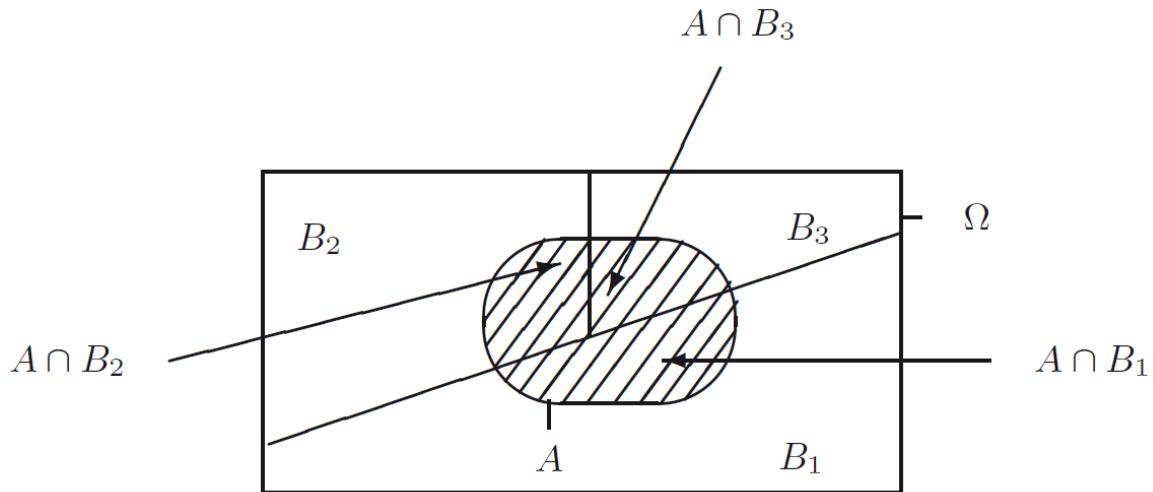


Abbildung 2.2.: Satz der totalen Wahrscheinlichkeit mit drei Teilmengen [KS11, S.196]

von zusätzlichen Informationen über ein weiteres eingetretenes Ereignis B die a-posteriori Wahrscheinlichkeit $P(A|B)$ berechnen.

Für die Formulierung des Satzes von Bayes benötigen wir den Satz der totalen Wahrscheinlichkeit. Im Folgenden finden sich keine Beweise, da sie für die Arbeit nicht relevant und leicht nachzuschlagen sind, z. B. in [EV11, S.123f.].

Satz 2.5 (Satz der totalen Wahrscheinlichkeit). *Seien B_i , $i = 1, \dots, n$ paarweise disjunkte Teilmengen der Ergebnismenge Ω und es gelte $\bigcup_i B_i = \Omega$ und $P(B_i) > 0 \forall i$, dann gilt für jedes Ereignis $A \subseteq \Omega$*

$$P(A) = \sum_i P(A \cap B_i) = \sum_i P(A|B_i) \cdot P(B_i)$$

Eine grafische Darstellung des Satzes findet sich in Abbildung 2.2 für $n = 3$.

Satz 2.6 (Satz von Bayes). *Seien B_i , $i = 1, \dots, n$ und A Ereignisse, die den Voraussetzungen des Satzes der totalen Wahrscheinlichkeit genügen und $P(A) > 0$, dann gilt:*

$$P(B_i|A) = \frac{P(A|B_i) \cdot P(B_i)}{P(A)} = \frac{P(A|B_i) \cdot P(B_i)}{\sum_j P(A|B_j) \cdot P(B_j)}$$

Im Unterricht wird oft nur die folgende, vereinfachte Form des Satzes von Bayes verwendet.

Satz 2.7 (Satz von Bayes einfach). *Seien A und B Teilmengen der Ergebnismenge Ω mit $P(A) > 0$ und $P(B) > 0$, dann gilt*

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

Diese Formel erlaubt es, mit dem Wissen um den Einfluss eines Ereignisses B auf ein Ereignis A auch umgekehrt den Einfluss von A auf B zu berechnen, ein Zusammenhang, der bei der Lösung von vielen stochastischen Problemstellungen zur Anwendung kommt.

2.2. Lehrplanbezug und Einordnung in das Kompetenzmodell

Im Lehrplan der sechsten Klasse in allgemeinbildenden höheren Schulen ist für das vierte Semester (unter anderem) folgender Inhalt festgeschrieben [Leh]:

Beschreibende Statistik; Wahrscheinlichkeit

- Mit Wahrscheinlichkeiten rechnen können (Baumdiagramme; Additions- und Multiplikationsregel)
- Bedingte Wahrscheinlichkeiten und (stochastische) Unabhängigkeit von Ereignissen kennen
- Den Satz von Bayes kennen und anwenden können

Im Kompetenzmodell des Mathematikunterrichts für die Sekundarstufe II bzw. die standardierte Reifeprüfung beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit dem *Inhaltsbereich Wahrscheinlichkeit und Statistik* und zielt auf folgende Grundkompetenz ab:

Grundkompetenzen: WS 2.3.

Wahrscheinlichkeiten unter der Verwendung der Laplace-Annahme (Laplace-Wahrscheinlichkeit) berechnen und interpretieren können, Additionsregel und Multiplikationsregel anwenden und interpretieren können [AFH⁺, S.15]

Zieht man die Handlungsbereiche aus dem Kompetenzmodell der Bildungsstandards der 8. Schulstufe in Mathematik heran so fallen die Themen, die Inhalt der vorliegenden Arbeit sind, primär in den *Handlungsbereich Darstellen, Modellbilden (H1)*, da die Schülerinnen und Schüler stochastische Fragestellungen, üblicherweise als Text gegeben, mathematisieren müssen. Das heißt, sie müssen eine vorgegebene Situation in Ereignisse und Vorgänge strukturieren und mit einer geeigneter Visualisierungsmethode darstellen. Darüber hinaus müssen sie *Rechnen, Operieren (H2)*, um unter Anwendung der Pfadregeln gesuchte Wahrscheinlichkeiten zu ermitteln. Je nach Fokus kann das mechanische Rechnen allerdings in den Hintergrund treten und durch automatische Berechnung ersetzt werden. Im letzten Schritt ist das berechnete Ergebnis zu *Interpretieren (H3)*, da das mathematische Ergebnis kontextbezogen reflektiert und in eine Aussage über die reale Situation übersetzt werden muss.

3. Visualisierungsmethoden für mehrstufige Vorgänge und bedingte Wahrscheinlichkeiten

3.1. Mathematisierung und Visualisierung von mehrstufigen Vorgängen

Die Visualisierung von stochastischen Situationen wird in Wolpers & Götz als eine von sieben *Bereichsspezifischen Strategien* des Stochastikunterrichts gelistet [WG02, S.95], wobei sogleich betont wird, dass deren Funktion über ein reines Darstellen hinausgeht:

Visualisierungen spielen bei der Modellbildung eine besondere Rolle. Der Weg von einer Realsituation zum Modell besitzt häufig folgende Übergänge: Realsituation, Realanschauung → schematische Strukturierung → Anschauungsmodell → symbolische Darstellung. Dabei spielen Visualisierungen oft eine entscheidende Rolle. Sie stellen einen Ersatz für die Realanschauung dar, dienen einer schematischen Strukturierung und liefern Anschauungsmodelle als „Denkwerkzeuge“. In der Stochastik spielen folgende Visualisierungen eine besondere Rolle: Venn-Diagramme, Tabellen, Tafeln, Graphen, Baumdiagramme und Diagramme der EDA [Explorative Datenanalyse, Anm.]. [WG02, S.237]

Die Eigenschaft des Platzhalters für das Original, also die Realsituation wird auch bei Bea & Scholz betont, ebenso wie die Wichtigkeit der einfachen kognitiven Verarbeitbarkeit von grafischen Modellen [BS95, S.301].

Ein Überblick und eine Klassifikation von Methoden zur Visualisierung von bedingten Wahrscheinlichkeiten und bayesianischen Zusammenhängen von Merkmalen wurde von Khan et al. vorgenommen [KBGH15, S.96]. Dort werden die Typen *branching*, *nested* und *frequency* unterschieden, siehe Abbildung 3.1. Der *branching* Typ zeichnet sich aus durch die Darstellung als Graph mit Knoten und Kanten und der verzweigenden Struktur. Daher stellt das klassische Baumdiagramm das Paradebeispiel des *branching* Typen dar. Der *nested* Typ bildet die Teilmenge – Grundmenge Relation von Bedingendem und Bedingtem durch Ineinanderschachteln von Flächen ab und hat als typischen Vertreter das Venn-Diagramm, dessen Spezialfall das Einheitsquadrat ist.

Diese beiden Methoden — das Baumdiagramm und das Einheitsquadrat — sind zentral im Stochastikunterricht für die Visualisierung von bedingten Wahrscheinlichkeiten und sollen deshalb Gegenstand dieser Arbeit und des zu entwerfenden digitalen Werkzeuges sein.

Anforderung 1 (Digitale Baumdiagramme und Einheitsquadrate erstellen). Visualisierung von bedingter Wahrscheinlichkeit und mehrstufigen Vorgängen mit einem digitalen Werkzeug zu unterstützen bedeutet ein technologisches Instrument zu entwickeln, das das Arbeiten sowohl mit Baumdiagrammen als auch mit Einheitsquadraten unterstützt.

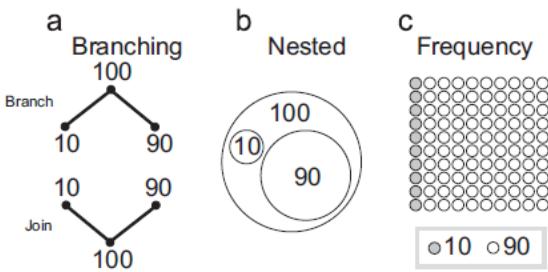


Abbildung 3.1.: Beispiele für die drei Visualisierungstypen nach der Klassifikation von Khan et al. [KBGH15, S.98]

3.2. Das Baumdiagramm

In der Stochastik-Didaktik sind Baumdiagramme ein wesentliches Werkzeug, das das Arbeiten mit stochastischen Problemstellungen in vielerlei Art und Weise unterstützt. Wie zahlreich die konkreten Anwendungen des Baumdiagramms sind und welche verschiedenen Arten von Bäumen es gibt, beschreiben Wolpers & Götz in folgender (immer noch erweiterbaren) Auflistung:

Das Baumdiagramm ist zunächst ein anschauliches Schema für die Beschreibung einer realen Zufallssituation. Seine wesentliche Bedeutung erhält es aber, weil es darüber hinaus generative Kraft besitzt Analysen und Explorationen in Gang zu setzen. Im Einzelnen dienen Baumdiagramme zur/als Darstellung von Produkträumen, Vermittlung zwischen relativer Häufigkeit und klassischer Wahrscheinlichkeit, Darstellung von bedingten Wahrscheinlichkeiten, Herleitung von Pfadregeln, Ermittlung des Erwartungswertes, Berechnung von Faltungen, Entscheidungsbaum, Darstellung der Bayes-Struktur, des induktiven Schließens, Darstellung der Idee des Hypothesentests, Zugang zum Begriff der Varianz, Vorbereitung des zentralen Grenzwertsatzes, rekursiven Berechnung von Markoff-Ketten. Je nach vorliegender Problemstruktur kann das Baumdiagramm der stochastischen Situation flexibel angepasst werden. So kann man vollständige, reduzierte, rekursive, umgekehrte, „unendliche“ Bäume verwenden. [WG02, S.238f.]

Daraus ist das breite Spektrum der Funktionen des Baumdiagramms auf den unterschiedlichsten Ebenen des Erkenntnisstandes von Schülerinnen und Schülern klar ersichtlich. Ebenso werden verschiedene ‘Typen’ erwähnt, also Spezialformen (z. B. reduzierte Bäume) oder Erweiterungen (z. B. unendliche Bäume) des klassischen Diagramms.

Krüger et al. begründen Anwendung und Nutzen von Baumdiagrammen folgendermaßen:

Als durchgängige Strukturierungshilfe für mehrstufige Vorgänge bieten sich die Baumdiagramme an, da diese nicht nur Übersicht schaffen, sondern auch als Darstellungsmittel und Denkwerkzeug aus anderen Bereichen des Mathematikunterrichts vertraut sind. [...] Baumdiagramme werden statisch zur Strukturierung einer Situation oder dynamisch als Werkzeug zur Lösung einer Aufgabe genutzt [...] Das Baumdiagramm hat bei der Erfassung mehrstufiger Vorgänge in der Stochastik eine analoge Funktion im Modellierungsprozess wie die Planfigur in geometrischen Anwendungsaufgaben. [KSS15, S.131]

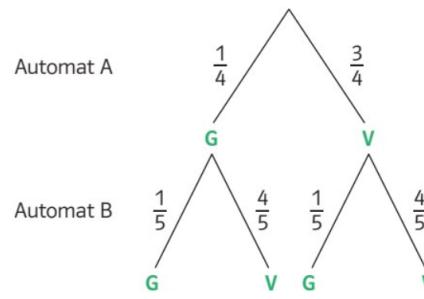


Abbildung 3.2.: Baumdiagramm über das Spielen an zwei Automaten mit Gewinnwahrscheinlichkeit $1/4$ bzw. $1/5$ [MKW⁺18, S.256]

Das Ziel der modellhaften Beschreibung mehrstufiger Vorgänge mit Baumdiagrammen ist es, einen Überblick über die verschiedenen zusammengesetzten Ergebnisse zu erhalten und schließlich Wahrscheinlichkeiten aus den daraus gebildeten Ereignissen zu berechnen und zu interpretieren. [KSS15, S.130]

Das Baumdiagramm hat also eine werkzeugartige Funktion, die über ein reines Darstellen hinausgeht und ist ein bedeutender Teil im Modellbildungsprozess. Darüber hinaus erfüllt es noch viele weitere Aufgaben, wie die Zitate oben darlegen. Konkret ergibt sich folgende Liste an Funktionen (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

- Modellbilden: Strukturieren und Modellieren eines Sachverhalts
- Visualisieren: Beschreiben und verdichtetes Veranschaulichen eines Sachverhaltes
- Operieren: Werkzeug für die Analyse von Strukturen, zur Berechnung von Wahrscheinlichkeiten, zum Erkennen von Mustern
- Experimentieren: Werkzeug zur Generierung von Hypothesen, zum Austesten von Annahmen

3.2.1. Aufbau und Inhalte von Baumdiagrammen

Das Baumdiagramm bezieht seinen Namen aus der baumartigen Struktur seines Aufbaus, siehe zum Beispiel Abbildung 3.2. Seine Struktur entspricht dabei im graphentheoretischen Sinn der eines gerichteten Baumes mit Wurzel. Konkret heißt das, der Graph ist kreisfrei und besitzt einen ausgezeichneten Knoten, die Wurzel, die Ursprung aller gerichteten Pfade ist. Die Kreisfreiheit impliziert, dass jeder Knoten außer der Wurzel genau eine eingehende Kante und beliebig viele ausgehende Kanten besitzt.

Die Wurzel des Baumes ist der Ausgangspunkt des Vorgangs. Die Ebenen im Baum entsprechen den einstufigen Teilvergängen im mehrstufigen Vorgang, die Knoten in einer Ebene den Ereignissen eines Teilverganges. Von jedem Knoten bzw. Ereignis einer Ebene verzweigen sich Pfade zur nächsten Ebene. Die Verzweigung entspricht einer Aufspaltung der Ergebnismenge Ω_V des nachfolgenden Teilverganges V in disjunkte Ereignisse, also in mögliche Ausgänge des nächsten Schrittes. Meist sieht diese Aufspaltung in Ereignisse aus Ω_V an jedem Knoten einer Ebene gleich aus und überdeckt Ω_V . Dies ist aber nicht zwingend notwendig.

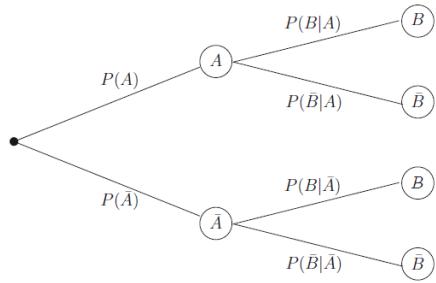


Abbildung 3.3.: Ein generisches Baumdiagramm mit zwei Ereignissen A und B , die nicht notwendig stochastisch unabhängig sind. \bar{A} bezeichnet das Gegenereignis zu A , Abbildung nach [KS11, S.186]

Definition 3.1 (Vollständiges Baumdiagramm). Ein Baumdiagramm heißt *vollständig*, wenn zu jedem Knoten und dessen Ereignis die verknüpften Ereignisse aus Ω_V des folgenden Teilvorgangs V die Ergebnismenge Ω_V vollständig überdecken.

Ein Beispiel für einen vollständigen Baum und einer in jedem Knoten identen Aufspaltung ist in Abbildung 3.2 dargestellt. Der beschriebene Vorgang besteht aus dem Spiel mit zwei verschiedenen Automaten A und B , die jeweils die Ereignismenge $\Omega = \{\text{Gewinnen}(G), \text{Verlieren}(V)\}$ besitzen.

Die Kanten im Diagramm beschreiben den Übergang vom Knoten/Ereignis E zu den Ereignissen E_i im nächsten Teilvergäng. Deswegen werden zu diesen üblicherweise die Wahrscheinlichkeiten notiert, mit denen letztere eintreten. Es ist zu beachten, dass es sich hier um bedingte Wahrscheinlichkeiten der Ereignisse E_i handelt. Die Bedingung ist, dass zuvor E und alle weiteren Ereignisse zwischen dem Knoten E und dem Ursprung eingetreten sind. Ein Schema für ein zweistufiges Baumdiagramm mit den bedingten Wahrscheinlichkeiten ist in Abbildung 3.3 zu sehen.

Die aufbauende Anordnung der Ebenen im Baumdiagramm bedeutet nicht zwingend eine zeitliche Nachfolge, auch wenn die Struktur dies andeutet. Auch parallele Ereignisse können als Baum abgebildet werden. Ein Pfad im Baum führt zu einem Blatt — einem mehrstufigen Ereignis, das aus allen Ereignissen entlang des Pfades zusammengesetzt ist. In Abbildung 3.4 sind neben dem Baum auch explizit die zusammengesetzten Ereignisse und die Wahrscheinlichkeiten dieser angeführt. Anzumerken ist, dass hier die Konzepte der relativen Häufigkeit und der Wahrscheinlichkeit vermischt werden.

Eine weitere verbreitete Verwendung von Baumdiagrammen ist die Visualisierung von Häufigkeiten. Statt Ereignissen entsprechen die Knoten hier den erhobenen Merkmalen und beinhalten oft zusätzlich die Information über die absolute Häufigkeit, etwa in Abbildung 3.5. Solche Bäume eignen sich gut um Partitionierungen einer Grundmenge zu veranschaulichen. Aber auch Diagramme wie in Abbildung 3.4 mit relativen Häufigkeiten an den Kanten sind gebräuchlich. Sie sind, wie oben angesprochen, ein Ansatz zur Vermittlung zwischen der relativen Häufigkeit und der empirischen Wahrscheinlichkeit. Sehr selten werden absolute Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten kombiniert wie in Abbildung 3.6. Dieses Diagramm ist auch ein Beispiel für einen unvollständigen Baum, da für die konkrete Fragestellung manche Äste nicht von Interesse sind.

Für diese unterschiedlichen Arten von Bäumen werden häufig die Begriffe *Wahrscheinlichkeitsbaum* bzw. *Häufigkeitsbaum* verwendet. Die Vollständigkeitseigenschaft der letzteren kann analog zu oben definiert werden und auch die Kontrollregeln, die wir in Abschnitt 3.2.3

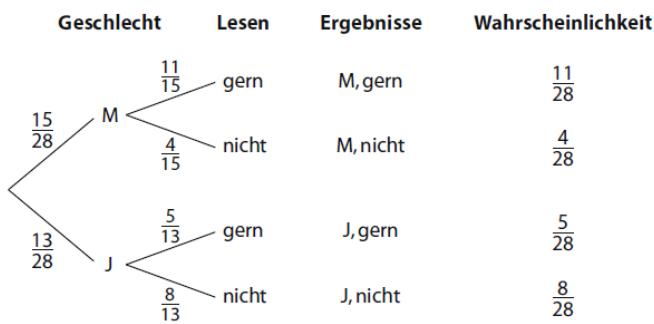


Abbildung 3.4.: Ein Baumdiagramm mit relativen Häufigkeiten von Schülerinnen und Schülern nach Geschlecht und Leseaffinität inklusive der zusammengesetzten Ergebnisse und deren Wahrscheinlichkeiten in einer Klasse mit 28 Personen [KSS15, S.140]

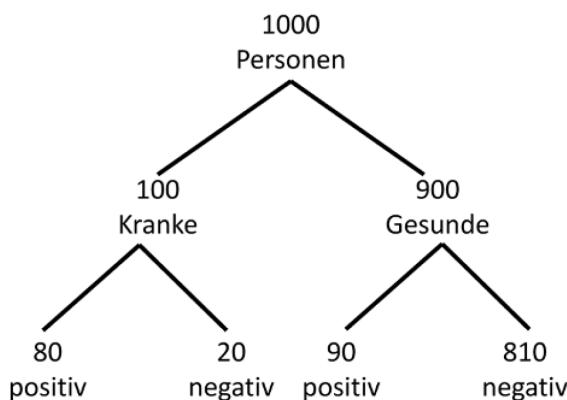


Abbildung 3.5.: Ein Baumdiagramm mit absoluten Häufigkeiten und der Partitionierung einer Grundmenge an Menschen mit/ohne eine(r) bestimmten Krankheit und einem positiven/negativen Testergebnis zu dieser Krankheit [BLEV18a, S.133]

formulieren werden, treffen auf relative Häufigkeiten analog zu.

Für den Schulunterricht schlagen Krüger et al. folgende Anleitung zur Konstruktion von Baumdiagrammen vor [KSS15, S.133]:

1. Stelle dir den Sachverhalt vor und bestimme die Teilvergänge, indem du dich fragst: „Was passiert zuerst und was passiert dann (und was danach ...) ?“ Oder: „Was passiert gleichzeitig?“
2. Bestimme für jeden Teilvergang das jeweils betrachtete Merkmal sowie dazu alle möglichen Ergebnisse: „Bei dem Teilvergang kann das Ergebnis oder das Ergebnis oder ... eintreten.“
3. Ordne die Teilvergänge nacheinander an, nach Möglichkeit dem zeitlichen Ablauf entsprechend.
4. Zeichne ein Baumdiagramm, in dem jedes Ergebnis des ersten Teilvergangs Ausgangspunkt für alle Ergebnisse des zweiten Teilvergangs ist. Gibt es

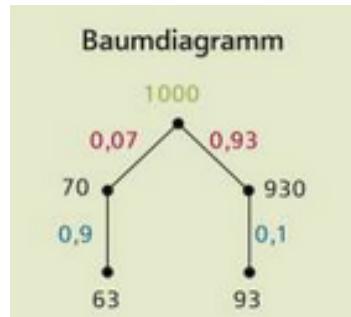


Abbildung 3.6.: Ein unvollständiges Baumdiagramm mit absoluten Häufigkeiten an den Knoten und Wahrscheinlichkeiten an den Kanten [BLLSS10, S.154]

mehr als zwei Teilvergänge, ist wieder jedes Ergebnis des zweiten Teilvergangs Ausgangspunkt für alle Ergebnisse des dritten Teilvergangs usw.

5. Jedes Pfadende entspricht einem zusammengesetzten Ergebnis, das du in Kurzform hinter die Pfadenden schreibst.

Laut Krüger et al. ist allein die Modellierung eines stochastischen Sachverhaltes in der Baumstruktur eine nicht zu unterschätzende Herausforderung für Schülerinnen und Schülern. Deswegen soll laut ihnen folgender Schritt erst nach einer hinreichenden Einübungssphase des Baumkonstruierens hinzukommen.

6. Bestimme die Wahrscheinlichkeiten der Ergebnisse des ersten Teilvergangs, des zweiten Teilvergangs usw. und schreibe sie an die betreffenden Pfade.

Dieser stufenweise Ausbau der Anwendung von Baumdiagrammen entspricht der Forderung des Spiralprinzips [Bru70] und ist Anlass für

Anforderung 2 (Baumdiagramme nach dem Spiralprinzip unterstützen). Schülerinnen und Schülern soll ein niederschwelliger Einstieg in die Welt der Baumdiagramme ermöglicht werden. Der gedankliche Prozess der Baumkonstruktion soll Schritt für Schritt und Ereignis für Ereignis durchlaufen und der Baum optional mit Wahrscheinlichkeiten oder Häufigkeiten versehen werden. Dariüber hinaus sollen für ein fortgeschrittenes Lernstadium nützliche Funktionen angeboten werden, um Baumdiagramme schnell und effizient manipulieren zu können, etwa durch die Generierung von Baumdiagrammen aus wenigen Angaben zu dessen Teilvergängen oder der automatischen Berechnung von Wahrscheinlichkeiten.

Baumdiagramme, die nach der obigen Anleitung konstruiert werden, sind vollständig und enthalten nach Punkt 2 genau die Elementarereignisse der Teilvergänge. Nicht immer sind allerdings alle möglichen Nachfolgeereignisse im Einzelnen von Interesse.

Definition 3.2 (Reduziertes Baumdiagramm). Ein Baumdiagramm heißt *reduziert*, wenn es Knoten mit Ereignissen enthält, die keine Elementarereignisse sind.

Bäume, wie sie mit der obigen Anleitung konstruiert werden, sind immer nicht reduziert und können sich bei manchen Sachverhalten als unhandlich erweisen. Beispielsweise hätte das Diagramm eines zweifachen Wurfes mit einem Würfel im nicht-reduzierten Fall 6×6 Blätter für die Wurfergebnisse. Es kann deshalb sinnvoll sein Ergebnisse zusammenzufassen und nur relevante Ereignisse und deren Gegenereignisse zu betrachten. Ist man beispielsweise an der

Wahrscheinlichkeit interessiert bei zwei Würfen mindestens eine Sechs zu würfeln, reicht es das Ereignis *Augenzahl 6* und das Gegenereignis *Augenzahl ungleich 6* zu unterscheiden. Das entsprechende Diagramm hat damit gesamt nur vier statt 36 Blätter. Auf der anderen Seite ermöglichen vollständige, nicht-reduzierte Bäume aus kombinatorischer Sicht das einfache Ablesen und Abzählen aller möglichen Ausgänge.

Zusammenfassen kann folgende Forderung formuliert werden:

Anforderung 3 (Verschiedene Typen von Baumdiagrammen realisieren). Ein digitales Werkzeug zur Unterstützung der Modellierung mit Baumdiagrammen soll sowohl die Erstellung von Wahrscheinlichkeitsbäumen als auch von Häufigkeitsbäumen ermöglichen, ebenso wie von vollständigen und unvollständigen, sowie von reduzierten Bäumen.

3.2.2. Grafische Darstellung von Baumdiagrammen

Wie bereits erwähnt repräsentiert jede Ebene einen Teilvergang/eine Stufe im mehrstufigen Vorgang. Da Baumdiagramme speziell zur Visualisierung von mehr oder weniger komplexen Sachverhalten dienen, ist auch die grafische Anordnung relevant. Um das Verständnis bestmöglich zu unterstützen, werden alle Knoten der gleichen Ebene auch grafisch in einer Ebene gezeichnet. Die Ebenen werden oft horizontal dargestellt und untereinander angeordnet ausgehend von der Wurzel oben. Der Baum wächst also nach unten, etwa in den Abbildungen 3.2, 3.5 oder 3.6. Ebenso häufig werden die Ebenen des Baumdiagramms vertikal dargestellt und nebeneinander angeordnet mit der Wurzel links. Der Baum wächst also von links nach rechts, z. B. in den Abbildungen 3.3 und 3.4. Die Ebene eines Knotens berechnet sich aus der Länge des Pfades bis zur Wurzel. Die Wurzel repräsentiert dabei immer Ebene 0. Krauss sieht die horizontale Version als intuitiv für einen Prozessablauf [Kra03, S.6]. Im Gegensatz dazu werden Diagramme mit absoluten Häufigkeiten öfters vertikal abgebildet, da dies intuitiv besser der Partitionierung der Grundmenge entspricht. Durch die Hervorhebung der Wurzel und die uniforme Darstellung der Ebenen im Baumdiagramm ergibt sich in der Regel die Richtung der Kanten. Diese wird deshalb meist nicht explizit dargestellt.

Wie in den Abbildungen bereits ersichtlich werden in die Knoten häufig die entsprechenden Ereignisse oder Merkmale notiert und eventuell die absoluten Häufigkeiten, sofern es sich um eine Partitionierung handelt.

Ein Vorteil einer digitalen Repräsentation gegenüber Stift und Papier ist die Möglichkeit, dynamisch Änderungen am Baum durchzuführen:

Anforderung 4 (Grafische Darstellung dynamisieren). Ein digitales Werkzeug zur Erstellung von Baumdiagrammen soll eine übersichtliche, situationsadäquate Darstellung unterstützen. Hierzu zählen Möglichkeiten Bäume zu bearbeiten, Änderungen wie neue Äste einheitlich zu integrieren und einen Wechsel zwischen horizontaler und vertikaler Anordnung durchzuführen.

3.2.3. Multiplikationsregel und Additionsregel

Um, wie bei den Funktionen in Abschnitt 3.1 schon angesprochen, mit Baumdiagrammen auch operieren zu können, bedarf es einiger Überlegungen und Regeln für die Berechnung von Wahrscheinlichkeiten, siehe z. B. [KSS15, S.134ff.]. Wir formulieren vier sehr nützliche Regeln, die sich direkt aus der Konstruktion des Baumdiagramms ableiten.

Kontrollregel 1: In einem vollständigen Baumdiagramm ist an jedem Knoten/Ereignis die Summe der Wahrscheinlichkeiten aller ausgehenden Kanten gleich 1.

Jeder Pfad von der Wurzel bis zum Blatt repräsentiert einen möglichen Ablauf des mehrstufigen Vorgangs. Die Wahrscheinlichkeit des jeweiligen zusammengesetzten Ereignisses nennt sich Pfadwahrscheinlichkeit und lässt sich mit folgender Regel berechnen:

Pfadmultiplikationsregel: In einem Baumdiagramm ist die Wahrscheinlichkeit eines zusammengesetzten Ereignisses gleich dem Produkt der Wahrscheinlichkeiten längs der Kanten des Pfades, der zu dem Ereignis führt.

Für vollständige Diagramme lässt sich aus der Pfadmultiplikationsregel eine zweite Kontrollregel ableiten.

Kontrollregel 2: In einem vollständigen Baumdiagramm ist in jeder Ebene die Summe über die Wahrscheinlichkeit aller (zusammengesetzten) Ereignisse gleich 1.

Die letzte wichtige Regel zum Operieren auf Baumdiagrammen ist die

Pfadadditionsregel: Setzt sich ein Ereignis aus mehreren Pfaden zusammen, so ist die Wahrscheinlichkeit dieses Ereignisses gleich der Summe der Pfadwahrscheinlichkeiten.

Das Ziel und die Herausforderung für Schülerinnen und Schüler im Umgang mit mehrstufigen Vorgängen ist wie oben angesprochen die Strukturierung und Analyse von Problemstellungen und die Interpretation der mathematischen Lösung. Die Berechnung der Werte entlang der Pfade des Baumes erzielt didaktisch keinen großen Mehrwert, was zur nächsten Anforderung führt.

Anforderung 5 (Rechenarbeit automatisieren). Eine technische Unterstützung für Baumdiagramme soll eine automatische Berechnung der Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten anbieten. Abhängig von den bekannten Größen sollen die Pfadregeln angewendet und die Werte entlang der Pfade bestimmt werden.

Wir wollen im Rahmen dieser Arbeit keine exakten Beweise für die oben genannten Regeln geben, sondern ihre Gültigkeit an einem Beispiel zeigen.

Beispiel. Betrachten wir ein weiteres mal Abbildung 3.4 über die Leseaffinität in einer Klasse von 28 Schülern:

- Die Klasse besteht aus 15 Mädchen und 13 Jungen. Nur 4/15 der Mädchen der Klasse lesen nicht gerne, wohingegen 11/15 gerne lesen. Diese Unterteilung nach der Leseaffinität bildet offensichtlich eine disjunkte Überdeckung der Gruppe der Mädchen. Die relativen Häufigkeiten müssen sich daher auf 1 addieren, wie in Kontrollregel 1 festgehalten.
- Die Gültigkeit der Pfadmultiplikationsregel ist auch klar ersichtlich, da die relative Häufigkeit von z. B. gerne lesenden Mädchen genau dem relativen Anteil der Mädchen multipliziert mit dem relativen Anteil der gerne Lesenden, wenn es sich um ein Mädchen handelt, entspricht.

- Die zweite Kontrollregel entspricht ebenso der intuitiven Erwartung, da die Blätter des Baumes genau die vier disjunkten Untergruppen der Klasse abbilden und diese zusammen wieder die ganze Klasse ergeben.
- Wenn wir etwa an der Wahrscheinlichkeit interessiert sind, zufällig einen Schüler/eine Schülerin auszuwählen, der/die nicht gerne liest, können wir auf den Satz der totalen Wahrscheinlichkeit zurückgreifen. Dieser besagt, dass wir die gesuchte Wahrscheinlichkeit ermitteln können, indem wir die Wahrscheinlichkeiten der zusammengesetzten Ereignisse $\{M, \text{liest nicht gerne}\}$ und $\{J, \text{liest nicht gerne}\}$ addieren, also

$$P(\text{ein/e Schüler/in, der/die nicht gerne liest}) = \frac{4}{28} + \frac{8}{28} = \frac{12}{28} = \frac{3}{7} \approx 0,43$$

Die Wahrscheinlichkeit einen Schüler/eine Schülerin auszuwählen, der/die nicht gerne liest, liegt also bei ungefähr 43%. Dies stimmt genau mit der Pfadadditionsregel und der Addition der beiden Wahrscheinlichkeit der beiden Ereignisse (M, nicht) und (J, nicht) überein.

Neben der hier vorgestellten klassischen Variante des Baumdiagramms können noch weitere Varianten definiert werden, wie etwa das vollständige Baumdiagramm bei Wassner [Was04, S.40] (Vollständigkeit in einem anderen Sinn als oben eingeführt) oder der umgekehrte Baum bei Bea & Scholz [BS95, S.304]. Da in der Schule diese Spezialfälle weniger häufig verwendet werden, beschränken wir uns in der vorliegenden Arbeit auf klassische Bäume.

3.3. Vierfeldertafeln und Einheitsquadrat

Mehrfeldertafeln sind eine einfache Strukturierungsmethode für Häufigkeiten von kategorialen Merkmalen, die die Werte in tabellarischer Form zeigen. Vierfeldertafeln beschränken sich auf zwei Merkmale mit jeweils zwei Merkmalsausprägungen, siehe zum Beispiel Tabelle 3.1. Einheitsquadrate sind Verbildlichungen dieser und unterstützen die numerische Information auch geometrisch über verschieden große Flächen. Nicht nur die Anteile, also die konjunktive Häufigkeiten der verschiedenen Merkmalsausprägungen werden visualisiert, auch die bedingten Häufigkeiten finden sich in den Seitenlängen und Flächenverhältnissen wieder. Bea & Scholz sehen großes Potenzial im Einheitsquadrat, das sich direkt aus dessen

	Mädchen	Jungen	
liest gern	11	5	16
liest nicht gern	4	8	12
	15	13	28

Tabelle 3.1.: Eine Vierfeldertafel mit absoluten Häufigkeiten von Schülerinnen und Schülern nach Geschlecht und Leseaffinität in einer Klasse mit 28 Personen, vgl. Abbildung 3.4

Konstruktion ableiten lässt:

Das Einheitsquadrat stellt einen Spezialfall des sogenannten Venn-Diagramms dar, bei dem Wahrscheinlichkeiten von Ereignissen durch Flächen (hier: Rechtecke) repräsentiert werden. [...] Der große Vorteil dieser Graphik ist es, daß

nicht nur die Ereignisse [...], sondern auch deren Wahrscheinlichkeiten quantitativ sichtbar gemacht werden. Dies geschieht dadurch, daß die Gesamtfläche des Quadrats auf 1 normiert wird und somit die (konjunktiven) Wahrscheinlichkeiten direkt den Flächeninhalten entsprechen. [...] Besonders transparent werden die qualitativen Zusammenhänge: Verändert man eine beliebige Wahrscheinlichkeit und damit den entsprechenden Flächeninhalt, so werden sämtliche Auswirkungen auf andere Wahrscheinlichkeiten in dynamischer Weise direkt sichtbar gemacht. Dies stellt aus didaktischer Sicht einen wesentlichen Vorteil dieser Graphik dar, da nach unserer Erfahrung das direkte, intuitive Erkennen qualitativer Relationen auch einen wesentlichen Beitrag zum Abbau kognitiver Barrieren führt, wenn es um quantitative Beziehungen geht. [BS95, S.305f.]

Wie wir später bei der Konstruktion von Einheitsquadranten zeigen werden, hat jede Strecke und jede Fläche tiefere Bedeutung, angefangen bei konjunktiven und bedingten Häufigkeiten bis hin zu einem Maß für den Zusammenhang der Merkmale.

Die Dichte an enthaltener Information und die direkte Veranschaulichung von stochastischer Abhängigkeit hat den Preis einer höheren Komplexität in der Konstruktion im Vergleich zum Baumdiagramm, das sehr einfach gezeichnet werden kann. Dies und die Tatsache, dass das Einheitsquadrat nicht so universell einsetzbar ist wie das Baumdiagramm, sind vermutlich ein Grund dafür, dass diese Form der Veranschaulichung in der Schule nicht so weit verbreitet ist.

3.3.1. Die Vierfeldertafel

Vierfeldertafeln sind eine Strukturierungsmethode zur Auswertung zweier kategorialer Merkmale A und B mit jeweils zwei möglichen (disjunkten) Ausprägungen A_1, A_2 und B_1, B_2 in der Stichprobe G einer statistischen Erhebung. Die Merkmale werden in einem Raster mit zwei Zeilen und zwei Spalten, der Tafel, beschrieben. Die vier Felder der Tafel beinhalten

	A_1	A_2	
B_1	$ A_1 \cap B_1 $	$ A_2 \cap B_1 $	$ B_1 $
B_2	$ A_1 \cap B_2 $	$ A_2 \cap B_2 $	$ B_2 $
	$ A_1 $	$ A_2 $	$ G $

Tabelle 3.2.: Schematische Darstellung einer Vierfeldertafel mit absoluten Häufigkeiten

die absolute Häufigkeiten mit denen jeweils eine der vier möglichen Kombination der Merkmale A und B in der Stichprobe vorkommen, siehe Tabelle 3.2. Die Summe über eine Zeile bzw. eine Spalte ergibt die gesamte Anzahl an Vorkommnissen einer bestimmten Merkmalsausprägung A_1 oder A_2 bzw. B_1 oder B_2 . Die Summe über die äußere Spalte bzw. Zeile entspricht genau der Mächtigkeit der Stichprobe $|G|$.

Analog kann eine Vierfeldertafel mit relativen Häufigkeiten konstruiert werden. Anstatt der absoluten Häufigkeit wird die Häufigkeit einer Merkmalskombination in Relation zur Gesamtheit betrachtet, siehe Tabelle 3.3. Die Summen der Zeilen bzw. Spalten ergeben demnach die relativen Anteile der vier reinen Merkmalsausprägungen und die Summen der äußeren Spalte bzw. Zeile ergänzen sich demnach immer auf 1.

	A_1	A_2	
B_1	$\frac{ A_1 \cap B_1 }{ G }$	$\frac{ A_2 \cap B_1 }{ G }$	$\frac{ B_1 }{ G }$
B_2	$\frac{ A_1 \cap B_2 }{ G }$	$\frac{ A_2 \cap B_2 }{ G }$	$\frac{ B_2 }{ G }$
	$\frac{ A_1 }{ G }$	$\frac{ A_2 }{ G }$	1

Tabelle 3.3.: Schematische Darstellung einer Vierfeldertafel mit relativen Häufigkeiten

3.3.2. Das Einheitsquadrat

Vierfeldertafeln lassen sich zu einem Diagramm — dem sogenannten Einheitsquadrat — erweitern. Dies geschieht über die Aufteilung eines Quadrats auf vier Rechtecke, sodass die Flächenverhältnisse dieser Rechtecke genau den Anteilen der Merkmalskombination an der Gesamtheit entsprechen, siehe z. B. Abbildung 3.7. Das Quadrat repräsentiert die gesamte Grundmenge und teilt sich in die vier möglichen Merkmalskombinationen, wie sie auch in der Tabelle der Vierfeldertafel abgebildet sind. Die Besonderheit liegt in der Visualisierung der Daten in doppelter Form: numerisch als Anzahl und geometrisch als Fläche.

Folgende Konstruktionsanleitung für Einheitsquadrate orientiert sich an der Beschreibung in [EV11, S.53]. Mit $h(A)$ sei die relative Häufigkeit des Merkmals A bezeichnet:

1. Anfangs wird ein Quadrat der Seitenlänge 1 gezeichnet.
2. Das Quadrat wird senkrecht geteilt. Die Teilung erfolgt im Verhältnis der relativen Häufigkeiten des ersten Merkmals. Es entstehen also zwei Rechtecke mit Höhe 1 und Breite gleich $h(A_1)$ und $h(A_2)$. Die Flächeninhalte der beiden Rechtecke betragen $h(A_1) \cdot 1$ bzw. $h(A_2) \cdot 1$ und entsprechen daher genau den relativen Anteilen von A_1 und A_2 .
3. Diese eben konstruierten Rechtecke werden waagerecht unterteilt. Für die Höhe der Teile im linken Rechteck werden die relativen Häufigkeiten von B_1 bzw. B_2 herangezogen, jeweils unter der Bedingung, dass A_1 zutrifft. Analog für die rechte Seite unter der Bedingung, dass A_2 zutrifft. Konkret bedeutet das Folgendes:

$$\text{Höhe des oberen linken Rechtecks: } h(B_1|A_1) = h(B_1 \cap A_1)/h(A_1)$$

$$\text{Höhe des unteren linken Rechtecks: } h(B_2|A_1) = h(B_2 \cap A_1)/h(A_1) = 1 - h(B_1|A_1)$$

$$\text{Höhe des oberen rechten Rechtecks: } h(B_1|A_2) = h(B_1 \cap A_2)/h(A_2)$$

$$\text{Höhe des unteren rechten Rechtecks: } h(B_2|A_2) = h(B_2 \cap A_2)/h(A_2) = 1 - h(B_1|A_2)$$

Betrachtet man die neuen kleineren Rechtecke, so entsprechen deren Flächeninhalte genau den relativen Anteilen der vier Merkmalskombinationen an der Grundgesamtheit. Das Rechteck links oben hat beispielsweise Flächeninhalt $h(A_1) \cdot h(B_1|A_1) = h(A_1 \cap B_1)$.

Während die vorliegende Arbeit durchgängig die Konstruktion wie oben verwendet, kann die senkrechte Unterteilung in Punkt 2 genauso gut waagrecht durchgeführt werden, wie etwa bei Götz [Göt17, S.135].

Am Diagramm lassen sich neben den relativen Häufigkeiten der Merkmalskombinationen A und B als Flächen und der bedingten Häufigkeiten von B als Strecken viele Informationen direkt ablesen. Indirekt repräsentiert sind die relativen Anteile des Merkmals B und die bedingten Häufigkeiten des Merkmals A . Erstere sind implizit in den Summen der

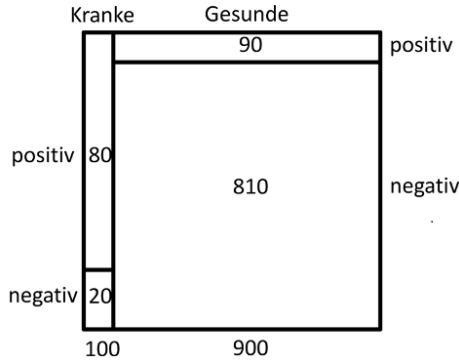


Abbildung 3.7.: Aufstellung über positive/negative medizinische Testergebnisse zur Feststellung einer Krankheit bei gesunden/erkrankten Probanden abgebildet in einem Einheitsquadrat, vgl. Abbildung 3.5 [BLEV18a, S.133]

Flächeninhalte der beiden oberen bzw. unteren Rechtecke gegeben, zweiteres als Quotient zweier Flächeninhalte:

$$h(A_1|B_1) = \frac{\text{Flächeninhalt des linken oberen Rechtecks}}{\text{Summe der Flächeninhalt beider oberen Rechtecke}}$$

Assoziationsmaß

Eine weitere bemerkenswerte Eigenschaft des Einheitsquadrats ist ein direkt grafisch ablesbares Maß für die Abhängigkeit der beiden Merkmale.

Definition 3.3 (Geometrisches Assoziationsmaß). Die Differenz der beiden oberen senkrechten Rechtecksseiten in einem Einheitsquadrat beschreibt das geometrische Assoziationsmaß \mathcal{A} und berechnet sich folgendermaßen

$$\mathcal{A} = h(B_1|A_1) - h(B_1|A_2).$$

Der Wert \mathcal{A} liegt im Intervall $[-1, 1]$.

Betrachtet man obige Formel, so sieht man, dass \mathcal{A} umso näher bei 0 liegt, umso eher B_1 gleich oft vorkommt, im Fall dass A_1 eingetreten ist, wie im Fall dass A_2 eingetreten ist. Außerdem erhält man durch wenige Umformungsschritte

Lemma 3.4. Sei E ein Einheitsquadrat mit Merkmalen A und B wie oben. Das Assoziationsmaß \mathcal{A} von E ist gleich 0 genau dann, wenn

$$h(A_1 \cap B_1) = h(A_1) \cdot h(B_1),$$

das heißt genau dann, wenn die Merkmale A und B stochastisch unabhängig sind.

Deswegen gilt, je stärker sich \mathcal{A} von 0 unterscheidet, umso eher kann man auf einen Zusammenhang zwischen den beiden Merkmalen A und B schließen. Das geometrische Assoziationsmaß lässt sich in der Grafik leicht ablesen, siehe die grünen Linien in Abbildung 3.8.

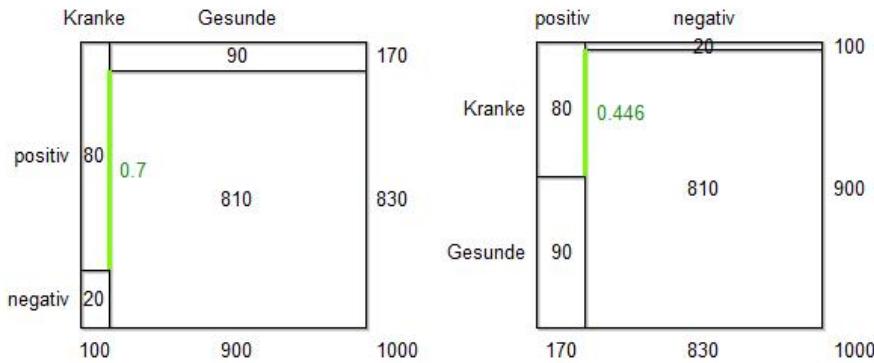


Abbildung 3.8.: Das Einheitsquadrat aus Abbildung 3.7 und das transponierte Einheitsquadrat, beide mit farblich hervorgehobenem Assoziationsmaß

Transponiertes Einheitsquadrat

In welcher Reihenfolge zwei Merkmale A und B in einem Einheitsquadrat E abgebildet sind — als Spalten oder Zeilen — macht für die bedingten und konjunktiven Häufigkeiten keinen Unterschied. Die Visualisierung jedoch ändert sich durch die Vertauschung von A und B , da nun Merkmal B führend ist und für die Berechnung der Spaltenbreite herangezogen wird.

Notation. Im Weiteren werden wir das Quadrat, das durch umgekehrte Reihung der Merkmale eines Einheitsquadrats E entsteht, als *transponiertes Einheitsquadrat* \bar{E} zu E bezeichnen.

Das Assoziationsmaß des transponierten Einheitsquadrats unterscheidet sich vom ursprünglichen, wie in Abbildung 3.8 zu sehen ist. Wenn auch nicht gleich ersichtlich hängen die beiden Werte dennoch zusammen, wie man mit wenigen Umformungsschritten nachvollziehen kann.

Lemma 3.5. Sei \mathcal{A}_E das Assoziationsmaß eines Einheitsquadrates E mit Merkmalen A und B wie oben. Sei weiters \bar{E} das transponierte Einheitsquadrat zu E mit Assoziationsmaß $\mathcal{A}_{\bar{E}}$, dann gilt

$$\mathcal{A}_E \cdot h(A_1) \cdot h(A_2) = \mathcal{A}_{\bar{E}} \cdot h(B_1) \cdot h(B_2).$$

Neben dem geometrischen Assoziationsmaß können noch weitere Maße für den Zusammenhang der Merkmale definiert werden, siehe hierfür z. B. [EV11, S.55]. Da für die vorliegende Arbeit nur das oben definierte relevant ist, wird im Weiteren mit Assoziationsmaß immer dieses gemeint sein.

Beispiel. Betrachten wir nun am Beispiel aus Abbildung 3.7 die Dichte des Informationsgehalts dieser einfachen Darstellungsmethode:

- Das Rechteck rechts unten repräsentiert die Menge an gesunden Personen mit einem negativen Testergebnis und ist am größten. Das heißt, dass die meisten Personen der Grundgesamtheit in diese Gruppe fallen.
- Das kleinste Rechteck befindet sich links unten und beschreibt die Gruppe der kranken Probanden mit negativem Ergebnis.

3. Visualisierungsmethoden für mehrstufige Vorgänge und bedingte Wahrscheinlichkeiten

- Die anderen beiden Rechtecke sind ähnlich groß und beinhalten daher ähnlich viele Personen.
- Der linke Teil des Quadrats, also die Summe der beiden linken Rechtecke, repräsentiert die Gesamtheit der kranken Personen und ist viel kleiner als der rechte Teil. Das heißt, dass es viel mehr gesunde als kranke Personen in der gesamten Gruppe gibt. Diese Information lässt sich direkt ablesen, ohne explizit numerisch angeführt zu sein.
- Ein Vergleich der Höhe der beiden linken Rechtecke zeigt, dass unter den kranken Personen viel mehr positive als negative Testergebnisse vorkommen.
- Ebenso lässt sich das Assoziationsmaß einfach ablesen: Die Höhe der beiden oberen Rechtecke unterscheidet sich stark, d. h. das Assoziationsmaß ist deutlich unterschiedlich zu 0 und lässt auf einen Zusammenhang der beiden Merkmale schließen. Das entspricht auch der Erwartungshaltung an einen medizinischen Test.
- Der Anteil der Fläche des linken oberen Rechtecks an der Summe der beiden oberen Rechtecke zeigt den Anteil der Kranken unter allen Personen mit einem positiven Testergebnis. Da die Flächen circa gleich groß sind, heißt das, dass in etwa die Hälfte der positiv getesteten Personen auch wirklich krank ist. Direkt ablesen lässt sich dieser Zusammenhang am transponierten Einheitsquadrat, siehe Abbildung 3.8 rechts, in dem auch zu erkennen ist, dass es sich um etwas weniger als die Hälfte handelt.

Entgegen der Intuition erhalten etwas mehr gesunde als kranke Personen ein positives Testergebnis. Durch die Veranschaulichung durch Flächeninhalte wird aber klar: die falsch positiven Ergebnisse betreffen nur einen kleinen Teil der gesunden Personen. Die richtig positiven Ergebnisse decken den Großteil der kranken Menschen ab.

Der Aufwand für die Konstruktion des Einheitsquadrats ist durch die Berechnung mehrerer Häufigkeitswerte und der geometrischen Konstruktion des Quadrats höher als etwa beim Baumdiagramm. Deshalb besteht hier die Möglichkeit einer wesentlichen Vereinfachung durch technologische Unterstützung. Eine solche Vereinfachung gibt mehr Raum zum Interpretieren des Diagramms, zum Variieren der Werte, zum Vergleichen, Experimentieren und zum Aufstellen von Hypothesen.

Anforderung 6 (Einheitsquadrate automatisch erstellen). Mit Hilfe des beabsichtigten digitalen Werkzeugs sollen schnell und einfach Einheitsquadrate direkt aus den Informationen der Vierfeldertafel erstellt werden können. Darüber hinaus ist das Ableiten des transponierten Einheitsquadrats durch ein digitales Werkzeug zu unterstützen.

Abschließend sei angemerkt, dass Einheitsquadrate nicht notwendig auf Merkmale mit zwei Ausprägungen beschränkt sein müssen. Durch weitere Unterteilungen der Rechtecke lassen sich noch mehr Merkmalsausprägungen darstellen. Sowohl die Konstruktion als auch die Interpretation werden dadurch aber komplizierter. Da prinzipiell für die Einführung des Konzepts der stochastischen Abhängigkeit im Unterricht eher einfache, leicht nachvollziehbare Beispiele sinnvoll sind, beschränken wir uns in dieser Arbeit auf Einheitsquadrate mit zwei Merkmalen zu je zwei Ausprägungen.

3.3.3. Durchführbarkeit im Unterricht

Immer wieder wird beanstandet, dass das Einheitsquadrat im Vergleich zum Baumdiagramm im Unterricht eine vernachlässigbare Rolle spielt, z. B. bei Bea & Scholz [BS95,

3.4. Didaktischer Nutzen von Baumdiagrammen und Einheitsquadranten und ein Vergleich

S.308]. Selten wird allerdings über die praktischen Aspekte der Verwendung, speziell der Konstruktion der Diagramme, gesprochen. Während das Zeichnen eines Baumdiagramms in seiner einfachsten Form keine große kognitive Hürde darstellt und bereits aus anderen Themengebieten und Fächern bekannt ist, gestaltet sich die Erstellung eines Einheitsquadrates wie oben bereits angesprochen etwas schwieriger. Böcherer-Linder et al. nehmen in [BLEV18b] neben der psychologischen und der didaktischen Perspektive auch die praktische Durchführbarkeit im Unterricht unter die Lupe. Die Komplexität und den Aufwand der Konstruktion anerkennend argumentieren die Autoren für eine grobe Skizzierung der Verhältnisse der Flächeninhalte. Wie viel Arbeit die überschlagsmäßige Berechnung der relativen Häufigkeiten darstellt oder wie viel Verständnis seitens der Schülerinnen und Schüler vorausgesetzt wird um bei Änderung der Basisraten die Verschiebungen der Seiten im Quadrat richtig durchzuführen wird allerdings nicht thematisiert.

Neben dem Vorschlag mit grob skizzierten Diagrammen zu arbeiten, wird auch die potentielle Unterstützung durch digitale Medien betont. Dies unterstützt **Anforderung 6** über die technische Unterstützung des Erstellens von Einheitsquadranten. Böcherer-Linder et al. verweisen auf ein digitales Einheitsquadrat eingebettet in einer Excel Datei, das sich im Online-Begleitmaterial zum Buch *Leitidee Daten und Zufall: Von konkreten Beispielen zur Didaktik der Stochastik* [EV13] befindet¹. In der Excel-Tabelle lassen sich die relative Häufigkeit einer Ausprägung des ersten Merkmals für die vertikale Unterteilung und die bedingten Häufigkeiten der beiden Ausprägungen des zweiten Merkmals für die horizontale Unterteilung über Schieberegler regulieren. Mit dem Satz von Bayes wird die umgekehrte bedingte Wahrscheinlichkeit berechnet. Die relativen Häufigkeiten der vier Merkmalskombinationen sind nicht im Excel-Sheet enthalten.

Im Gegensatz zu dieser Herangehensweise leiten wir Einheitsquadranten aus Vierfeldertafeln ab, gehen also von den Häufigkeiten der vier Merkmalskombinationen aus. Dabei können sowohl absolute als auch relative Häufigkeiten als Input dienen. Außerdem wird mehr Augenmerk auf die visuelle Aufbereitung gelegt, etwa die Anführung der Namen der Merkmalsausprägungen sowie der Zeilen- und Spaltensummen der Häufigkeiten.

3.4. Didaktischer Nutzen von Baumdiagrammen und Einheitsquadranten und ein Vergleich

Die Effekte der oben genannten Visualisierungsmethoden wurden in mehreren Studien aus verschiedenen Blickwinkeln erhoben, unter anderem unter didaktischen, psychologischen und praktischen Gesichtspunkten. Ihre Rolle bei der Behebung von typischen Fehlvorstellungen wurde beleuchtet, ihre Grenzen ausgelotet. Im Folgenden werden die für diese Arbeit relevanten Ergebnisse zusammengefasst.

3.4.1. Vorteile und Beschränkungen

Sowohl das Baumdiagramm als auch das Einheitsquadrat sind Methoden um Problemstellungen zu strukturieren, zu mathematisieren und mit stochastischer (Un-)Abhängigkeit und Bayesianischem Schließen zu arbeiten. Dabei ergeben sich auf beiden Seiten gewisse Vorteile und Einschränkungen.

Während im Baumdiagramm der Ausgangspunkt der Ereignisraum und dessen Strukturierung ist, stehen beim Einheitsquadrat bzw. noch zuvor bei der Vierfeldertafel die Daten

¹<http://unitsquare.leitideedatenundzufall.de>

3. Visualisierungsmethoden für mehrstufige Vorgänge und bedingte Wahrscheinlichkeiten

im Vordergrund. Im Allgemeinen ist das Baumdiagramm universeller einzusetzen. Es kann sowohl zum Darstellen von absoluten oder relativen Häufigkeiten eingesetzt werden, als auch zur Abbildung von Wahrscheinlichkeiten von bestimmten Ereignissen und kann damit als Mittler zwischen den verschiedenen Deutungen des Wahrscheinlichkeitsbegriffs fungieren [WG02, S.238]. Es ist jedoch keine Visualisierung von Daten, sondern eine Heuristik zur Strukturierung [EV13, S.209].

Das Einheitsquadrat auf der anderen Seite visualisiert Daten und bringt eine ausnehmende grafische Ausdruckskraft mit sich. Es beinhaltet Informationen über die bedingten und konjunktiven Häufigkeiten der abgebildeten Merkmale nicht nur in numerischer Form wie das Baumdiagramm. In den Seitenlängen und Flächen der einzelnen Rechtecke werden die Abhängigkeiten und Relationen der Merkmale auch geometrisch abgebildet und ermöglichen ein einfaches, intuitiv leicht zugängliches Ablesen der Zusammenhänge. Darüber hinaus lässt sich direkt aus dem Diagramm eine Größe für den Zusammenhang der beiden Merkmale ablesen: das Assoziationsmaß ist wie oben beschrieben die Differenz der Höhen beider oberen Rechtecke oder analog der beiden unteren Rechtecke. Diese geballte Information in einem Quadrat macht das Einheitsquadrat zu einer geeigneten Unterstützung bei der Einführung von stochastischer Abhängigkeit auch wenn es nicht die Universalität des Baumdiagramms besitzt [EV13, S.209]. Durch die Dichte an verpackten Informationen ist das Einheitsquadrat allerdings nicht selbsterklärend [EV13, S.82] und bedingt außerdem einen höheren Aufwand in der Erstellung im Vergleich zu Baumdiagrammen [BL17, S.62].

Ein weiterer Unterschied ist die hierarchische Darstellung der Ereignisse oder Merkmale im Baumdiagramm, die auch einen zeitlichen Ablauf oder Prozess wie etwa im Ziegenproblem intuitiv abbilden kann. Krauss [Kra03, S.6] führt diese Eigenschaft unter dem Titel *Sequenzargument* als Vorteil gegenüber dem Einheitsquadrat und anderen Darstellungsformen an. Je nach Aufgabenstellung kann eine Reihung und damit Gewichtung der Merkmale oder eine falsche Auslegung als Abfolge von Ereignissen jedoch auch trügerisch sein [KS11, S.204]. Dahingegen besitzt das Einheitsquadrat ausschließlich statischen Charakter.

Ein zusätzlicher Vorteil des Einheitsquadrats, der durch die Darstellung von Häufigkeiten durch Flächen entsteht, ist die direkte Auswirkung von Änderungen der Inputparameter auf die Größe der Rechtecke. Wird ein einzelner Wert geändert, hat das Einfluss auf die Größe aller Rechtecke. Durch ein Variieren der Daten und Experimentieren mit dem Einheitsquadrat kann das Verständnis der a posteriori Wahrscheinlichkeit wesentlich unterstützt werden, wie auch Böcherer-Linder et.al argumentieren [BLEV18c].

Bea & Scholz führen in [BS95] einen empirisch-didaktischen Vergleich von grafischen Modellen von bedingten Wahrscheinlichkeiten durch. Die Ergebnisse des Vergleichs sind in Tabelle 3.4 abgebildet. Auch sie kommen zu dem Schluss, dass das Einheitsquadrat in Bezug auf die Unterstützung in der Informationsverarbeitung und die Verständnisförderung etwas mehr leistet als das Baumdiagramm, bei der Erstellung des Diagramms allerdings etwas schlechter abschneidet. Die generelle Einsetzbarkeit der Methode auch in anderen Bereichen wird zwar beiden Ansätzen zugeschrieben, wurde für Einheitsquadrate allerdings mit einem Fragezeichen versehen, da zur Zeit der Durchführung des Vergleichs wenig Literatur über weitere Einsatzgebiete existierten.

Zusammenfassend können die Vorteile und Einschränkungen der beiden Visualisierungsmethoden die **Anforderung 1** nach einem digitalen Werkzeug für beide nur unterstreichen.

3.4. Didaktischer Nutzen von Baumdiagrammen und Einheitsquadranten und ein Vergleich

Kriterium	Wahrscheinlichkeitsbaum	Einheitsquadrat
Strukturelle Übereinstimmung mit dem Original <ul style="list-style-type: none"> • Aufstellung des Modells • Repräsentation des Ereignisraumes • Problemlösung (Rechenregeln) • Qualitative Zusammenhänge 	++ + + +	+ ++ +++ +++
Berücksichtigung von Aspekten der menschlichen Informationsverarbeitung	+	++
Autonomie vom Original	+	+
Generelle Einsetzbarkeit <ul style="list-style-type: none"> • in der Wahrscheinlichkeitsrechnung • in anderen Bereichen 	+ +	+ (?) + (?)

Tabelle 3.4.: Auszug einer Bewertung der Visualisierungsmethoden Wahrscheinlichkeitsbaum und Einheitsquadrat von Bea & Scholz [BS95, S.307]

3.4.2. Einfluss auf klassischen Fehlvorstellungen stochastischer Abhängigkeit

Aufgrund der Bedeutung von Bayesianischem Schließen im Alltag einerseits und regelmäßig beobachtbaren Fehlvorstellungen bei Schülerinnen und Schülern über stochastische Abhängigkeiten andererseits [BE15, S.233ff.] [BS95, S.299f.] wurden in der Stochastik-Didaktik verschiedene Hypothesen zum Effekt der Darstellungsform aufgestellt und empirisch untersucht. Insbesondere wurde die Möglichkeit beleuchtet, mit Visualisierung den typischen Fehler der *Vernachlässigung der Basisrate* [BE15, S.235] zu beseitigen, vergleiche hierzu auch das Beispiel aus Abschnitt 3.3.2.

Natural frequency hypothesis. Sowohl Sedlmeier & Gigerenzer [SG01] als auch Krauss [Kra03] argumentieren, dass das Konzept der Wahrscheinlichkeit dem Menschen fremder ist, als das der Häufigkeit. In verschiedenen Studien zeigen sie, dass Argumenten mit dem Häufigkeitsbaum in stochastischen Fragestellungen bessere Ergebnisse erzielt als das reine Anwenden der Formel von Bayes [SG01] und dass auch der Wahrscheinlichkeitsbaum als visuelle Unterstützung schlechter abschneidet als der Häufigkeitsbaum [Kra03]. Diese Ergebnisse unterstützen **Anforderung 3** nach der Integration von Wahrscheinlichkeitsbäumen und Häufigkeitsbäumen in das beabsichtigte technische Werkzeug.

Nested-set Hypothesis. Bea & Scholz [BS95] und Böcherer-Linder et al. [BLEV18a] argumentieren, dass durch Visualisierung mit dem Einheitsquadrat die Teilmenge-Grundmenge Beziehung durch ineinander geschachtelte Flächen besser verstanden wird und diese Darstellungsmethode dem Baumdiagramm noch eine Spur überlegen ist. Empirische Nachweise dafür finden sich in den Studien [BLE17] und [BS95]. Dadurch wird auch **Anforderung 6** unterstützt.

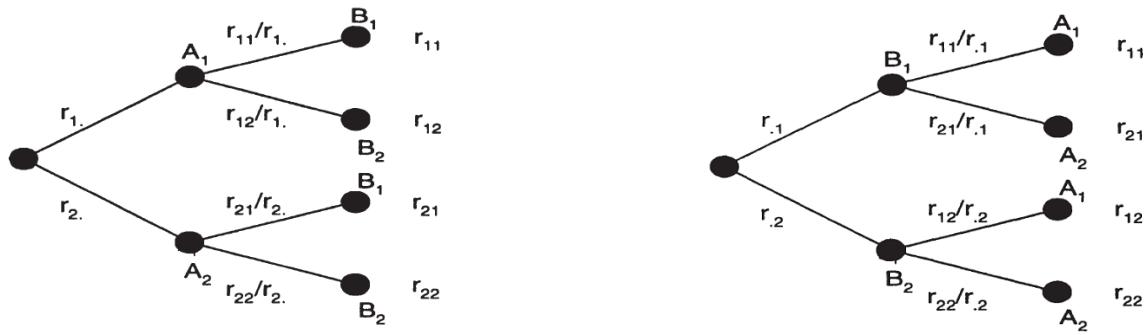


Abbildung 3.9.: Zwei unterschiedliche Baumdiagramme abgeleitet aus dem gleichen Einheitsquadrat durch unterschiedliche Reihung der beiden Merkmale A und B ($r_{ij} = |A_i \cap B_j|/|G|$) [WG02, S.260f.]

3.5. Vernetzung von Baumdiagrammen und Einheitsquadrate

Aus jedem Einheitsquadrat mit Merkmalen A und B kann ein zweistufiges Baumdiagramm erzeugt werden, indem in der ersten Ebene die Häufigkeiten der Merkmalsausprägungen A_1 und A_2 eingetragen und in der Ebene darunter die Häufigkeiten der Merkmalskombinationen $A_1 \cap B_1$, $A_1 \cap B_2$, $A_2 \cap B_1$ und $A_2 \cap B_2$. Je nachdem, ob in der ersten Ebene mit Merkmal A oder Merkmal B begonnen wird, können zwei unterschiedliche Baumdiagramme abgeleitet werden, siehe Abbildung 3.9.

Da sowohl das Baumdiagramm als auch das Einheitsquadrat teils komplementäre Vorteile mit sich bringen, liegt eine Forderung nach einer einfachen und effizienten Möglichkeit der gemeinsamen Nutzung beider Visualisierungen nahe.

Anforderung 7 (Baumdiagramm und Einheitsquadrat vernetzen). Ein digitales Werkzeug soll die beiden Visualisierungsmethoden Einheitsquadrat und Baumdiagramm vernetzen und die Möglichkeit bieten aus einem Einheitsquadrat das entsprechende Baumdiagramm abzuleiten. Erfüllt ein Baumdiagramm die entsprechenden Voraussetzungen, soll auch der umgekehrte Weg unterstützt werden.

4. Didaktische Grundsätze des Technologie-Einsatzes im Mathematikunterricht

4.1. Technologie im Mathematikunterricht

Der technologischen Unterstützung wurde immer schon und durch die Entwicklung der letzten Jahre verstärkt eine zentrale Rolle im Mathematikunterricht zugesprochen. Dies hat sich auch klar im Lehrplan niedergeschlagen, der **Lernen mit technologischer Unterstützung** als einen der didaktischen Grundsätze für Mathematik in der AHS Oberstufe anführt [Leh]. Dort wird vom Unterricht ein sinnvoller und übergreifender Einsatz von technologischen Hilfsmittel gefordert mit dem Hinweis, dass das Maximum bzw. Optimum erreicht ist, wenn Technologie in allen Bereichen Modellieren, Visualisieren und Experimentieren sinnvoll zum Einsatz kommt. Im Praxishandbuch Mathematik AHS Oberstufe [Bun11], einem Begleitwerk zur standardisierten Reifeprüfung, wird der Einsatz von Technologie im Mathematikunterricht folgendermaßen beschrieben:

Die Entwicklung von Mathematik wurde immer von aktuellen Werkzeugen beeinflusst. Die im Zeitalter der Informationstechnologie verfügbaren elektronischen Werkzeuge eröffnen eine neue Dimension des Mathematiklernens und -treibens: Kognition wird durch elektronische Hilfsmittel nicht nur unterstützt, elektronische Medien werden vielmehr zu einem Teil der Kognition und verändern Kognition. Die Unterstützung erfolgt durch die Möglichkeit der Auslagerung komplexerer Operationen auf das Werkzeug, durch die leichtere Verfügbarkeit „klassischer“ mathematischer Modelle und die effiziente Nutzbarkeit rechenaufwändiger Modelle (wie zum Beispiel Differenzengleichungen). Es kommt zu einer Verschiebung von der Ausführung zur Planung von Problemlösungen und damit zu einer Schwerpunktverlagerung vom Operieren zum Nutzen von Grundwissen und zum Reflektieren. Technologie zwingt zur innermathematischen Reflexion, weil über Ergebnisse reflektiert werden muss, die man nicht selber produziert hat, und unterstützt kontextbezogene Reflexion. [Bun11, S.75]

Der nächstliegende Vorteil, den Technologien im Mathematikunterricht mit sich bringen, ist die Entlastung der Schülerinnen und Schülern von mechanischen, komplexen, zeitaufwendigen operativen Tätigkeiten, die wenig zu einer Vertiefung mathematischen Verständnisses beitragen. Der einfache Taschenrechner war vor Jahrzehnten der erste Schritt in die Richtung der Reduktion des monotonen Ausrechnens, um dem Reflektieren mehr Raum zu geben. Mittlerweile sind die meisten Taschenrechner grafikfähig und immer mehr fachlich und/oder didaktisch spezialisierte Technologien wie etwa GeoGebra¹ werden im Unterricht eingesetzt.

Durch die Abnahme der Rechenarbeit wird der Fokus auf das Reflektieren verschoben, da die Ergebnisse unter der Verwendung von Grundwissen und -begriffen interpretiert wer-

¹geogebra.org

den müssen [AFH⁺, S.3f.]. Auch Behrens findet in einer umfassenden Auseinandersetzung mit der modernen Fachdidaktik-Forschung einen vorherrschenden Konsens über die aktiver Rolle der Schülerinnen und Schüler und die stärkere Orientierung am Lernenden durch die Befreiung von zeitintensiven Rechentätigkeiten, die keinen größeren verständnisfördernden Nutzen mit sich bringen [Beh19, S.79]. Wolpers & Götz betonen, dass mit kaum einem anderen Mittel Selbständigkeit im Mathematikunterricht mehr gefördert werden kann, als durch den geeigneten Einsatz des Computers [WG02, S.116]. Durch eine schnelle und einfache Rückmeldung „auf Knopfdruck“ kann nicht nur Zeit gespart werden. Es eröffnet sich ein ganzes Spektrum an neuen Funktionen auf die wir hier eingehen wollen.

4.2. Kategorisierung von technischen Werkzeugen im Mathematikunterricht

Eine Kategorisierung der Funktionalitäten eines digitalen Werkzeuges im Mathematikunterricht wird im Praxishandbuch Mathematik eingeführt und umfasst folgende vier Arten [Bun11, S.75f.]:

- *Rechenwerkzeug*: Jegliche Art algorithmische Berechnungen kann digitalisiert werden, um die Ressourcen der Schülerinnen und Schüler frei zu machen für didaktisch wertvolle Aufgaben. Zudem können durch ein Freiwerden vom Bedarf an „schönen Lösungen“, die das händische Berechnen erleichtern, stärker Anwendungen aus der Praxis behandelt werden. Die freien Ressourcen können sinnvoll in Tätigkeiten fließen, die durch die weiteren Arten unterstützt werden.
- *Visualisierungswerkzeug*: In der Literatur wird, wenn es um Visualisierung von mathematischen Sachverhalten und Modellen geht, oft über Technologieeinsatz gesprochen, vgl. dazu [Bun11, S.42], [VE14]. Mit technischer Unterstützung können Funktionsgraphen, statistische Datenauswertungen oder geometrische Objekte in Sekunden gezeichnet werden. Darüber hinaus können Parameter variiert, verschiedene Darstellungsmöglichkeiten parallel verwendet oder Spezialfälle untersucht werden.
- *Modellierungswerkzeug*: In vielen Anwendungsgebieten ermöglicht erst der Einsatz von Technologie die effiziente Verwendung von mathematischen Modellen, etwa beim Lösen von Differentialgleichungen. In welchen Bereichen des Modellierungsprozesses Technologie zum Einsatz kommen kann, wird von Kaiser et al. in [KBF15, Kapitel 13.5] beschrieben.
- *Experimentierwerkzeug*: Das selbständige Experimentieren mit verschiedenen möglichen Lösungswegen ist ein zentraler Faktor der Wissensbildung. Technologische Werkzeuge können durch die unmittelbare Rückmeldung das Experimentieren mit Daten, Parametern oder Modellen ankurbeln und unterstützen. Schülerinnen und Schüler werden durch das interaktive Format animiert mit „Was wäre, wenn ...“-Fragen Zusammenhänge zu erkunden und Vermutungen aufzustellen.

Ebendiese Funktionen spiegeln sich in den Vorteilen von digitalen Hilfsmitteln im Stochastikunterricht nach Wolpers & Götz [WG02, S.113] wider, da durch den Computereinsatz

- „interaktiv, heuristisch Lösungswege entwickelt werden können (Visualisierungen der verschiedensten Art, Hilfefunktionen)

- Möglichkeit besseren Verstehens durch experimentelles, konstruktives Umgehen mit stochastischen Situationen, Visualisierungen usw. gegeben sind
- mathematische Schwierigkeiten wie das Umgehen mit komplizierten Formeln oder rechnerische Schwierigkeiten verringert werden bzw. entfallen
- Bestätigungen interaktiv und damit sofort erfolgen.“

Die oben genannten Kategorien finden sich in gleicher oder ähnlicher Form auch bei Behrens [Beh19, Kapitel 3.2.1] und bei Kaiser et al. [KBFG15, Kapitel 13.5] wieder, wobei bei letzteren zusätzlich noch die Funktionalitäten *Simulieren* und *Kontrollieren/Überprüfen* genannt werden.

Speziell für den Stochastik-Unterricht sehen Vogel & Eichler im Technologieeinsatz eine Methode zur Unterstützung einer vertieften Begriffsbildung, die ohne Computereinsatz so nicht gegeben wäre [VE14, S.137]. Im konkreten Fall eines digitalen Werkzeuges für Baumdiagramme und Einheitsquadrate erweitert sich der Handlungsspielraum um Aspekte, deren Bewältigung mit der Hand zu zeitaufwändig oder umfangreich sind. Etwa können durch die Möglichkeit des Navigierens in den Modellen und des Hinein- und Hinauszoomens auch große Bäume untersucht werden, die nicht auf einer A4 Seite Platz hätten und deren händische Berechnung zeitintensiv und fehleranfällig wäre.

Zusammenfassend lassen sich im Hinblick auf die bisher entwickelten Ziele die Anforderungen nur bestärken. **Anforderungen 5** und **6** plädieren für eine Abnahme der mechanischen Rechenarbeit zu Gunsten von interpretativen Tätigkeiten, was offenkundig nach technologischen Hilfsmitteln in Form eines Rechenwerkzeuges verlangt. **Anforderungen 1, 3, 6** und **7** verlangen eine Visualisierung von stochastischen Problemstellungen durch digitale Baumdiagramme und Einheitsquadrate sowie eine Unterstützung eines praktischen, dynamischen Umgangs mit den Diagrammen und eine Verknüpfung der Methoden und sind damit klar Forderungen nach Modellierungs- und Visualisierungswerkzeugen zu verstehen.

Visualisierung ist auch eine Frage des geeigneten Designs um kognitive Prozesse bestmöglich zu unterstützen. Deshalb wollen wir hier auch **Anforderung 4** über einen dynamische Umgang mit dem Baumdiagramm wieder aufgreifen, auf das Einheitsquadrat ausdehnen und um folgende Überlegungen erweitern:

Anforderung 4b (Visualisierung bestmöglich unterstützen) Funktionen, die das digitale Werkzeug für die visuelle Unterstützung umfassen soll, sind etwa die visuelle Differenzierung von besonderen Knoten in Baumdiagrammen oder die pointierte Hervorhebung des Assoziationsmaßes und anderer Strecken und Flächen in Einheitsquadrate. Ebenso sollen das Skalieren der Seitenlänge eines Einheitsquadrats und die einheitliche Ausrichtung von Bäumen möglich sein.

Um die Wichtigkeit des Experimentierens auch explizit in die Anforderungen an unser digitales Werkzeug aufzunehmen, formulieren wir eine weitere Anforderung. Anzumerken ist, dass die Ermöglichung des Experimentierens implizit bereits aus den bisher formulierten Anforderungen hervorgeht.

Anforderung 8 (Experimentieren anregen). Ein digitales Werkzeug, das die Visualisierungsmethoden Baumdiagramm und Einheitsquadrat unterstützt, soll durch die effiziente Nutzbarkeit dieser Methoden Schülerinnen und Schüler zu „Was wäre, wenn . . .“-Fragen anregen. Etwa können die Werte in einem Einheitsquadrat variiert und die Änderung der Flächen beobachtet werden oder es kann untersucht werden, wie sich die Baumstruktur ändert, wenn

der Ereignisraum eines Teilvergangs angepasst wird oder die Reihenfolge der Teilvergänge verändert wird. Zusätzlich sollen neue Perspektiven eröffnet werden, wie zum Beispiel durch die Möglichkeit der Ableitung der einen Darstellungsform aus der anderen.

Abschließend muss erwähnt werden, dass der Technologieeinsatz per se nicht automatischverständnisfördernd ist. Behrens sieht die Gefahr, dass durch die Leichtigkeit des Generierens von unreflektierten Ergebnissen der Fokus auf das Wesentliche verloren gehen kann [Beh19, S.79]. Auch Vogel & Eichler argumentieren, dass das bloße Bedienen von technologischen Werkzeugen gerade bei leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern noch keinen Erkenntnisgewinn erzeugt. Erst die gezielte Hinführung durch passende Fragestellungen und eine gründliche Reflexion des Sachverhalts können zum gewünschten Ergebnis führen [VE14, S.134].

5. Realisierung des digitalen Werkzeugs: ProVis – Probability Visualized

5.1. OMILAB und ADOxx Metamodellierungs-Plattform

Im Zuge dieser Arbeit wurde das Softwaretool ProVis entwickelt. ProVis ist ein Programm zur einfachen Erstellung von Baumdiagrammen und Einheitsquadranten. Es bietet dazu eine Fülle von Funktionalitäten, in denen die Anforderungen umgesetzt sind, die in den vorangegangenen Kapiteln formuliert wurden. Bevor wir im weiteren Verlauf dieses Kapitels auf seine Funktionsweise und Möglichkeiten eingehen, behandeln wir kurz seinen methodischen Hintergrund aus Sicht der Informationstechnologie.



ProVis wurde mithilfe der Metamodellierungsplattform ADOxx¹ implementiert. ADOxx ist eine Open-Use Software, die spezialisierte Funktionalitäten zum Erstellen von Modellierungsumgebungen wie dem hier entwickelten Softwaretool bietet [FK13]. Solche Modellierungsumgebungen ermöglichen wiederum das effiziente Erstellen von Modellen. Im vorliegenden Fall sind diese Modelle Baumdiagramme und Einheitsquadrate.

ADOxx wird seit mehr als fünfzehn Jahren im akademischen und industriellen Bereich zur Entwicklung von Modellierungsmethoden verwendet [KMM16]. Die einfache Gestaltung einer ausdrucksstarken, dynamischen grafischen Notation und eine Skripting-Sprache für eine effiziente Implementierung der Funktionalitäten von Modellierungsmethoden zählen zu den Stärken von ADOxx und haben eine schnelle und effektive Umsetzung des angestrebten Werkzeuges mit sachdienlichen Funktionalitäten für den Schulunterricht ermöglicht. Die ProVis-Modellierungsmethode umfasst die Konzepte von Baumdiagrammen und Einheitsquadranten. ADOxx bindet diese Konzepte ein in eine Modellierungsumgebung — die ProVis-Benutzeroberfläche, die von Lehrenden und Lernenden der Stochastik benutzt werden kann.

Das OMILAB — Open Models Initiative Laboratory — ist (unter anderem) eine Umgebung für Entwickler und Anwender von Modellierungsmethoden, in der diese öffentlich und frei zur Verfügung gestellt werden können. Auf der Website des OMILAB² finden sich über fünfzig Projekte zu den unterschiedlichsten Themen. Der Großteil der Projekte bietet zu der jeweiligen Methode eine Modellierungsumgebung, das heißt eine Softwareunterstützung zum freien Download sowie Publikationen, Dokumentation, Beispiel-Cases und weitere Informationen zu den Themen. In der Domäne der Didaktik ist das Projekt *Bee-Up*³ hervorzuheben, das seit mehreren Jahren sehr erfolgreich in der Lehre der Modellierung in der Hochschuldidaktik (u. a. an der Universität Wien) eingesetzt wird [KBB⁺16].

Wir haben unser Tool ProVis auf der Website des OMILAB Austria frei zum Download verfügbar gemacht⁴. Zukünftige Weiterentwicklungen werden dort ebenfalls bereitgestellt.

¹ ADOxx ist ein kommerzielles Produkt und eine Marke der BOC AG.

² <https://austria.omilab.org/psm/tools>

³ <https://austria.omilab.org/psm/content/bee-up>

⁴ <https://austria.omilab.org/psm/content/provis>

5.2. Realisierung der Anforderungen

Im Folgenden werden die Funktionalitäten von ProVis vorgestellt. Um dies zu tun, werden die in den Kapiteln 2 bis 4 definierten Anforderungen nacheinander aufgegriffen und ihre Umsetzung anhand geeigneter Beispielen besprochen. Die gewählten Beispiele werden mit Hilfe von ProVis Schritt für Schritt bearbeitet. Dabei soll einerseits die Handhabung exemplarisch illustriert werden. Andererseits sollen die Aufgaben als Anregung dienen und Möglichkeiten aufzeigen, die sich durch ProVis über die klassischen Beispiele hinaus ergeben.

5.2.1. Anforderung 1 – Digitale Baumdiagramme und Einheitsquadrate erstellen

Visualisierung von bedingter Wahrscheinlichkeit und mehrstufigen Vorgängen mit einem digitalen Werkzeug zu unterstützen bedeutet ein technologisches Instrument zu entwickeln, das das Arbeiten sowohl mit Baumdiagrammen als auch mit Einheitsquadraten unterstützt.

ProVis bietet eine einfache grafische Oberfläche mit allgemein nützlichen Funktionen und speziellen Modellierungselementen und Funktionalitäten für die Erstellung von Baumdiagrammen und Einheitsquadraten. In Abbildung 5.1 ist die Benutzeroberfläche dargestellt. Im Folgenden werden die einzelnen Komponenten wie in der Abbildung nummeriert beschrieben:

1. Die zentrale Position nimmt die Modellierungsfläche ein. Hier werden die Diagramme erstellt.
2. In der schmalen Leiste links daneben sind die Modellierungselemente gelistet, die für die verschiedenen Diagrammtypen verwendet werden können. Um ein Baumdiagramm zu erstellen, werden die *Ereignisse* (grüne Rechtecke) erstellt und mit Pfeilen, den *Übergängen* zwischen den Ereignissen, verbunden. Dabei ist die Richtung des Pfeiles relevant. Außerdem gibt es die Möglichkeit *Teilvorgänge* festzulegen, die in Bäumen verwendet werden können. Diese sind mit einem *T* gekennzeichnet. Das Symbol für *Einheitsquadrate* in der Modellierungsleiste ist selbsterklärend. Zusätzlich wurde eine Möglichkeit *Notizen* einzufügen implementiert (hellgelbes Quadrat). Dies kann bei der Beschreibungen von Aufgaben, Modellen oder Teilvorgängen hilfreich sein.
3. In der Aktionsleiste über der Modellierungsfläche finden sich die zwei verfügbaren Komponenten *Modelling* und *Import/Export* (die beiden Icons Papier & Bleistift und Puzzleteil ganz links). Die erste Komponente ist die wesentliche und bietet grundlegende Funktionen wie Speichern, Rückgängig machen, Suchen, Zoomen oder den Modellierungsassistent. Sehr nützlich für Abgaben ist auch die Möglichkeit Modelle als Bilder zu exportieren (Generate Graphics). Durch Klick auf den Puzzleteil gelangt man zur Import/Export Komponente, die es erlaubt existierende Modelle im *.abl* Format in ProVis zu laden oder eigene Modelle zu exportieren. Auf diese Weise können Schülerinnen und Schüler ihre Aufgaben abgeben bzw. Diagramme für die Benutzung im Unterricht verteilt werden.
4. In der Menüleiste ganz oben findet sich eine der wichtigsten Funktionen: unter dem Menüpunkt *Model*, Unterpunkt *New* kann ein neues Modell des Typs *ProVis Diagramm* erstellt werden. Die Menüleiste beinhaltet neben den weiteren üblichen Menüfunktionen

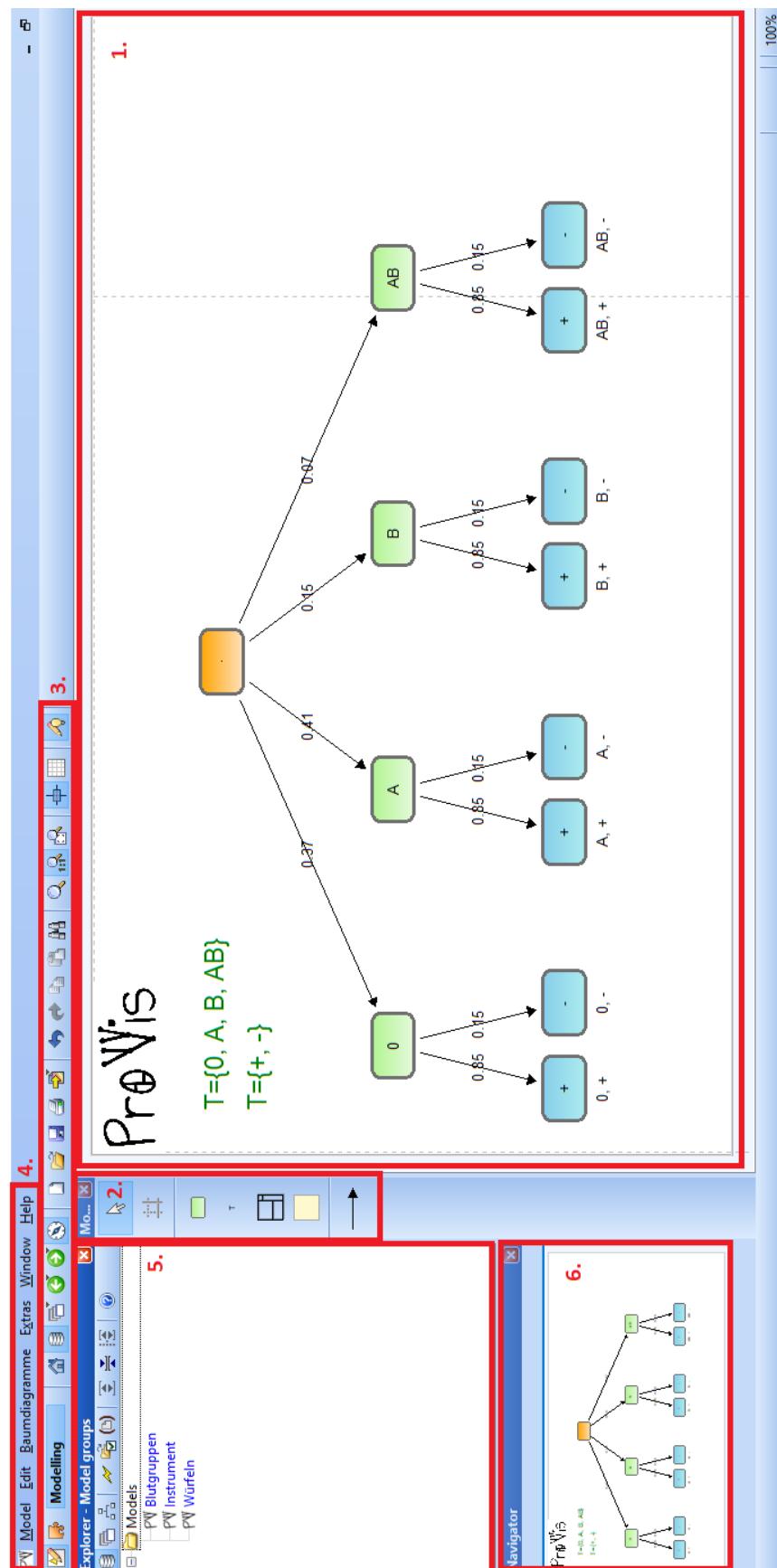


Abbildung 5.1.: Die Modellierungsumgebung von ProVis

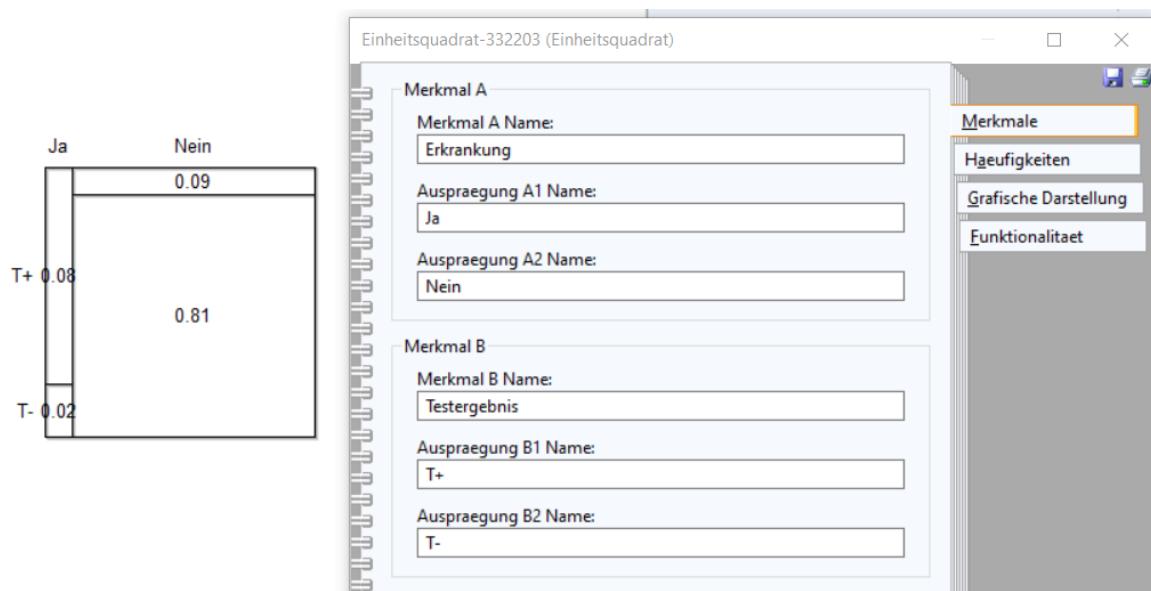


Abbildung 5.2.: Das Notebook eines Einheitsquadrats

auch den Menüpunkt *Baumdiagramme* mit speziellen Funktionalitäten zum automatischen Generieren eines Baumdiagramms, die im nächsten Abschnitt illustriert werden.

5. Im Modell-Explorer links wird die Liste aller gespeicherten Modelle angezeigt. So können die Lösungen verschiedener Aufgaben später wiederaufgegriffen werden. Im Modell-Explorer kann auch eine Ordnerstruktur erstellt werden, sodass die Modelle geordnet abgelegt werden können. Neue Modelle können auch direkt hier durch Rechtsklick auf einen Ordner erstellt werden.
6. Im Navigator darunter wird angezeigt, welcher Ausschnitt des gesamten Modells aktuell auf der Modellierungsfläche zu sehen ist. Dadurch kann auch über große Modelle ein guter Überblick behalten werden.

Der Modell-Explorer und der Navigator lassen sich optional zu- oder wegschalten.

Eines der wichtigsten Instrumente im Umgang mit den Elementen im Modell ist deren *Notebook*. Dieses wird durch Doppelklick auf das Element aufgerufen und beinhaltet alle Eingabefelder, spezifischen Attribute und berechneten Werte und die meisten Funktionalitäten. In Abbildung 5.2 ist das Notebook eines Einheitsquadrats abgebildet. Das Notebook besitzt meist mehrere Tabs, die über die Schaltflächen rechts ausgewählt werden und die der Ordnung der Attribute und Funktionen dienen. Im Bild ist das Tab für die Definition der Namen der Merkmale geöffnet. Die weiteren Tabs dienen der Eingabe der Häufigkeiten der Merkmalsausprägungen, der Adaption der grafischen Darstellung und der Auswahl zusätzlicher Funktionalitäten.

5.2.2. Anforderung 2 – Baumdiagramme nach dem Spiralprinzip unterstützen

Schülerinnen und Schülern soll ein niederschwelliger Einstieg in die Welt der Baumdiagramme ermöglicht werden. Der gedankliche Prozess der Baumkonstruktion soll Schritt für Schritt und Ereignis für Ereignis durchlaufen und der Baum optional mit Wahrscheinlichkeiten oder Häufigkeiten versehen werden.

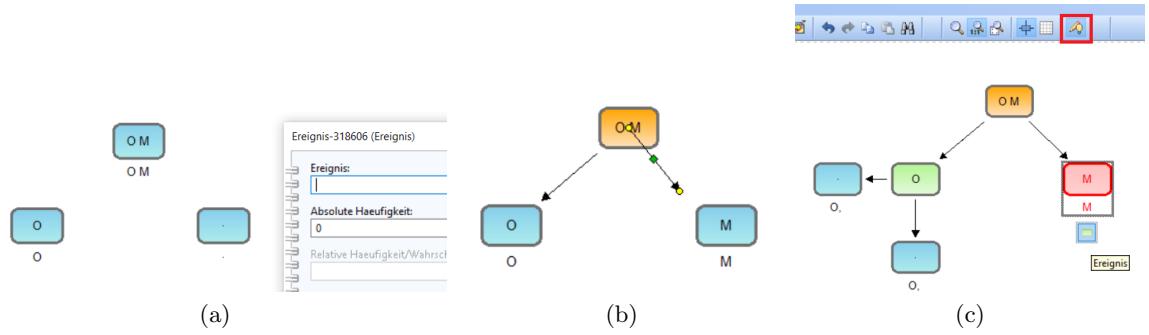


Abbildung 5.3.: Arbeitsschritte zur Lösung von Beispiel 1 mit ProVis

Darüber hinaus sollen für ein fortgeschrittenes Lernstadium nützliche Funktionen angeboten werden, um Baumdiagramme schnell und effizient manipulieren zu können, etwa durch die Generierung von Baumdiagrammen aus wenigen Angaben zu dessen Teilvorgängen oder der automatischen Berechnung von Wahrscheinlichkeiten.

Bei der Entwicklung von ProVis wurde darauf geachtet, dass das Erstellen von Bäumen ganz einfach Knoten für Knoten, Kante für Kante möglich ist. So werden Schülerinnen und Schüler beim Einstieg in die Stochastik mit ihrem aktuellen Wissensstand abgeholt und können das Modellieren und Mathematisieren von stochastischen Fragestellungen üben, ohne dabei schon zur Angabe von Wahrscheinlichkeiten gezwungen zu werden. Ein Beispiel für die Nutzung von Bäumen in dieser frühen Phase ist dem Schulbuch *Mathematik 6* von Götz et al. entnommen [GRH⁺10, S.175].

Beispiel 1. Im Zuge einer Werbeaktion wird in einem Kaufhaus folgendes Gewinnspiel angeboten: In einer Urne sind zwei Kugeln, die sich nur in der Beschriftung unterscheiden: O und M. Man zieht eine Kugel, notiert den gezogenen Buchstaben und legt die Kugel wieder in die Urne zurück. Dies wiederholt man dreimal. Entsteht das Wort „OMO“, so erhält man eine Packung des Waschmittels gratis. Wie groß ist die Gewinnchance für den Kunden? Interpretiere das Ergebnis aus der Sicht (1) des Kunden, (2) des Veranstalters!

Die im Schulbuch beschriebene Lösung basiert rein auf dem Abzählen der Äste, verwendet also ausschließlich die Struktur des Baumes. Nur einer der gesamt acht Möglichkeiten bringt dem Kunden einen Gewinn ein und über die Gleichwahrscheinlichkeit der Ereignisse wird die Wahrscheinlichkeit von 1/8 für den Erhalt einer Packung Waschmittel hergeleitet.

Um das Beispiel mit ProVis zu lösen wird ein neues Modell erstellt, in der Modellierungsleiste das Element für Ereignisse (grünes Rechteck) ausgewählt und durch Klicken auf die Modellierungsfläche werden neue Ereignisse erstellt. Angenommen eine Schülerin überlegt sich einen Teilvorgang nach dem anderen, so beginnt sie damit zuerst den Ausgangspunkt und die beiden Ereignisse des ersten Teilvorgangs zu zeichnen. Die Ereignisse können im Notebook (aufrufbar durch Doppelklick auf das Element) benannt werden. Die Namen werden in den Knoten angezeigt, siehe Abbildung 5.3a. Anschließend werden die (gerichteten) Übergänge eingezeichnet, indem das Modellierungselement für Übergänge (Pfeil) ausgewählt und die Verbindung vom Ausgangspunkt zu den Ereignissen des ersten Teilvorgangs gezogen wird, siehe Abbildung 5.3b. Alternativ kann auch der Modellierungsassistent verwendet werden, um sofort verknüpfte Ereignisse zu erstellen, siehe Abbildung 5.3c. Mit den restlichen

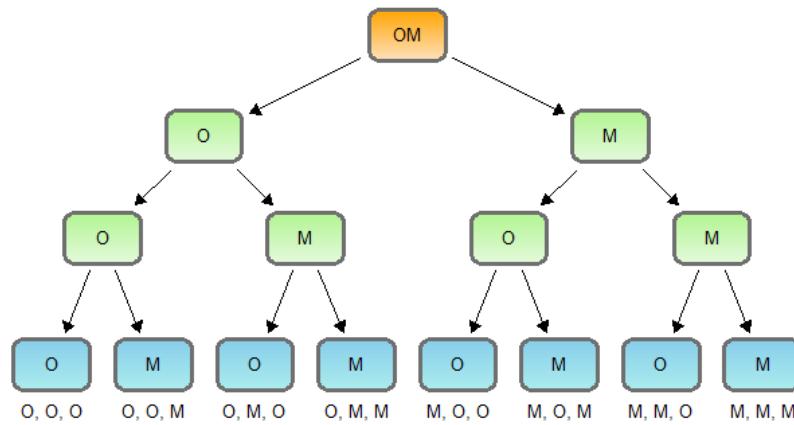


Abbildung 5.4.: Eine Lösung für Beispiel 1 erstellt mit ProVis

zwei Teilvergängen wird analog verfahren. Um falsche Konstruktionen von Vornherein zu vermeiden, werden Fehler wie Kreise im Baum automatisch verhindert. Unter den Blattknoten werden automatisch die Namen aller Ereignisse entlang des Pfades angezeigt. Ein mögliches Endergebnis ist in Abbildung 5.4 dargestellt.

Zusätzlich zu den oben erwähnten Basisfunktionen sollen auch fortgeschrittene Schülerinnen und Schüler unterstützt werden. Wenn das Erstellen eines Baumes bereits zur Routine der Lernenden gehört, kann eine (Halb-)Automatisierung Ressourcen frei machen, um nach dem Spiralprinzip weiterführende, komplexere Fragestellungen zu untersuchen und das stochastische Wissen auszubauen.

Einerseits bedeutet das für ProVis, dass Baumdiagramme mit Wahrscheinlichkeiten angereichert werden können. Dies geschieht über die entsprechenden Felder im Notebook der Ereignis-Elemente. Bei Ereignissen kann die konjunktive Wahrscheinlichkeit, bei Übergängen die bedingte Wahrscheinlichkeit eingetragen werden. Andererseits kann auch das Erstellen des Baumes automatisiert werden. In ProVis lässt sich dies erreichen, indem die Teilvergänge definiert werden und die gewünschte Abfolge der Teilvergänge gewählt wird. Aus diesen Informationen kann automatisch der vollständige Baum erstellt werden. Sind die Teilvergänge stochastisch unabhängig, kann der Baum sogar vollständig mit Wahrscheinlichkeiten versehen werden.

Folgendes Beispiel ist eine abgewandelte Version von Aufgabe 1.1 aus den Kompetenzheft Stochastik II entwickelt von *Mathematik macht Freu(n)de* der Uni Wien und der Pädagogischen Fachhochschule Niederösterreich [Kom]. Die Zahlen wurden durch aktuelle Daten des Roten Kreuz⁵ ersetzt.

Beispiel 2. Nach Karl Landsteiner unterscheidet man vier Blutgruppen: 0, A, B und AB. Diese kommen in Österreich annähernd mit folgender relativer Häufigkeit vor:

Blutgruppe	0	A	B	AB
Relative Häufigkeit	36%	44%	14%	6%

⁵<https://www.roteskreuz.at/blutspende/blut-im-detail/wissenswertes-ueber-blut/blutgruppen>

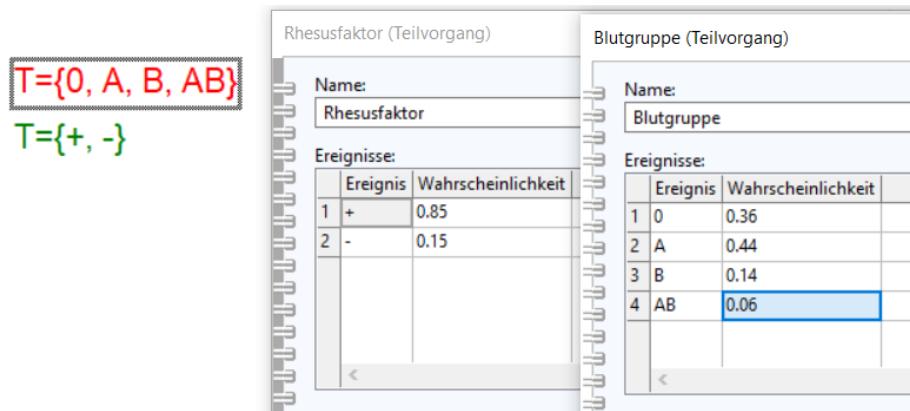


Abbildung 5.5.: Teilvorgänge für Rhesusfaktor und Blutgruppe und deren Notebook mit Ereignissen und Wahrscheinlichkeiten aus Beispiel 2

Zusätzlich wird je nach Vorliegen eines bestimmten Antigens noch zwischen Rhesus-positiv und Rhesus-negativ unterschieden. 85% aller Personen in Österreich sind Rhesus-positiv, alle anderen Rhesus-negativ, wobei die Verteilung bei allen Blutgruppen gleich ist.

- Erstelle das Baumdiagramm der möglichen Kombinationen.
- Berechne die Wahrscheinlichkeit, dass eine zufällig ausgewählte Person in Österreich die Blutgruppe B Rhesus-negativ hat.

Um das Baumdiagramm nicht Knoten für Knoten zeichnen zu müssen, können wir in ProVis das Modellierungselement *Teilvorgang* benutzen und zwei Teilvorgänge optional mit Wahrscheinlichkeiten definieren, siehe Abbildung 5.5. Unter dem Menübutton *Baumdiagramme* finden sich zwei Funktionalitäten *Erstelle Baum* und *Erstelle Baum aus unabhaengigen Teilvorgaengen*. Nach der Abfrage der Reihenfolge der Teilvorgänge wird der Baum automatisch generiert. Da in Beispiel 2 explizit die Unabhängigkeit der Merkmale erwähnt wird, kann zweitere Funktionalität herangezogen werden und liefert auf Knopfdruck die Lösung für Aufgabe 2 (a), siehe Abbildung 5.6. Unteraufgabe (b) kann händisch gelöst oder automatisch berechnet werden, siehe Abschnitt 5.2.4.

Durch die Einfachheit von Beschreibung und Wiederverwendbarkeit von Teilvorgängen und durch die mögliche Automatisierung der Berechnung fallen die Ursachen für die übliche Beschränkung auf sehr kleine Baumdiagramme und simple Teilvorgänge weg. Zum Beispiel kann aus dem Teilvorgang $T = \{\text{Würfle } 6, \text{Würfle nicht } 6\}$ mit Wahrscheinlichkeiten $1/6$ und $5/6$ mit nur einem Klick der Baum für mehrere Würfe erstellt werden, siehe Abbildung 5.7. Auch wenn Bäume mit mehr als vier Würfen nicht mehr komplett auf einen Blick überschaubar sind, können durch Scrollen und Zoomen Teilbereiche untersucht werden. Dies eröffnet auch die Möglichkeit Beispiele aus der Praxis einzubinden.

5.2.3. Anforderung 3 – Verschiedene Typen von Baumdiagrammen realisieren

Ein digitales Werkzeug zur Unterstützung der Modellierung mit Baumdiagrammen soll sowohl die Erstellung von Wahrscheinlichkeitsbäumen als auch von Häufigkeitsbäumen ermöglichen, ebenso wie von vollständigen und unvollständigen, sowie von reduzierten Bäumen.

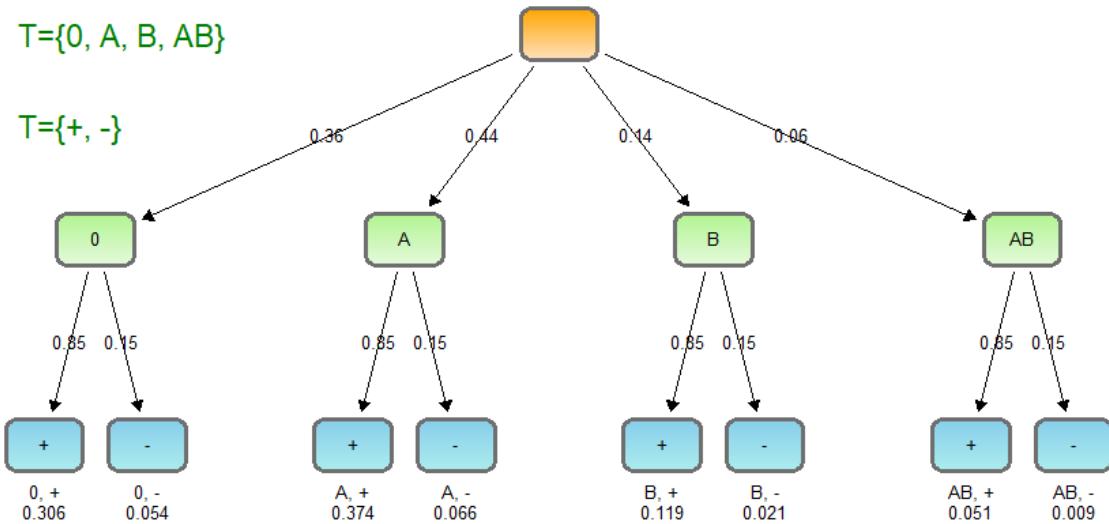


Abbildung 5.6.: Eine Lösung für Beispiel 2 erstellt mit ProVis

Wie an den bisherigen Beispielen zu sehen war, gibt es keinerlei Einschränkungen für Ereignisse. Weder wird verlangt, dass es sich um Elementarereignisse handelt (Nicht-Reduziertheit), noch dass die erstellten Ereignisse die Ergebnismenge überdecken müssen (Vollständigkeit). Lediglich eine farbliche Markierung zeigt an, wenn ein Teiltvorgang vollständig (grün) bzw. fälschlicherweise mehr als vollständig (Summe des Wahrscheinlichkeiten größer 1, rot) ist. Es stehen außerdem Kontrollmöglichkeiten zur Verfügung für übervollständige Übergänge, übervollständige Ebenen (Kontrollregel 2) und Partitionierungen in absoluten Häufigkeitsbäumen, deren Summe die Häufigkeit der Obermenge übersteigt, siehe Abbildung 5.8. Die Elemente mit fehlerhaften Eintragungen werden dabei selektiert und dadurch rot. Prinzipiell sind dem Modellierer/der Modelliererin jedoch sämtliche Freiheiten überlassen.

Um Häufigkeitsbäume zu unterstützen, bieten die Ereignis-Modellierungselemente im Notebook neben einem Attribut für die Wahrscheinlichkeit auch eines für absolute Häufigkeiten an, siehe Abbildung 5.9. Der komplette Baum lässt nur entweder Wahrscheinlichkeiten (als Dezimalzahl zwischen 0 und 1 oder als Bruch) oder absoluten Häufigkeiten (als ganze Zahl größer gleich 0) zu. Durch die Möglichkeit der Bruchdarstellung wird auch die Deutung der relativen Häufigkeit als Wahrscheinlichkeit unterstützt.

Folgendes Beispiel ist eine Variante des Diagnosebeispiels aus Abbildung 3.7 mit absoluten Häufigkeiten angelehnt an die Formulierung des Beispiel von Kraus aus seiner Studie zur *natural frequency hypothesis* [Kra03, S.4].

Beispiel 3. Von je 1000 Frauen einer gewissen Altersgruppe leiden 100 an einer bestimmten Krankheit, die mithilfe eines medizinischen Tests diagnostiziert wird. Von diesen 100 Frauen, die erkrankt sind, erhalten 80 ein positives Testergebnis. Von den 900 restlichen Frauen, die nicht erkrankt sind, erhalten dennoch 90 ein positives Testergebnis. Stellen Sie sich eine Anzahl von Frauen dieser Altersgruppe vor, die ein positives Testergebnis erhalten haben. Wie viele dieser Frauen sind tatsächlich erkrankt?

Das resultierende Baumdiagramm ist in Abbildung 5.10 zu sehen. Um die Aufgabe zu beantworten, ist die Additionsregel auf die beiden Äste $\{Ja, T+\}$ und $\{Nein, T+\}$ anzuwenden.

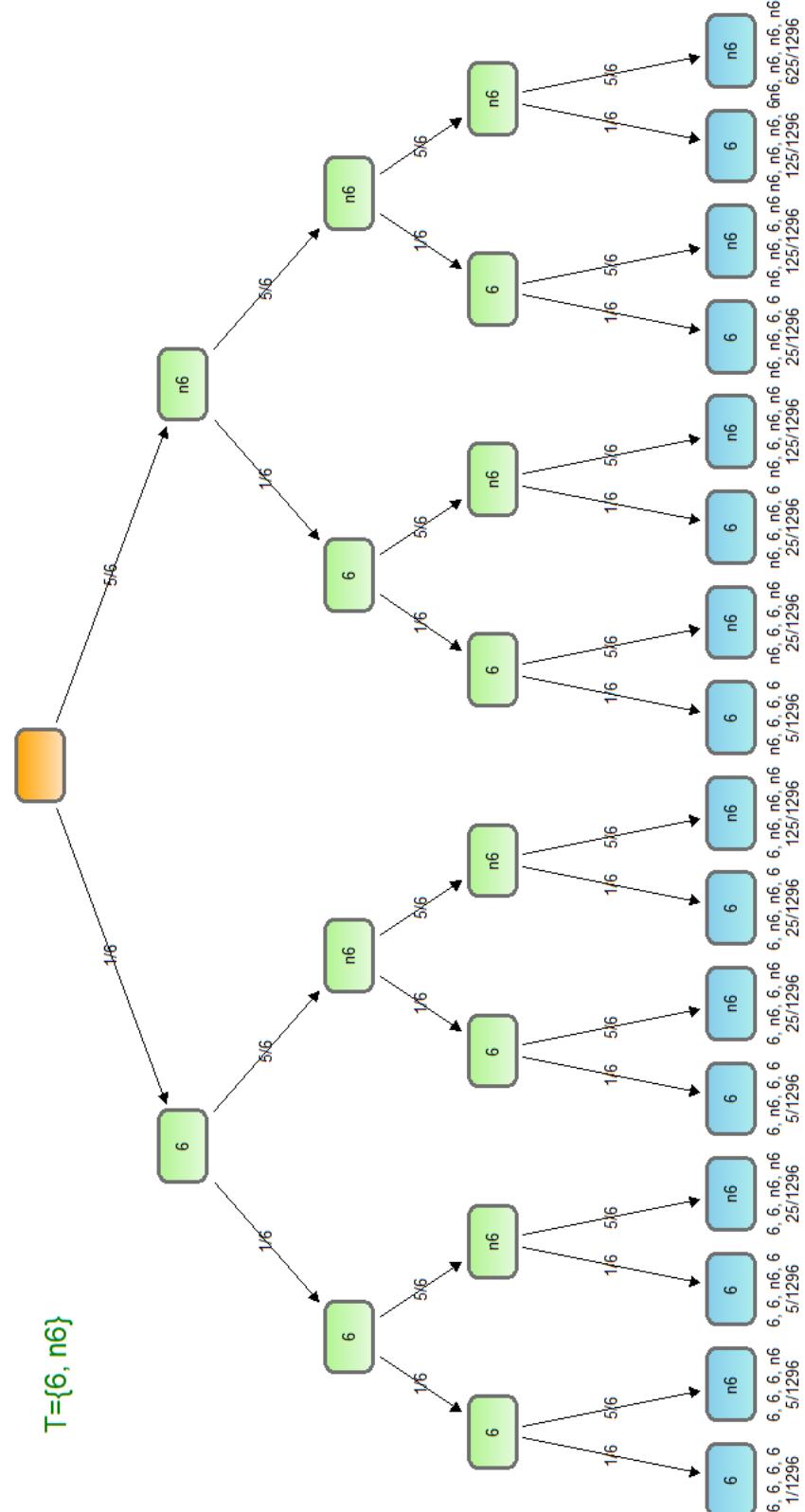


Abbildung 5.7.: Das Baumdiagramm des Wurfes mit vier Würfeln beschränkt auf die Ereignisse eine 6 zu würfeln bzw. keine 6 zu würfeln

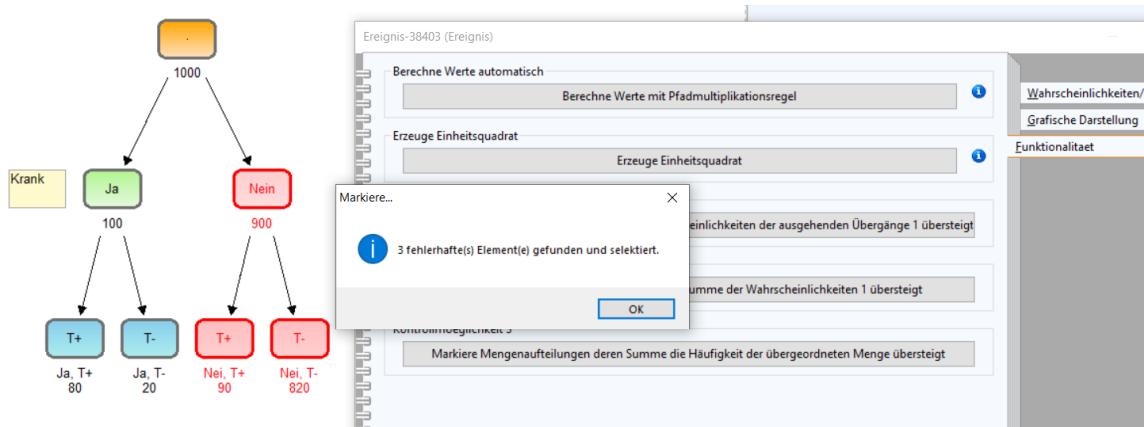


Abbildung 5.8.: Kontrollmöglichkeiten im Baumdiagramm

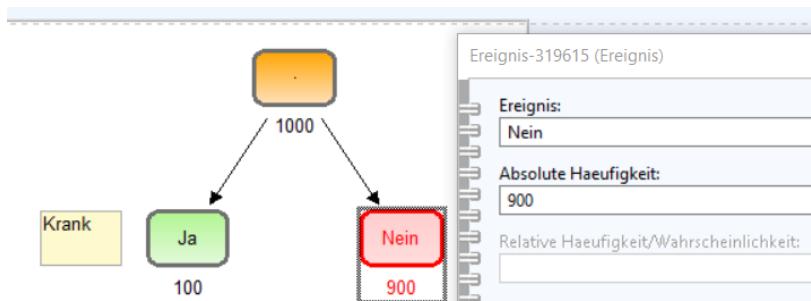


Abbildung 5.9.: Die Erstellung eines Baumes mit absoluten Häufigkeiten zu Beispiel 3

Die Anzahlen lassen sich leicht ablesen.

Als Beispiel für Bäume mit relativen Häufigkeiten sei hier noch einmal die Erhebung aus Abbildung 3.4 angeführt. Das Diagramm zeigt die Partitionierung einer Klasse mit 28 Schülern nach Geschlecht und Leseaffinität. Der Baum erzeugt mit ProVis ist in Abbildung 5.11 zu sehen.

5.2.4. Anforderung 5 – Rechenarbeit automatisieren

Eine technische Unterstützung für Baumdiagramme soll eine automatische Berechnung der Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten anbieten. Abhängig von den bekannten Größen sollen die Pfadregeln angewendet und die Werte entlang der Pfade bestimmt werden.

ProVis bietet die Möglichkeit anhand der Pfadmultiplikationsregel die Wahrscheinlichkeit entlang der Pfade zu berechnen, sofern ausreichen Informationen gegeben sind. Genauer gesagt kann die konjunktive Wahrscheinlichkeit eines zusammengesetzten Ereignisses berechnet werden, falls die Wahrscheinlichkeit des zusammengesetzten Vorgängerereignisses und die bedingte Wahrscheinlichkeit des Übergangs gegeben sind. Die Berechnung erfolgt per Knopfdruck für den gesamten Baum und ist im Notebook der Wurzel verfügbar, siehe Abbildung 5.12. Die angezeigten Werte sind gerundet, sofern es sich um Dezimalzahlen handelt. Die Genauigkeit der Rundung kann zwischen 2 bis 5 angezeigten Nachkommastellen dynamisch gewählt werden.

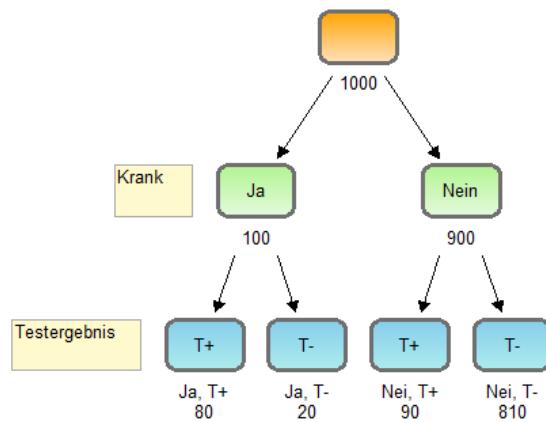


Abbildung 5.10.: Eine Lösung für Beispiel 3 erstellt mit ProVis

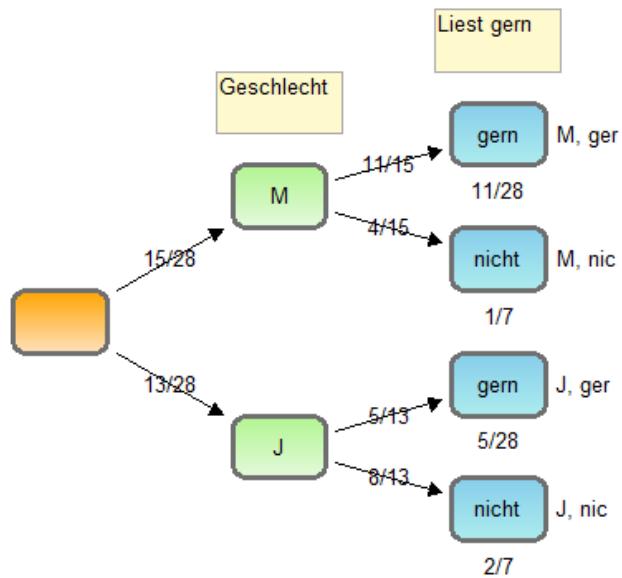


Abbildung 5.11.: Das Baumdiagramm mit relativen Häufigkeiten zum Beispiel aus Abschnitt 3.2.1 Abbildung 3.4

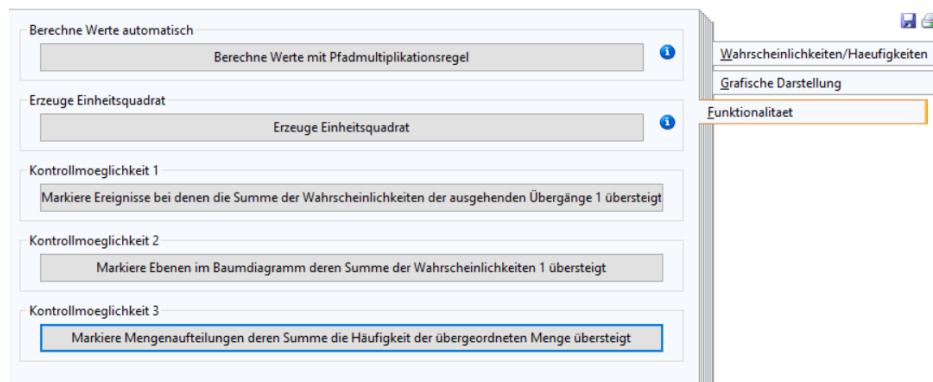


Abbildung 5.12.: Die Funktionen auf einem Baumdiagramm verfügbar im Notebook der Wurzel des Baumes

Mit dieser Funktion kann die Fragestellungen aus Beispiel 2 (b) beantwortet werden. Die Abbildungen 5.6 und 5.11 zeigen Bäume mit automatisch berechneten Werten.

5.2.5. Anforderung 6 – Einheitsquadrate automatisch erstellen

Mit Hilfe des beabsichtigten digitalen Werkzeugs sollen schnell und einfach Einheitsquadrate direkt aus den Informationen der Vierfeldertafel erstellt werden können. Darüber hinaus ist das Ableiten des transponierten Einheitsquadrats durch ein digitales Werkzeug zu unterstützen.

Das Einheitsquadrat ist durch seine leichte, intuitive Visualisierung besonders für den Einstieg in die bedingte Wahrscheinlichkeit geeignet. Für die Konstruktion wird aber ein versierter Umgang mit bedingten Häufigkeiten und relativen Anteilen benötigt. Mit Hilfe von ProVis kann diese Visualisierungsform von Anfang an verwendet werden. Die Bedeutung der einzelnen Flächen und Strecken muss dennoch im Unterricht aufgearbeitet werden, da das Einheitsquadrat nicht selbsterklärend ist und nur mit dem entsprechenden Wissen daraus Nutzen gezogen werden kann.

Die besten Beispiele zur Einführung von Einheitsquadraten sind solche, die sich direkt auf Erhebungen in der Klasse beziehen und damit schülerbezogene Daten zum Inhalt haben. Hierzu wollen wir ein fiktives Beispiel aus einer didaktischen Aufbereitung von Eichler & Vogel betrachten (Zahlen wurden variiert) [EV13, S.80].

Beispiel 4. In einem Jahrgang der Schule wurde nach Geschlecht getrennt erhoben, wie viele Schülerinnen und Schüler einen eigenen Computer besitzen. Die erhobenen Werte sind in folgender Vierfeldertafel abgebildet:

		Geschlecht	
		M	W
eigener Computer	Ja	29	6
	Nein	14	14

Möchte man mit ProVis ein Einheitsquadrat erstellen, wählt man das Modellierungselement *Einheitsquadrat* aus und erzeugt durch Klicken in die Modellierungsfläche ein neues Quadrat, das anfangs leer ist, siehe Abbildung 5.13. Mit Doppelklick auf das Element öffnet

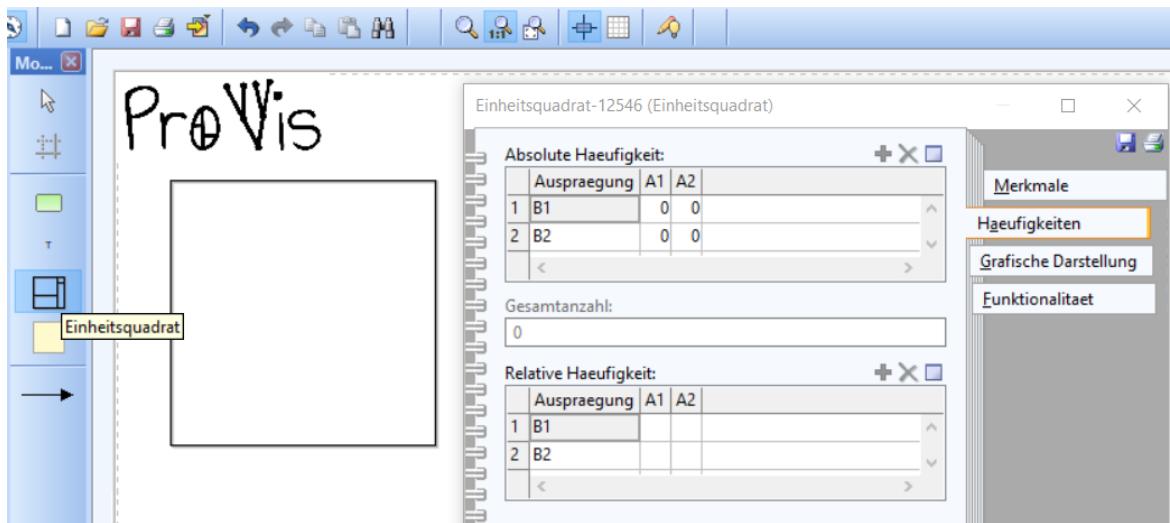


Abbildung 5.13.: Ein neu erstelltes, leerer Einheitsquadrat und sein Notebook

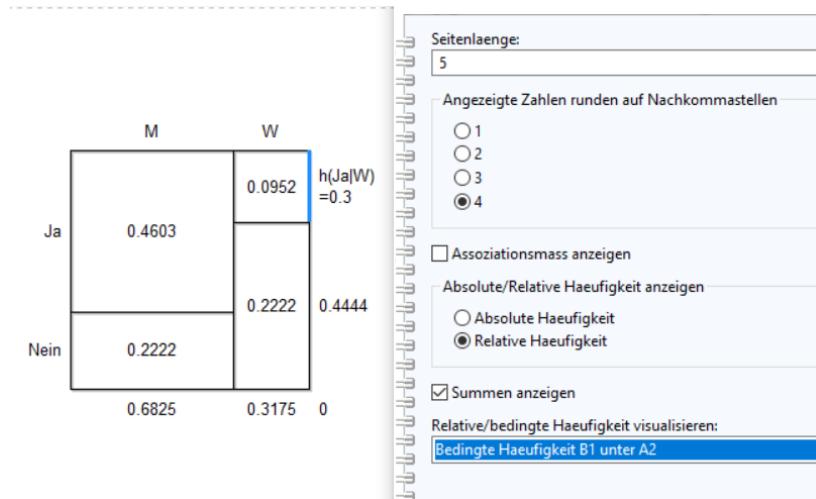


Abbildung 5.14.: Ein Einheitsquadrat und seine visuelle Konfiguration im Notebook

sich das Notebook. Im Tab *Merkmale* können die Namen der Merkmale und der zwei jeweiligen Ausprägungen festgelegt werden. Im Tab *Häufigkeiten* werden die Häufigkeiten definiert. Die Häufigkeiten können sowohl als absolute als auch als relative eingegeben werden. Hierfür stehen zwei unterschiedliche Raster zur Verfügung, wobei ab der ersten Eingabe der jeweils andere gesperrt ist. Wird mit relativen Häufigkeiten gearbeitet, besteht zusätzlich die Bedingung, dass die Summe der Anteile gleich 1 sein muss. Bis dahin wird eine Warnung im Quadrat angezeigt. Wird das Einheitsquadrat aus absoluten Häufigkeiten erzeugt, besteht die Möglichkeit für die Anzeige im Einheitsquadrat die relativen Werte heranzuziehen. Dies kann über eine Auswahlbox im Notebook festgelegt werden, siehe Abbildung 5.14.

Das Einheitsquadrat für Beispiel 4 mit absoluten Häufigkeiten und dessen Notebook-Einträge sind in Abbildung 5.15 zu sehen. Dieses kann nun benutzt werden, um Schlussfolgerungen zu ziehen. Zum Beispiel gibt es mehr Schüler als Schülerinnen, da der linke Balken breiter ist. Von den Schülern haben circa zwei Drittel einen Computer. Von den Schülerinnen dagegen besitzt nur circa ein Drittel ein eigenes Gerät, also ein deutlich kleinerer Anteil.

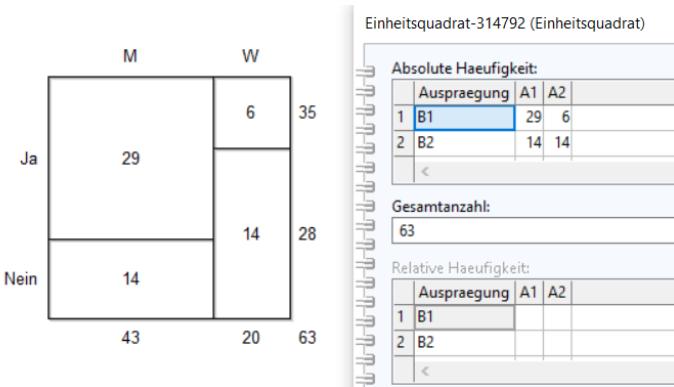


Abbildung 5.15.: Das Einheitsquadrat zu Aufgabe 4 erstellt mit ProVis

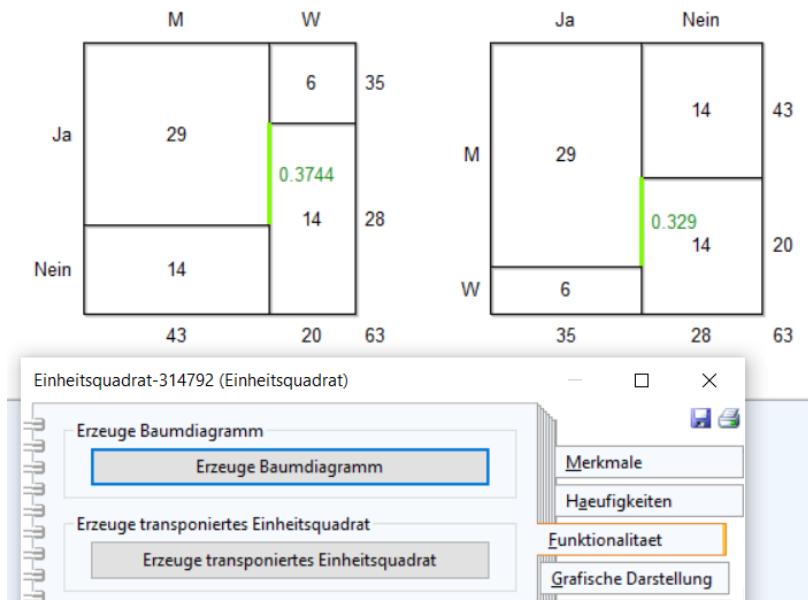


Abbildung 5.16.: (Transponiertes) Assoziationsmaß zu Beispiel 4

Im Tab *Funktionalität* findet sich die Möglichkeit das transponierte Einheitsquadrat wie in Abschnitt 3.3.2 zu erzeugen, siehe Abbildung 5.16. An diesem lässt sich besonders leicht die Geschlechtsverteilung unter den Computerbesitzern ablesen. Diese sind zum überwiegenden Teil männlich, während sich unter den Personen ohne Computer genau so viele Männer wie Frauen finden.

Dieses Beispiel eignet sich besonders um die Frage zu motivieren, ob nun ein Zusammenhang zwischen Geschlecht und Computerbesitz besteht. Wird im Unterricht auch das Assoziationsmaß als Indikator für den Zusammenhang eingeführt, kann auch dieses über einen Klick farblich hervorgehoben werden, siehe Abbildung 5.16.

5.2.6. Anforderung 4 & 4b – Grafische Darstellung dynamisieren und Visualisierung bestmöglich unterstützen

Ein digitales Werkzeug zur Erstellung von Baumdiagrammen soll eine übersichtliche, situationsadäquate Darstellung unterstützen. Hierzu zählen Möglichkeiten Bäume zu bearbeiten, Änderungen wie neue Äste einheitlich zu integrieren und einen Wechsel zwischen horizontaler und vertikaler Anordnung durchzuführen.

Funktionen, die das digitale Werkzeug für die visuelle Unterstützung umfassen soll, sind etwa die visuelle Differenzierung von besonderen Knoten in Baumdiagrammen oder die pointierte Hervorhebung des Assoziationsmaßes und anderer Strecken und Flächen in Einheitsquadranten. Ebenso sollen das Skalieren der Seitenlänge eines Einheitsquadrats und die einheitliche Ausrichtung von Bäumen möglich sein.

Folgendes Beispiel ist die Weiterführung von Beispiel 1 ebenfalls aus dem Schulbuch *Mathematik 6* [GRH⁺10, S.176]:

Beispiel 5. Die Betreuerin der Werbeaktion, Frau Martha Machdirsliecht, ändert die Spielregeln – vermeintlich unwesentlich – ab, indem sie eine dritte Kugel ins Spiel bringt, um nicht immer die gezogenen Kugeln zurücklegen zu müssen:

In einer Urne befinden sich drei Kugeln: M, O und O. Man zieht der Reihe nach je eine Kugel, ohne die gezogene Kugel zurückzulegen. Wer das Wort „OMO“, d. h. die Folge <O;M;O> bzw. <O;M;O> zieht, erhält ein Paket des Waschmittels. Interpretiere das Ergebnis aus Sicht (1) des Kunden, (2) des Veranstalters! Vergleiche das Ergebnis mit dem von Beispiel 1!

Im Schulbuch werden zwei mögliche Lösungen vorgestellt. Die erste unterscheidet zwischen den beiden Kugeln O und O und beruht wieder auf der Gleichwahrscheinlichkeit des Ziehens einer Kugel. Die zweite macht keinen Unterschied zwischen den Kugeln und soll uns als Beispiel für die dynamische Weiterentwicklung von Modellen dienen. Da besonders auf den Unterschied zwischen Ziehen mit und ohne Zurücklegen aufmerksam gemacht werden soll, kann im Unterricht das ursprüngliche Baumdiagramm betrachtet und adäquat angepasst werden. Um das Ausgangsmodell nicht zu verlieren, sollte mit einer Kopie gearbeitet werden. Dazu kann entweder im Modell-Explorer per Rechtsklick auf das Modell eine Kopie erstellt werden oder der Baum selbst wird kopiert. Hierfür sind alle Elemente des Diagramms zu markieren, im Rechtsklick-Menü *Copy* auszuwählen und an einer beliebigen freien Stelle der Modellierungsfläche (im gleichen oder einem anderen Modell) im Rechtsklick-Menü auf *Paste* zu klicken.

Während in der ersten oben genannten Lösungsvariante durch die zusätzliche Möglichkeit, die Kugel O zu ziehen, ein neuer Ast hinzukommt, sind in der zweiten Variante nur Ereignisse zu entfernen, nämlich diejenigen, die durch das fehlende Zurücklegen nicht möglich sind. Um zum gesuchten Baumdiagramm zu kommen, werden die entsprechenden Knoten ausgewählt und im Rechtsklick-Menü mit *Delete* entfernt, siehe Abbildung 5.17.

Für die grafische Strukturierung gibt es im Notebook die Funktion den Baum horizontal oder vertikal auszurichten, siehe Abbildung 5.18. Per Klick kann also der verkleinerte Baum wieder ordentlich dargestellt werden. Nun müssen die Schülerinnen und Schüler, um dieses Beispiel zu lösen, auch die Wahrscheinlichkeit der einzelnen Pfade berücksichtigen. Die bedingten Wahrscheinlichkeiten für den Zug eines der Buchstaben O und M ist abhängig

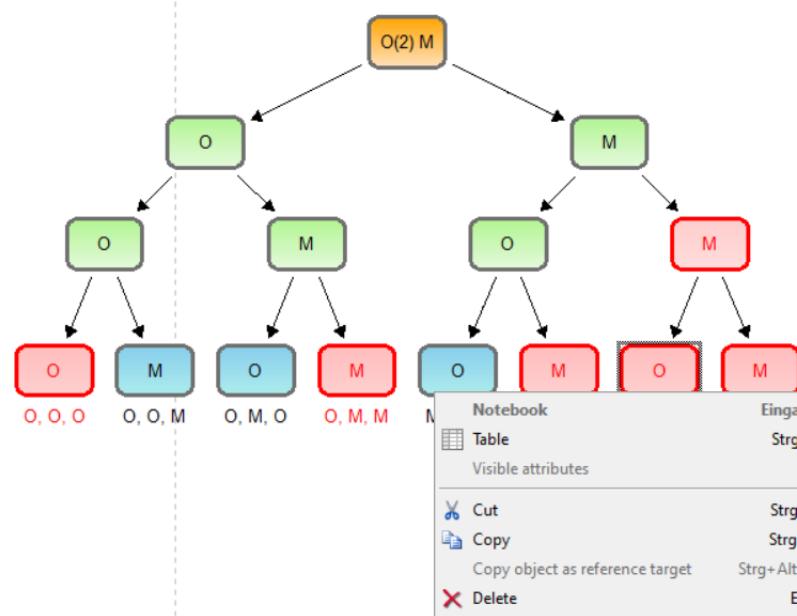


Abbildung 5.17.: Der Baum aus Beispiel 1 wird bearbeitet, die überzähligen Elemente werden markiert und entfernt

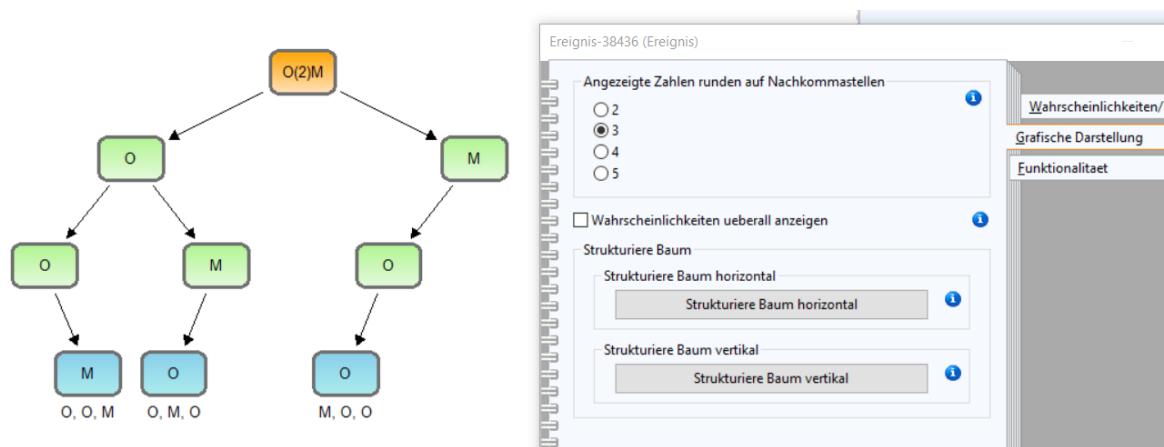


Abbildung 5.18.: Für den verkleinerten Baum in Beispiel 5 bietet das Notebook die Funktion, ihn wieder einheitlich auszurichten

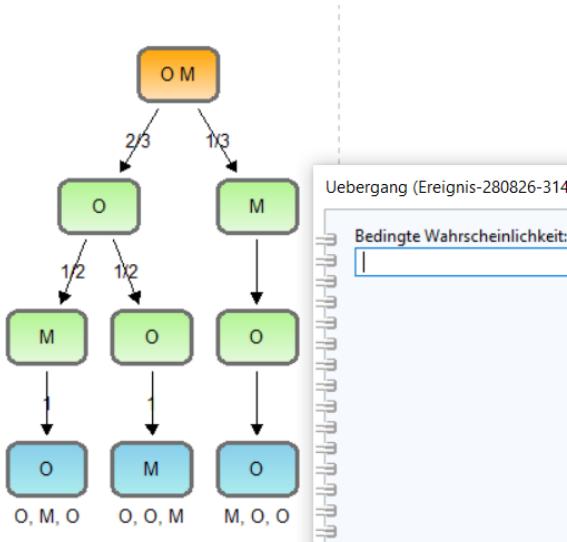


Abbildung 5.19.: Die Vervollständigung mit Wahrscheinlichkeiten des Baumes zu Beispiel 5

von den vorhergehenden Ereignissen. Die Werte müssen per Doppelklick auf die *Uebergang*-Elemente in das vorgesehene Feld eingetragen werden, siehe Abbildung 5.19. Die Berechnung der Wahrscheinlichkeiten der zusammengesetzten Ereignisse können mit der Hand oder wie in Abschnitt 5.2.4 automatisch berechnet werden. Zusammenfassend zeigt dieses Beispiel besonders deutlich, wie die Digitalisierung des Baumdiagramms dieses erst richtig zu einem praktikablen Werkzeug macht, indem die Modelle aktive Konstrukte sind, die wiederverwendet, bearbeitet, erweitert, vervielfältigt, stückweise neu zusammengesetzt werden können.

Für die visuelle Unterstützung von Baumdiagrammen ist eine farbliche Codierung der Knoten implementiert: Wurzel-Knoten als orange Rechtecke, Blatt-Knoten als blaue Rechtecke, Knoten dazwischen in grün. Für die Übersichtlichkeit werden die Namen in der Anzeige gekürzt. Ebenso dynamisch lassen sich bestimmte visuelle Hilfestellungen zuschalten, wie die Anzeige von Wahrscheinlichkeitswerten im Baumdiagramm oder von Summen der Spalten und Zeilen im Einheitsquadrat. Diese Modularität basiert ebenfalls auf Überlegungen, die Anforderung 2 über das Spiralprinzip zugrunde liegen und stellt sicher, dass keine Funktionalitäten aufgezwungen werden, die im Anfangsstadium möglicherweise verwirrend sein können. In Einheitsquadranten besteht die Möglichkeit bestimmte Verhältnisse und Merkmalskombinationen oder das Assoziationsmaß auszuwählen und die entsprechenden Flächen und Strecken im Quadrat farblich hervorheben zu lassen, siehe zum Beispiel Abbildung 5.14. Außerdem kann für Beispiele mit sehr kleinen Werten die Seitenlänge des Quadrats angepasst werden (bis 15cm, Standardwert 5 cm), um die kleinen Flächen besser sichtbar zu machen. All diese Funktionen sind im Tab *Grafische Darstellung* des Notebooks zu finden.

5.2.7. Anforderung 7 – Baumdiagramm und Einheitsquadrat vernetzen

Ein digitales Werkzeug soll die beiden Visualisierungsmethoden Einheitsquadrat und Baumdiagramm vernetzen und die Möglichkeit bieten aus einem Einheitsquadrat das entsprechende Baumdiagramm abzuleiten. Erfüllt ein Baumdiagramm die entsprechenden Voraussetzungen, soll auch der umgekehrte Weg unterstützt werden.

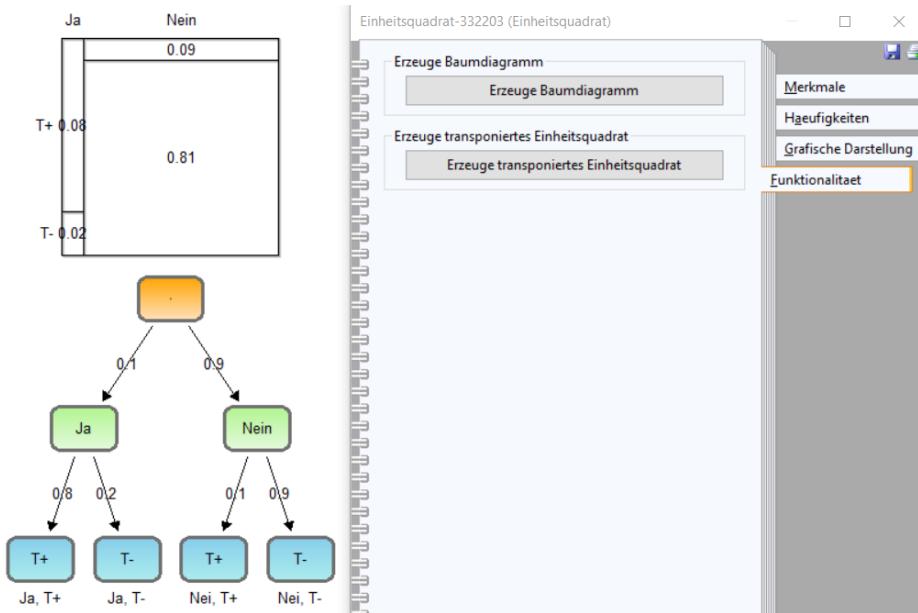


Abbildung 5.20.: Das Baumdiagramm und das automatisch abgeleitete Einheitsquadrat zu Beispiel 6

Das folgende Beispiel ist eine Abwandlung von Beispiel 3 mit Wahrscheinlichkeiten anstelle der absoluten Häufigkeiten.

Beispiel 6. Etwa 10% aller Personen leiden unter einer bestimmten Krankheit. Ein Test zur Feststellung der Krankheit liefert bei 80% der Erkrankten ein positives Ergebnis. Gesunde Personen erhalten in 90% der Fälle ein negatives Ergebnis. Wie wahrscheinlich ist es, dass eine Person mit positivem Ergebnis auch wirklich erkrankt ist?

Das Beispiel ist ein klassischer Anwendungsfall für den Satz von Bayes und bereitet oft Probleme, da die Antwort der Erwartungshaltung vieler Personen entgegenläuft: In weniger als der Hälfte der Fälle bedeutet ein positiver Test auch wirklich eine Erkrankung. Wie in Abschnitt 3.4.2 behandelt, haben sich Einheitsquadrate als besonders geeignet gezeigt, um diesen intuitiven Widerspruch zu überwinden. Deswegen ermöglicht ProVis aus dem Baumdiagramm in Abbildung 5.20 per Knopfdruck das entsprechende Einheitsquadrat zu erstellen. An diesem kann über den Vergleich der Flächeninhalte besonders anschaulich argumentiert werden, dass aufgrund der großen Basisrate möglicherweise mehr Gesunde als Kranke positive Tests erhalten. Den konkreten Wert für die bedingte Wahrscheinlichkeit *krank bei positivem Ergebnis* ist an den Streckenlängen des transponierten Einheitsquadrats ablesbar. Aus diesem lässt sich auch das umgekehrte Baumdiagramm zum ursprünglichen ableiten, siehe Abbildung 5.21.

5.2.8. Anforderung 8 – Experimentieren anregen

Ein digitales Werkzeug, das die Visualisierungsmethoden Baumdiagramm und Einheitsquadrat unterstützt, soll durch die effiziente Nutzbarkeit dieser Methoden Schülerinnen und Schüler zu „Was wäre, wenn ...“-Fragen anregen. Etwa können die Werte in einem Einheitsquadrat variiert und die Änderung der

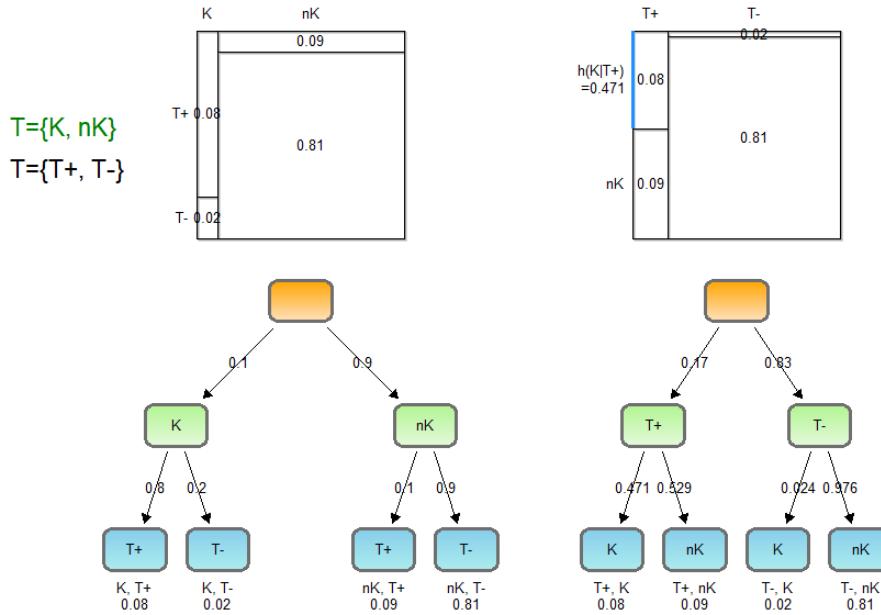


Abbildung 5.21.: Der Baum beschrieben in Beispiel 6 links unten; darüber das automatisch generierte Einheitsquadrat; rechts daneben dessen transponiertes Einheitsquadrat; darunter das aus letztgenanntem abgeleitete Baumdiagramm, das umgekehrte Baumdiagramm zum Baum links unten

Flächen beobachtet werden oder es kann untersucht werden, wie sich die Baumstruktur ändert, wenn der Ereignisraum eines Teiltvorgangs angepasst wird oder die Reihenfolge der Teiltvorgänge verändert wird. Zusätzlich sollen neue Perspektiven eröffnet werden, wie zum Beispiel durch die Möglichkeit der Ableitung der einen Darstellungsform aus der anderen.

Durch die Automatisierung und Dynamisierung der Visualisierungsmethoden und die Erleichterung der Handhabung der Modelle erweitert sich der Pool der Aufgabenstellungen ungemein. Kleine Variationen in der Aufgabenstellung können große Änderungen in den Diagrammen nach sich ziehen, die mit ProVis einfach per Knopfdruck erzeugt und zum Experimentieren und Aufstellen von Hypothesen benutzt werden können.

Im Folgenden wird ein Beispiel über die Wahrscheinlichkeiten von Augensummen beim Würfeln vorgestellt. Die entsprechenden Bäume sind sehr groß, weder das Zeichnen noch das Berechnen sind ohne ein digitales Werkzeug in vertretbarer Zeit durchführbar.

Beispiel 7. Anton hat im Stochastikunterricht gut aufgepasst und sich ein Würfelspiel ausgedacht, das er seinen Freunden erklärt: Jeder Mitspielende sucht sich eine Zahl zwischen 2 und 12 aus. Keine Zahl darf dabei doppelt gewählt werden. Anschließend wird mit zwei Würfeln gewürfelt. Stimmt die Augensumme mit der Zahl eines Mitspielenden überein, so hat dieser/diese gewonnen. Ansonsten geht das Spiel unentschieden aus. Anton sucht sich seine Zahl immer als Erstes aus. Er wählt immer 7. Kannst du herausfinden warum?

Zur Lösung des Beispiels müssen sich die Schülerinnen und Schüler überlegen, wie viele möglichen Wurfkombinationen es für die Augensumme 7 gibt. Es gibt 6 solche Kombinationen und damit mehr als für alle anderen Zahlen zwischen 2 und 12. Wegen der Gleichwahr-

scheinlichkeit der Kombinationen kann hier wie in Beispiel 1 über das Abzählen der Blätter argumentiert werden. Das Baumdiagramm hierfür kann mit ProVis in kurzer Zeit konstruiert werden, indem die Teilvergänge *Würfeln* mit den sechs Elementarereignissen erstellt werden und der Baum mittels der Funktion *Erstelle Baum aus unabhängigen Teilvergängen* in der Menüleiste erzeugt wird, siehe Abbildung 5.22.

Eine interessante Wendung nimmt das Spiel, wenn die üblichen Würfel gegen Quaderwürfel wie in Abbildung 5.23 ausgetauscht werden. Quaderwürfel bieten sich als Einführung in den *frequentistischen Wahrscheinlichkeitsbegriff* an. Bei Eichler & Vogel wird dieser Zugang über ein Experiment mit der Klasse motiviert, in dem empirisch die Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Augenzahlen des Quaderwürfels erhoben werden, siehe [EV13, Kapitel 5]. Das hypothetische Ergebnis ist in Tabelle 5.1 abgebildet. Im Weiteren sei vorausgesetzt, dass das Experiment und die Ergebnisse den Schülerinnen und Schülern bekannt sind.

Augenzahl	1	2	3	4	5	6
Wahrscheinlichkeit Laplace-Würfel	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6
Wahrscheinlichkeit Quaderwürfel	0.05	0.1	0.35	0.35	0.1	0.05

Tabelle 5.1.: Vergleich der Wahrscheinlichkeiten der Würfe eines Laplace-Würfels und des Quaderwürfels aus [EV13, S.153]

Beispiel 8. Lena spielt das in Beispiel 7 beschriebene Spiel mit Anton und wählt die Zahl 9.

- (a) Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass Anton gewinnt? Wie steht es für Lena?
- (b) Lena hat die Idee anstatt der üblichen Würfel die Quaderwürfel zu verwenden, für die die Klasse in der letzten Mathematikstunde die Wahrscheinlichkeitsverteilung erhoben hat. Werden Lenas Chancen zu gewinnen dadurch höher? Wie verändern sich Antons Chancen?
- (c) Kannst du dir noch andere Variationen ausdenken, die die Gewinnwahrscheinlichkeit der beiden ändern? Findest du eine, die Lena bessere Gewinnchancen verspricht als Anton?

Unteraufgabe (a) kann beantwortet werden indem die relativen Anteile im Abzählungsargument von Beispiel 7 in Wahrscheinlichkeiten umgewandelt werden. Anton hat demnach eine Gewinnchance von 16,7% und Lena von 11,1%.

In Unteraufgabe (b) ist bereits eine erste Variation der Spielmodalitäten vorgenommen worden. Es wurde die Frage gestellt: Was passiert, wenn wir die Würfel austauschen? Mit ProVis lässt sich der Baum für diese Aufgabe ganz einfach erstellen, indem im Teilvergangselement von Beispiel 7 die Wahrscheinlichkeiten durch die Werte in der unteren Zeile in Tabelle 5.1 ersetzt werden und erneut der zweistufige Baum mit unabhängigen Teilvergängen erzeugt wird. Nach der Berechnung der zusammengesetzten Wahrscheinlichkeiten kann dann erneut die Summe über die günstigen Wurfkombinationen berechnet werden. Leider sieht es für Lena jetzt noch schlechter aus. Die Wahrscheinlichkeit für Augensumme 9 ist auf 10,5% gesunken, während die für 7 auf 27% gestiegen ist.

Aufgabe 8 (c) regt die Schülerinnen und Schüler an über mögliche Alternativen nachzudenken und noch mehr „Was wäre, wenn...“ Fragen zu stellen. Sie könnten sich überlegen:

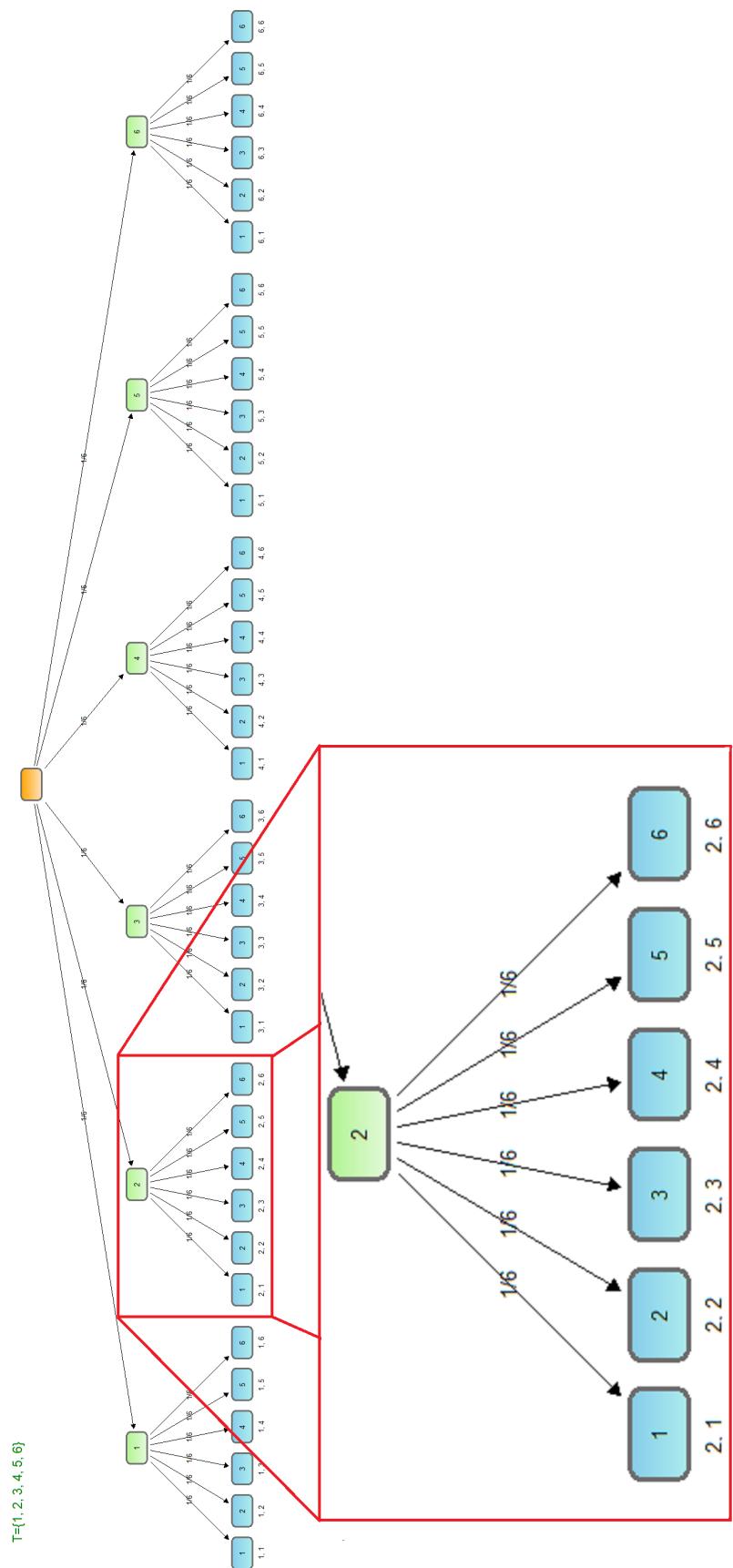


Abbildung 5.22.: Das nicht reduzierte Baumdiagramm für den Wurf mit zwei Würfeln

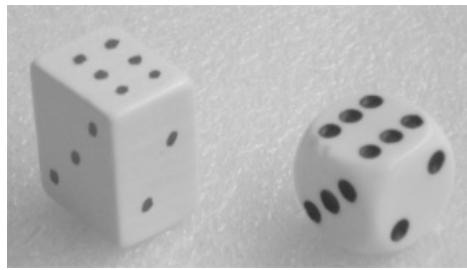


Abbildung 5.23.: Ein Quaderwürfel links und ein Laplace-Würfel rechts [EV13, S.147]

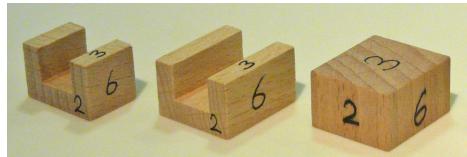


Abbildung 5.24.: Zwei U-Würfel links und ein Quaderwürfel rechts [Rie]

1. Was passiert, wenn ich einen normalen Würfel und einen Quaderwürfel gemeinsam verwende?
2. Was passiert, wenn ich die Zahlen anders auf die Flächen des Quaderwürfels verteile?
3. Was passiert, wenn ich andere Arten von Würfel, wie den U-Würfel (siehe Abbildung 5.24) verwende?
4. Was passiert, wenn ich einen neuen Quaderwürfel mit anderen Seitenlängen konstruiere?

Die ersten beiden Fragen können mit einfach ProVis gelöst werden, indem die Teilvergänge variiert und die Bäume daraus generiert werden. Alle Baumdiagramme sind ident mit dem in Abbildung 5.22, nur die Wahrscheinlichkeiten unterscheiden sich (Anzeige optional). Ein möglicher Zugang ist nach dem Trial and Error-Ansatz alle Möglichkeiten durchzuprobieren. Andererseits könnte man auch nach aufmerksamer Betrachtung der Tabelle 5.1 bemerken, dass genau die Augenzahlen 3 und 4 mit höchster Wahrscheinlichkeit (0.35) gewürfelt werden. Deren Wurf-Kombination fällt (in diesem Beispiel) mehr ins Gewicht als Würfe, die Augenzahlen mit einer niedrigeren und einer höheren Wahrscheinlichkeit beinhalten, wie es für die Augensumme 9 der Fall ist. Ob durch Ausprobieren oder Überlegen, mit beiden Ansätzen könnte man zum Schluss kommen, dass die „Umnummerierung“ des Quaderwürfels aus Tabelle 5.2 Lena in die vorteilhafte Position bringt. Die Gewinnchance für Lena steigt

Augenzahl	1	2	3	4	5	6
Wahrscheinlichkeit Laplace-Würfel	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6
Wahrscheinlichkeit Quaderwürfel	0.05	0.1	0.35	0.05	0.1	0.35

Tabelle 5.2.: Die Wahrscheinlichkeiten der Würfe eines normalen Würfels und einer Variation des Quaderwürfels aus Tabelle 5.1 im Vergleich

hier auf 25,5% und sinkt für Anton auf 9%, siehe Abbildung 5.25.

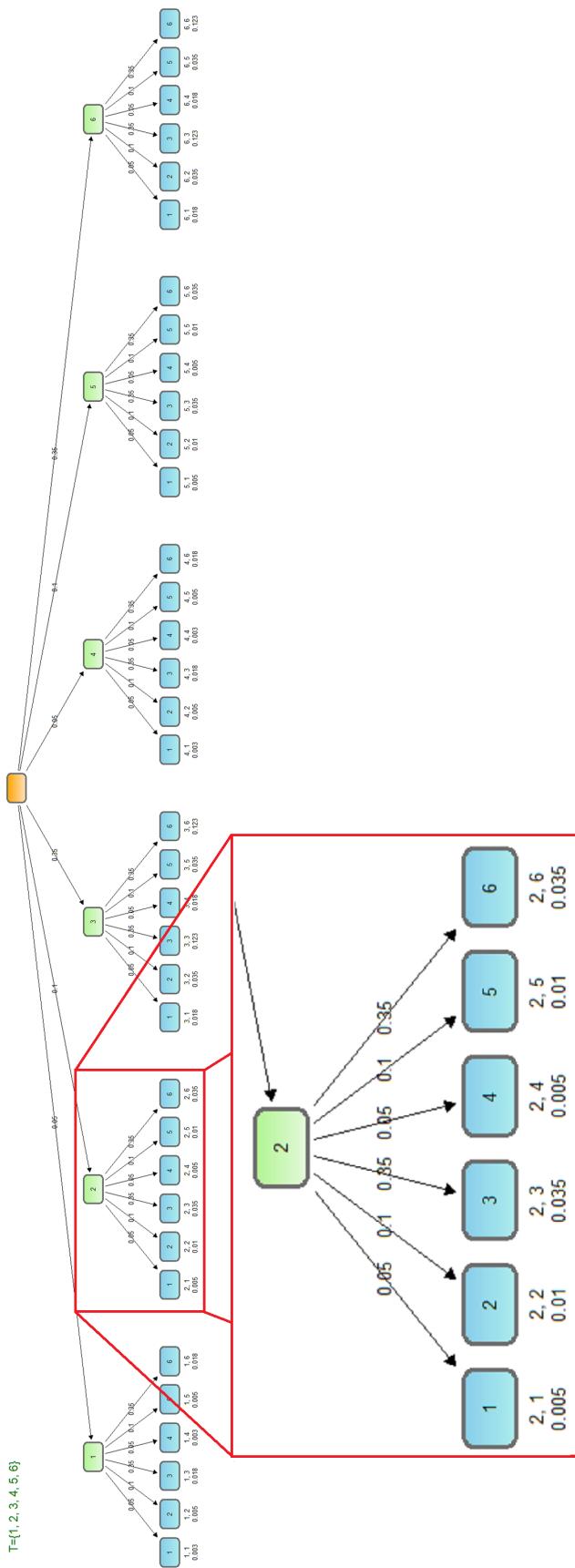


Abbildung 5.25.: Das nicht reduzierte Baumdiagramm für den Wurf mit zwei Quaderwürfeln mit Wahrscheinlichkeitsverteilung wie in Tabelle 5.2

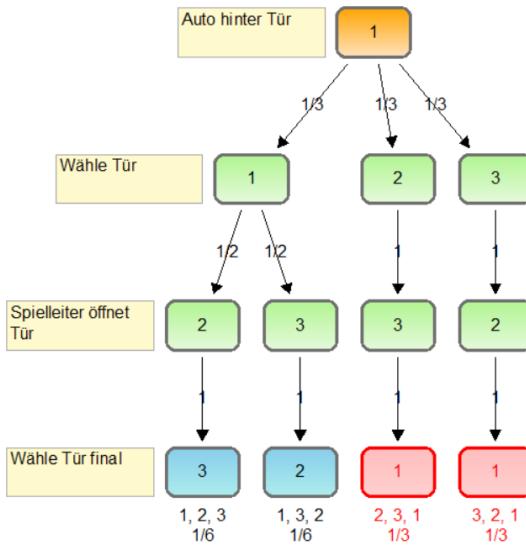


Abbildung 5.26.: Ein Lösungsansatz für das Ziegenproblem nach Fischer et al. [FLP15, S.120]

Frage 3 nach anderen Arten von Würfeln kann ebenfalls mit ProVis gelöst werden, wenn die Wahrscheinlichkeiten der Würfel bekannt sind. Eine ganze Reihe an verschiedenen Würfeln, die sogenannten Riemer-Würfel, und deren Wahrscheinlichkeiten werden bei Riemer vorgestellt [Rie88].

Frage 4 nach einem neuen Quaderwürfel kann Ausgangspunkt dafür sein, ganz neue Würfel zu basteln und selbst ein kleines Experiment zu deren Wahrscheinlichkeiten durchzuführen.

Kommen den Schülerinnen und Schüler selbst keine Ideen, so können auch Anregungen gegeben werden. Etwa kann das Beispiel folgendermaßen erweitert werden: Lena findet einen ganz neuen, gleichgebauten Quaderwürfel ohne Augenzahlen. Wie kann Lena den Quaderwürfel beschriften, um für sich einen Vorteil zu schaffen?

5.2.9. Das Ziegenproblem — Lösungsansätze mit dem Baumdiagramm

Für das Ziegenproblem, das in Abschnitt 2.1.2 vorgestellt wurde, gibt es vielerlei Erklärungsansätze. Einige können durch Baumdiagramme unterstützt werden. Ein direkter Weg zur höheren Gewinnchance durch Wechsel der Türwahl wird bei Fischer et al. [FLP15, S.120] beschrieben. Unter der Annahme, dass sich das Auto hinter Tür 1 befindet und der Spieler/die Spielerin auf jeden Fall die Wahl ändert, wird anhand des Baumdiagramms geklärt, wie wahrscheinlich diese Strategie zum Ziel führt. Der Baum ist dabei aus folgenden Teillvorgängen aufgebaut: die initiale Wahl einer Tür, das Öffnen einer der anderen Türen mit Ziege durch den Spielleiter und die zweite Wahl der Tür, konkret der Wechsel zur letzten verbleibenden Tür. Dass Diagramm ist in Abbildung 5.26 zu sehen. Die beiden günstigen Ausgänge sind rot hervorgehoben. Die Summe deren Wahrscheinlichkeiten ergibt $\frac{2}{3}$. Damit ist gezeigt, dass die Strategie *Tür wechseln* überlegen ist.

Ein anderer Ansatz beschrieben bei Götz basiert auf dem Satz von Bayes und dem Zug des Spielleiters [Göt06]. Sein Verhalten ist abhängig von der Wahl des Spielers/der Spielerin und der tatsächlichen Position des Autos. Unter der Annahme, dass Tür 1 gewählt wurde kann das Baumdiagramm mit den Teillvorgängen *Position des Autos* und *Öffnen einer Tür durch den Spielleiter* wie in Abbildung 5.27 erstellt werden. Aus den Informationen dieses

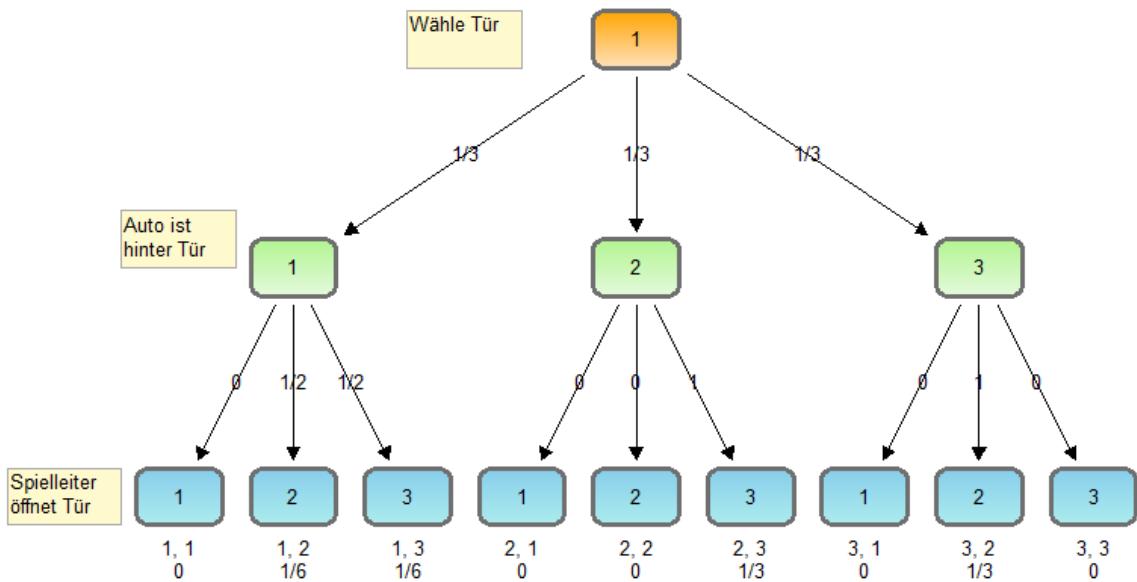


Abbildung 5.27.: Das Baumdiagramm für einen Teilprozess der *Let's make a deal* Game Show

Baumes und mithilfe des Satzes von Bayes kann das Diagramm mit umgekehrt angeordneten Teilvorgängen abgeleitet werden, zu sehen in Abbildung 5.28. In diesem umgekehrten Baum ist nun die Position des Autos abhängig von der Wahl des Spielleiters. Zu sehen ist, dass unter den Bedingungen, dass der Spieler/die Spielerin initial Tür 1 gewählt hat und der Spielleiter Tür x geöffnet hat, die Wahrscheinlichkeit für die dritte Tür y mit zwei Drittel wesentlich höher ist, als die der ursprünglichen Wahl Tür 1. Dieses Argument lässt sich natürlich auf alle drei Möglichkeiten der ersten Türwahl übertragen.

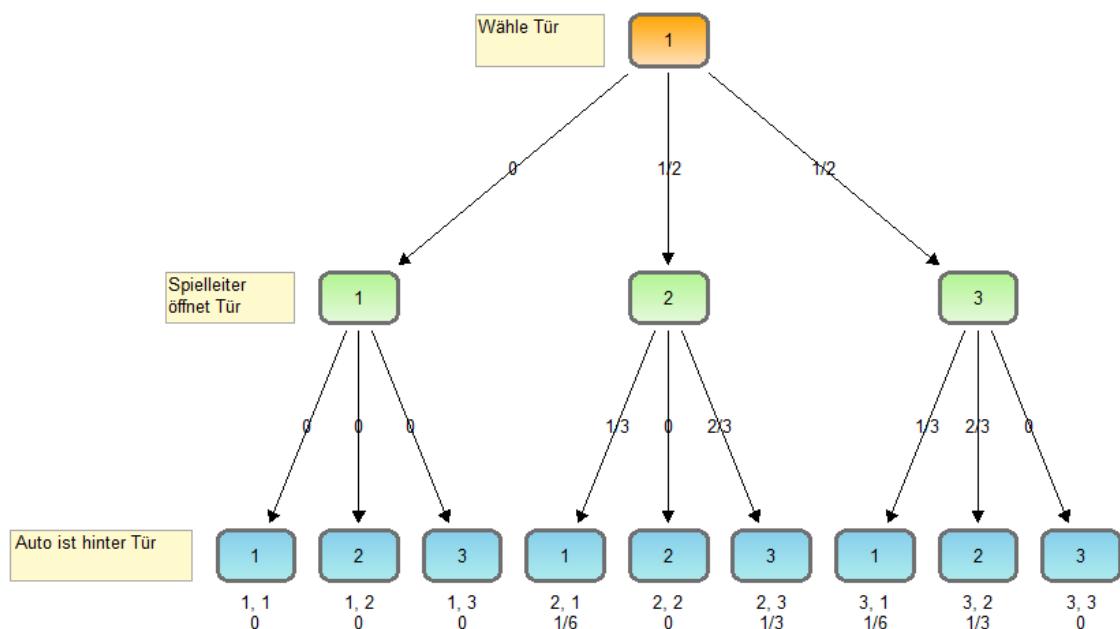


Abbildung 5.28.: Das Baumdiagramm mit umgekehrt angeordneten Teilevorgängen des Baumes in Abbildung 5.27

6. Ausblick

Die Anforderungen für ProVis wurden aus einer eingehenden Auseinandersetzung mit der Stochastikdidaktik-Forschung abgeleitet und wie im letzten Kapitel exemplarisch gezeigt in einer Modellierungssoftware realisiert. ProVis steht damit am Anfang seines Lebenszyklus und soll sich dem Grundgedanken der OMILAB-Community folgend als Modellierungsmethode dynamisch weiterentwickeln. Im ersten Schritt sollen daher empirische Erfahrungen über dem Einsatz von ProVis in der Schule gesammelt werden. Hierzu können Aufgabensammlungen erstellt werden, um das Potenzial und die Unterstützung von Beispielen aus der Praxis durch den Technologieeinsatz aufzuzeigen. Weiters können mögliche Unterrichtssequenzen mit technologischer Unterstützung durch ProVis mit praktizierenden Lehrerinnen und Lehrern entworfen und evaluiert werden.

Auf Basis dieser Erfahrungen können wir die Funktionalität von ProVis weiter ausbauen, um zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden. Hierzu zählen etwa erweiterte Kontrollmöglichkeiten über die Verfügbarkeit von Funktionen des Werkzeugs durch den Lehrer, um ProVis auch in Prüfungssituationen einsetzen zu können. Neue Anforderungen können entstehen, wenn durch Lehrplanänderungen bereits in der Unterstufe mit dem Lehren von stochastischen Konzepten begonnen wird und auch die Voraussetzungen von jüngeren Schülerinnen und Schülern in der Handhabung von ProVis berücksichtigt werden müssen.

Die Möglichkeiten für Erweiterungen sind vielfältig, und während der Realisierung der Software im Zuge dieser Arbeit wurden bereits einige Funktionen angedacht, die in der derzeitigen Software noch nicht enthalten sind. Generell wurde diese initiale Version von ProVis unter der Prämisse entwickelt, in erster Linie ein Visualisierungs- und Experimentierwerkzeug mit intuitiver Handhabung ohne technische Überladung aber mit Ausblick auf das Potenzial technischer Unterstützung zu sein. Die Richtung von zukünftigen Entwicklungen soll sich in erster Linie an Rückmeldungen aus dem Einsatz in der Schule orientieren und anhand dieser sollen konkrete Anforderungen abgeleitet werden.

Ideen für mögliche Erweiterungen sind:

- die Möglichkeit klassische Urnenbeispiele mit/ohne Zurücklegen einfach abzubilden. Dabei können die Mengen der vorhandenen Kugeln/Objekte definiert werden und automatisch Bäume mit entsprechenden bedingten Wahrscheinlichkeiten generiert werden, ähnlich zu der existierenden Funktion der Generierung von Bäumen aus (un)abhängigen Teiltvorgängen.
- die Möglichkeit weiterführende Konzepte wie umgekehrte Bäume [BS95, S.304] und vollständige Bäume [Was04, S.40] zu verwenden. Diese können in eigene Modelltypen eingebunden werden, um die ursprünglichen Diagrammtypen nicht zu überladen.
- die noch bessere Unterstützung der Visualisierung, etwa durch die Möglichkeiten, im Kontext der Pfadadditionsregel mehrere Blätter hervorzuheben oder für den Flächenvergleich im Einheitsquadrat mehrere Teilflächen gleichzeitig farblich zu markieren.
- erweiterte Kontrollmöglichkeiten, analog zu den in Abschnitt 5.2.3 beschriebenen.

6. Ausblick

- eine erweiterte Unterstützung der einfachen und schnellen Erstellung von Baumdiagrammen, etwa durch die Möglichkeit in jedem Knoten weitere Ebenen aus Teilvorgängen anzuhängen oder einstufige Teilbäume automatisch durch zusätzliche Ereigniselemente zu vervollständigen.
- erweiterte Rechenhilfen, wie etwa die Anwendung der Multiplikationsregel im Pfad auch von unten nach oben oder die Berechnung der bedingten Wahrscheinlichkeit zwischen zusammengesetzten Ereignissen.
- die Generierung von Einheitsquadrate aus den bedingten Häufigkeiten der Merkmalskombinationen. Wie in Abschnitt 3.3.3 angesprochen, geht die derzeitige Implementierung davon aus, dass die absoluten oder relativen Häufigkeiten der vier Merkmalskombinationen gegeben sind. Um ein Einheitsquadrat aus den bedingten Häufigkeiten zu generieren, muss der Umweg über das Baumdiagramm gemacht werden.

Zusammenfassend soll ProVis eine praktische Unterstützung für Visualisierungsmethoden im Stochastikunterricht darstellen. Neben seiner Funktionalität als Visualisierungs- und Modellierungswerkzeug wird besonders experimentelles Erforschen von Fragestellungen durch die dynamische Veranschaulichung begünstigt. Nach unserer Ansicht trägt ProVis das Potential in sich, einen wertvollen Beitrag zur Aufwertung der Visualisierungsmethoden *Baumdiagramm* und *Einheitsquadrat* im Stochastikunterricht zu leisten.

Zusammenfassung

Diese Arbeit behandelt die Entwicklung eines digitalen Visualisierungswerkzeugs für die Visualisierungsmethoden bzw. Denkwerkzeuge Baumdiagramm und Einheitsquadrat für den Stochastikunterricht.

Dafür werden zuerst die relevanten stochastischen Grundlagen wiederholt und die beiden Methoden diskutiert. Anhand der aktuellen Didaktik-Forschung erklären wir die Bedeutung der Visualisierung für den Stochastikunterricht und der beiden gewählten Methoden im Speziellen. Wir behandeln Baumdiagramme und Einheitsquadrate sowie ihre Konstruktionen im Detail, durchleuchten ihre Anwendungen im Unterricht und setzen uns auch mit dem Einsatz von Technologie im Mathematikunterricht im Allgemeinen auseinander.

Durch unsere Analysen ermitteln wir eine Liste von Anforderungen an unser Softwaretool, das wir im abschließenden Kapitel präsentieren. Anhand konkreter Beispiele erklären wir seine Handhabung und Funktionalitäten und zeigen damit, wie technologische Unterstützung zu einer wesentlichen Erweiterung des Anwendungsspektrums von Baumdiagrammen und Einheitsquadern im Unterricht beitragen kann.

Abstract

This thesis deals with the development and implementation of a digital visualization tool featuring the visualization methods respectively thinking tools tree diagram and unit square, designed to be applied in teaching stochastics.

First we recall the relevant stochastical background and discuss the two mentioned visualization methods. We provide an analysis of recent didactic research, explaining the significance of visualization in teaching stochastics in general and of the two chosen visualization methods in particular. We discuss tree diagrams and unit squares and their constructions in detail, and we explain their applications in teaching. We also consider the general concept of applying technology in teaching mathematics.

Throughout our analysis we derive a list of requirements for our software tool, whose implementation we present in the final chapter. Using concrete examples, we explain the functionality and features of the tool and demonstrate how technological support significantly broadens the scope of applications in teaching of tree diagrams and unit squares.

Literaturverzeichnis

- [AFH⁺] AUE, V ; FREBORT, M ; HOHENWARTER, M ; LIEBSCHER, M ; SATTLBERGER, E ; SCHIERMER, I ; SILLER, HS ; VORMAYR, G ; WEISS, M ; WILLAU, E: *Die standardisierte schriftliche Reifeprüfung in Mathematik. Inhaltliche und organisatorische Grundlagen zur Sicherung mathematischer Grundkompetenzen (Stand: April 2019)*. <https://www.matura.gv.at/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=861&token=96731e3efb9cea71397b3063054a604396f213a7>. – Zuletzt aufgerufen 11.01.2019
- [BE15] BIEHLER, Rolf ; ENGEL, Joachim: Stochastik: Leitidee Daten und Zufall. In: BRUDER, Regina (Hrsg.) ; HEFENDEHL-HEBEKER, Lisa (Hrsg.) ; SCHMIDT-THEIME, Barbara (Hrsg.) ; WEIGAND, Hans-Georg (Hrsg.): *Handbuch der Mathematikdidaktik*. Berlin, Heidelberg : Springer, 2015, S. 221–251
- [Beh19] BEHRENS, Ramona: *Formulieren und Variieren mathematischer Fragestellungen mittels digitaler Werkzeuge*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2019 (Studien zur theoretischen und empirischen Forschung in der Mathematikdidaktik)
- [BL17] BÖCHERER-LINDER, Katharina: *Visualisierung bedingter Wahrscheinlichkeiten: eine Untersuchung aus kognitionspsychologischer, mathematikdidaktischer und schulpraktischer Perspektive*, Pädagogische Hochschule Freiburg, Dissertation, 2017
- [BLE17] BÖCHERER-LINDER, Katharina ; EICHLER, Andreas: The impact of visualizing nested sets. An empirical study on tree diagrams and unit squares. In: *Frontiers in psychology* 7 (2017), Nr. 2026
- [BLEV18a] BÖCHERER-LINDER, Katharina ; EICHLER, Andreas ; VOGEL, Markus: Die Formel von Bayes: Kognitionspsychologische Grundlagen und empirische Untersuchungen zur Bestimmung von Teilmenge-Grundmenge-Beziehungen. In: *Journal für Mathematik-Didaktik* 39 (2018), Nr. 1, S. 127–146
- [BLEV18b] BÖCHERER-LINDER, Katharina ; EICHLER, Andreas ; VOGEL, Markus: Visualising Conditional Probabilities—Three Perspectives on Unit Squares and Tree Diagrams. In: BATANERO, Carmen (Hrsg.) ; CHERNOFF, Egan J. (Hrsg.): *Teaching and Learning Stochastics: Advances in Probability Education Research*. Cham : Springer International Publishing, 2018, S. 73–88
- [BLEV18c] BÖCHERER-LINDER, Katharina ; EICHLER, Andreas ; VOGEL, Markus: Visualizing statistical information with unit squares. In: *Looking back, looking forward. Proceedings of the 10th International Conference on Teaching Statistics. Kyoto, Japan: IASE*, 2018

LITERATURVERZEICHNIS

- [BLLSS10] BLEIER, Gabriele ; LINDENBERG, Judith ; LINDNER, Andreas ; SÜS-STEPANCIK, Evelyn: *Dimensionen - Mathematik*: 6. 1. Aufl. Wien : E. Dorner, 2010
- [Bru70] BRUNER, Jerome S.: *Der Prozeß der Erziehung*. Berlin : Berlin-Verlag, 1970
- [BS95] BEA, Wolfgang ; SCHOLZ, Roland: Graphische Modelle bedingter Wahrscheinlichkeiten im empirisch-didaktischen Vergleich. In: *Journal für Mathematik-Didaktik* 16 (1995), Nr. 3-4, S. 299–327
- [Bun11] BUNDEINSTITUT FÜR BILDUNGSFORSCHUNG, INNOVATION & ENTWICKLUNG DES ÖSTERREICHISCHEN SCHULWESENS (BIFIE) (Hrsg.): *Praxishandbuch Mathematik AHS Oberstufe – Auf dem Weg zur standardisierten kompetenzorientierten Reifeprüfung. Teil 1*. Graz : Leykam, 2011
- [EV11] EICHLER, Andreas ; VOGEL, Markus: *Leitfaden Stochastik: für Studierende und Ausübende des Lehramts*. 1 Aufl. Wiesbaden : Vieweg+Teubner, 2011
- [EV13] EICHLER, Andreas ; VOGEL, Markus: *Leitidee Daten und Zufall: Von konkreten Beispielen zur Didaktik der Stochastik*. 2 Aufl. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013
- [FK13] FILL, Hans-Georg ; KARAGIANNIS, Dimitris: On the conceptualisation of modelling methods using the ADOxx meta modelling platform. In: *Enterprise Modelling and Information Systems Architectures (EMISAJ)* 8 (2013), Nr. 1, S. 4–25
- [FLP15] FISCHER, Gerd ; LEHNER, Matthias ; PUCHERT, Angela: *Einführung in die Stochastik: Die grundlegenden Fakten mit zahlreichen Erläuterungen, Beispielen und Übungsaufgaben*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015 (Mathematik für das Lehramt)
- [Göt06] GÖTZ, Stefan: Ziegen, Autos und Bayes—eine never-ending story. In: *Stochastik in der Schule* 26 (2006), Nr. 1, S. 10–15
- [Göt17] GÖTZ, Stefan: Schulmathematik Stochastik im Verbund Nord-Ost. In: *Mathematik im Unterricht, Ausgabe 8* (2017), S. 127–142
- [GRH⁺10] GÖTZ, Stefan (Hrsg.) ; REICHEL, Hans-Christian (Hrsg.) ; HANISCH, Günter ; MÜLLER, Robert ; WENZEL, Claudia: *Mathematik* 6. 1. Aufl.. Wien : öbv, 2010
- [KBB⁺16] KARAGIANNIS, Dimitris ; BUCHMANN, Robert ; BURZYNSKI, Patrik ; REIMER, Ulrich ; WALCH, Michael: Fundamental conceptual modeling languages in OMILAB. In: *Domain-Specific Conceptual Modeling*. Cham : Springer, 2016, S. 3–30
- [KBFG15] KAISER, Gabriele ; BLUM, Werner ; FERRI, Rita ; GREEFRATH, Gilbert: Anwendungen und Modellieren. In: BRUDER, Regina (Hrsg.) ; HEFENDEHL-HEBEKER, Lisa (Hrsg.) ; SCHMIDT-THIEME, Barbara (Hrsg.) ; WEIGAND, Hans-Georg (Hrsg.): *Handbuch der Mathematikdidaktik*. Berlin, Heidelberg : Springer, 2015, S. 357–383

- [KBGH15] KHAN, Azam ; BRESLAV, Simon ; GLUECK, Michael ; HORNBÆK, Kasper: Benefits of visualization in the mammography problem. In: *International Journal of Human-Computer Studies* 83 (2015), S. 94–113
- [KMM16] KARAGIANNIS, Dimitris (Hrsg.) ; MAYR, Heinrich C. (Hrsg.) ; MYLOPOULOS, John (Hrsg.): *Domain-specific conceptual modeling*. Cham : Springer, 2016
- [Kom] Kompetenzheft – Stochastik II, Stand 22. August 2019. https://mmf.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_mathematikmachtfreunde/Materialien/KH-Stochastik_II.pdf. – Zuletzt aufgerufen 15.12.2019
- [Kra03] KRAUSS, Stefan: Wie man das Verständnis von Wahrscheinlichkeiten verbessern kann: Das „Häufigkeitskonzept“. In: *Stochastik in der Schule* 23 (2003), Nr. 1, S. 2–9
- [KS11] KÜTTING, Herbert ; SAUER, Martin J.: *Elementare Stochastik: Mathematische Grundlagen und didaktische Konzepte*. Heidelberg : Springer, 2011
- [KSS15] KRÜGER, Katja ; SILL, Hans-Dieter ; SIKORA, Christine: *Didaktik der Stochastik in der Sekundarstufe I*. Berlin, Heidelberg : Springer, 2015
- [Leh] Lehrpläne der allgemeinbildenden höheren Schulen. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>, . – Zuletzt aufgerufen 11.01.2020
- [Lim14] LIMA, Manuel: *The book of trees: Visualizing branches of knowledge*. New York : Princeton Architectural Press, 2014
- [MKW⁺18] MALLE, Günther ; KOTH, Maria ; WOSCHITZ, Helge ; MALLE, Sonja ; SALZGER, Bernhard ; ULOVEC, Andreas: *Mathematik verstehen 6 : Schülerbuch*. 1. Auflage. Wien : öbv, 2018
- [Rie] RIEMER, Wolfgang: Mit Quadern würfeln. <http://www.riemer-koeln.de/cmbasic/?quader>. – Zuletzt aufgerufen am 05.01.2020
- [Rie88] RIEMER, W: *Riemer-Würfel*. Stuttgart : Ernst-Klett-Verlag, 1988
- [SG01] SEDLMEIER, Peter ; GIGERENZER, Gerd: Teaching Bayesian reasoning in less than two hours. In: *Journal of Experimental Psychology: General* 130 (2001), Nr. 3, S. 380–400
- [VE14] VOGEL, Markus ; EICHLER, Andreas: Die computergestützte Leitidee Daten und Zufall. In: HENN, Hans-Wolfgang (Hrsg.) ; MEYER, Jörg (Hrsg.): *Neue Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht 1*. Wiesbaden : Springer, 2014, S. 126–138
- [Was04] WASSNER, Christoph: *Förderung Bayesianischen Denkens: kognitionspsychologische Grundlagen und didaktische Analysen*. Hildesheim : Franzbecker, 2004 (Texte zur mathematischen Forschung und Lehre; 34)

LITERATURVERZEICHNIS

- [WG02] WOLPERS, Hans ; GÖTZ, Stefan ; TIETZE, Uwe-Peter (Hrsg.) ; KLIKA, Manfred (Hrsg.) ; WOLPERS, Hans (Hrsg.): *Didaktik der Stochastik, Band 3. Mathematikunterricht in der Sekundarstufe II.* Braunschweig : Vieweg, 2002

A. ProVis Library Code

Im Folgenden findet sich der Code der ProVis library im .all Format. Dieser Code kann in beliebigen Texteditoren bearbeitet und auf der ADOxx Webseite¹ in .abl Format umgewandelt werden. Die library in .abl Format kann in das ADOxx Development Toolkit importiert, dort über eine Benutzeroberfläche konfiguriert werden und daraus die Modellierungsumgebung generiert werden. Einführungsmaterial in die Arbeit mit ADOxx ist ebenfalls auf der ADOxx Webseite² verfügbar. Die referenzierten AdoScript files mit Endung .asc sind in Appendix B zu finden und müssen über den File Manager des Development Toolkit in die Datenbank gespeichert werden.

```
*****  
//  
// The file contains the following libraries:  
//  
// ProVis_v1.1  
// ProVis Dynamic Library v1.1  
// ProVis Static Library v1.1  
//  
//*****  
  
// Defined model types:  
//  
// 1. ProVis Diagramm  
// Class Ereignis  
// Class Teilvorgang  
// Class Einheitsquadrat  
// Class Notiz  
// Relationclass Uebergang  
//  
VERSION <5.1>  
  
=====  
=====  
APPLICATION LIBRARY <ProVis_v1.1>  
=====  
=====  
  
=====  
RECORDCLASS <Ereignisse> : <RecordClass>  
=====  
  
CLASSATTRIBUTE <ClassAbstract>  
VALUE 0  
  
CLASSATTRIBUTE <ClassVisible>  
VALUE 1
```

¹https://www.adox.org/live/en_GB/all2abl-converter-service

²<https://www.adox.org/live/tutorial>

A. ProVis Library Code

```
CLASSATTRIBUTE <AttrRep>
  VALUE "NOTEBOOK
CHAPTER \"Description\""
ATTR \"Ereignis\"
ATTR \"Wahrscheinlichkeit\""

//--- RecordClass <Ereignisse> - Instance attributes-----

ATTRIBUTE <Ereignis>
TYPE STRING
VALUE ""

  FACET <MultiLineString>
  VALUE 0

  FACET <AttributeHelpText>
  VALUE ""

  FACET <AttributeRegularExpression>
  VALUE ""

ATTRIBUTE <Wahrscheinlichkeit>
TYPE STRING
VALUE ""

  FACET <MultiLineString>
  VALUE 0

  FACET <AttributeHelpText>
  VALUE ""

  FACET <AttributeRegularExpression>
  VALUE "REGEXP
message:\"Wahrscheinlichkeit muss im Format 1 oder 0.Zahl oder Zahl/Zahl eingegeben werden\""
expression:\\"(0.([0-9]+)$|^(([0-9]+)/([0-9]+))$|^1$|^0$\\\""

ATTRIBUTE <Wahrscheinlichkeit_Double>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(try((set(bw,aval(\"Wahrscheinlichkeit\")),set(var,search(bw, \"/\", 0)),cond(var>0,(set(bruch_nenner,VAL copy(bw,var+1,LEN(bw))),set(bruch_zaeher,VAL copy(bw,0,var))),bw),cond(var>0, bruch_zaeher/bruch_nenner, VAL bw)),0))"

  FACET <MultiLineString>
  VALUE 0

  FACET <AttributeHelpText>
  VALUE ""

  FACET <AttributeRegularExpression>
  VALUE ""
```

```

//=====
RECORDCLASS <Einheitsquadrat - absolute Haeufigkeiten> : <RecordClass>
=====

CLASSATTRIBUTE <ClassAbstract>
VALUE 0

CLASSATTRIBUTE <ClassVisible>
VALUE 1

CLASSATTRIBUTE <AttrRep>
VALUE "NOTEBOOK"
CHAPTER \"Description\"
ATTR \"Auspraegung\" enabled:0
ATTR \"A1\"
ATTR \"A2\""

//--- RecordClass <Einheitsquadrat - absolute Haeufigkeiten> - Instance attributes

ATTRIBUTE <A1>
TYPE INTEGER
VALUE 0

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

FACET <AttributeNumericDomain>
VALUE ""

ATTRIBUTE <A2>
TYPE INTEGER
VALUE 0

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

FACET <AttributeNumericDomain>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Auspraegung>
TYPE STRING
VALUE ""

```

```

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""


//=====
RECORDCLASS <Einheitsquadrat - relative Haeufigkeiten> : <RecordClass>
=====

CLASSATTRIBUTE <ClassAbstract>
VALUE 0

CLASSATTRIBUTE <ClassVisible>
VALUE 1

CLASSATTRIBUTE <AttrRep>
VALUE "NOTEBOOK
CHAPTER \"Description\"
ATTR \"Auspraegung\" enabled:0
ATTR \"A1\"
ATTR \"A2\"


//--- RecordClass <Einheitsquadrat - relative Haeufigkeiten> - Instance attributes

ATTRIBUTE <A1>
TYPE STRING
VALUE ""

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE "REGEXP
message:\"Wahrscheinlichkeit muss im Format 1 oder 0.Zahl oder Zahl/Zahl eingegeben werden\"
expression:\\"^(0.([0-9]+)$|^(([0-9]+)/([0-9]+))$|^1$|^0$)\"


ATTRIBUTE <A2>
TYPE STRING
VALUE ""

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

```

```

FACET <AttributeRegularExpression>
  VALUE "REGEXP"
message:\"Wahrscheinlichkeit muss im Format 1 oder 0.Zahl oder Zahl/Zahl eingegeben werden\""
expression:|^((0.|([0-9])+)$|^(([0-9]+)/([0-9]+))$|^1$|^0$)"""

ATTRIBUTE <Auspraegung>
TYPE STRING
VALUE ""

  FACET <MultiLineString>
  VALUE 0

  FACET <AttributeHelpText>
  VALUE ""

  FACET <AttributeRegularExpression>
  VALUE ""


//=====
//=====
BUSINESS PROCESS LIBRARY <ProVis Dynamic Library v1.1>
//=====
//=====

ATTRIBUTE <Version number>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Date last changed>
VALUE "29.01.2020, 21:22"

ATTRIBUTE <Last user>
VALUE "Admin"

ATTRIBUTE <Keywords>
VALUE "ADOxx - EMPTY LIBRARY"

ATTRIBUTE <Comment>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Description>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Modi>
VALUE "MODELTYPE \"ProVis Diagramm\" bitmap:\"db:\\\\ProVisshort.ico\" graphrep: \"Background
Image GraphRep\""

INCL \"Ereignis\"
INCL \"Uebergang\"
INCL \"Teilvorgang\"
INCL \"Einheitsquadrat\"
INCL \"Notiz\""

ATTRIBUTE <Page layouts>
  VALUE "LAYOUT \"Full page (without header/footer)\""
PAGE w:p h:p"

ATTRIBUTE <Simmapping>
  VALUE "SIMOPTION undefined"

```

```
ATTRIBUTE <Simtext>
VALUE "SIMTEXT undefined"

ATTRIBUTE <Queries>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Input fields>
VALUE ""

ATTRIBUTE <AQL commands>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Result attributes>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Relation analysis>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Service>
VALUE "http://www.adoxx.org

faq@adox.org"

ATTRIBUTE <User defined>
VALUE "yes"

ATTRIBUTE <Library icons>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Evaluation queries>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Evaluation input fields>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Evaluation AQL commands>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Evaluation result attributes>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Sim result mapping>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Numbering>
VALUE "numeric"

ATTRIBUTE <Graphical representation>
VALUE "GRAPHREP
FILL color:aliceblue
RECTANGLE x:-.3cm y:-.3cm w:.6cm h:.6cm
"

ATTRIBUTE <Days per year>
VALUE 170

ATTRIBUTE <Hours per day>
VALUE 8

ATTRIBUTE <CCC mapping>
```

```

    VALUE ""

    ATTRIBUTE <CCC default setting>
    VALUE ""

    ATTRIBUTE <Object arrangement>
    VALUE "#=====

#--- INIT GLOBAL VARS

ON_EVENT \"AppInitialized\"
{
SETG scriptFileLocation:\"db:\\\\\"

CC \"Application\" REMOVE_MENU_ITEM component:\"modeling\" item:\"Process tools\"
CC \"Application\" REMOVE_MENU_ITEM component:\"modeling\" item:\"View\"
CC \"Application\" REMOVE_MENU_ITEM component:\"modeling\" item:\"Window\\tTools\\tInspector\"
CC \"Application\" REMOVE_MENU_ITEM component:\"modeling\" item:\"Model\\tInter-model references\"
CC \"Application\" REMOVE_MENU_ITEM component:\"modeling\" item:\"Extras\\tMessages\"

CC \"Application\" SET_ICON_VISIBLE component:\"modeling\" name:\"COST\" visible:0
CC \"Application\" SET_ICON_VISIBLE component:\"modeling\" name:\"VTABLE\" visible:0
CC \"Application\" SET_ICON_VISIBLE component:\"modeling\" name:\"VGRAPH\" visible:0
CC \"Application\" SET_ICON_VISIBLE component:\"modeling\" name:\"CHNG\" visible:0
CC \"Application\" SET_ICON_VISIBLE component:\"modeling\" name:\"RIGHTANG\" visible:0
CC \"Application\" SET_ICON_VISIBLE component:\"modeling\" name:\"HORI\" visible:0
CC \"Application\" SET_ICON_VISIBLE component:\"modeling\" name:\"VERT\" visible:0
CC \"Application\" SET_ICON_VISIBLE component:\"modeling\" name:\"POSSZ\" visible:0
CC \"Application\" SET_ICON_VISIBLE component:\"modeling\" name:\"AREA\" visible:0
CC \"Application\" SET_ICON_VISIBLE component:\"modeling\" name:\"CUT\" visible:0
}

ON_EVENT \"AfterCreateModelingConnector\" {
    EXECUTE file:(scriptFileLocation + \"tree_structurecheck.asc\") scope:same
}

ON_EVENT \"AfterCreateModelingNode\" {

SETG id_InstId:(objid)
SET currentclassid:(classid)
CC \"Core\" GET_CLASS_ID classname:\"Einheitsquadrat\"
SET classideq:(classid)

IF (((currentclassid) = (classideq))) {
    EXECUTE file:(scriptFileLocation + \"EQ_created.asc\") scope:same
}
}

ITEM \"Erstelle Baum aus Teilvergängen\"
acquisition:\"Baumdiagramme\" modeling:\"Baumdiagramme\" importexport:\"Baumdiagramme\"

SET unabhaengig:0
EXECUTE file:(scriptFileLocation + \"create_tree_from_teilvorgang.asc\") scope:same

ITEM \"Erstelle Baum aus unabhaengigen Teilvergängen\"
acquisition:\"Baumdiagramme\" modeling:\"Baumdiagramme\" importexport:\"Baumdiagramme\"

```

A. ProVis Library Code

```
SET unabhaengig:1
EXECUTE file:(scriptFileLocation + \"create_tree_from_teilvorgang.asc\") scope:same"

ATTRIBUTE <Agent definition>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Variable check>
VALUE "off"

ATTRIBUTE <Configuration of documentation>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Default settings>
VALUE "GRID snap:on visible:off w:0.50cm h:0.50cm
GRADIENT_PRINTING mode:avg-color

CHECK_CARDINALITIES

after-modeling-action:1"

ATTRIBUTE <Predefined queries>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Predefined evaluation queries>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Dynamic evaluation modules>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Path navigator>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Versioning format>
VALUE ""

//=====
CLASS <__LibraryMetaData__> : <__D-construct__>
//=====

//--- Class <__LibraryMetaData__> - Class attributes-----
CLASSATTRIBUTE <homedir>
TYPE STRING
VALUE "c:\\Program Files (x86)\\BOC\\ADOxx15_EN_SA\\"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <__ModelListChangeCounter__>
TYPE INTEGER
VALUE 0

FACET <MultiLineString>
```

```
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

    FACET <AttributeNumericDomain>
    VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <__APListChangeCounter__>
TYPE INTEGER
VALUE 0

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

    FACET <AttributeNumericDomain>
    VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <__UserListChangeCounter__>
TYPE INTEGER
VALUE 0

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

    FACET <AttributeNumericDomain>
    VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <ClassAbstract>
VALUE 1

CLASSATTRIBUTE <ClassVisible>
VALUE 1

CLASSATTRIBUTE <GraphRep>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <VisibleAttrs>
VALUE ""
```

A. ProVis Library Code

```
CLASSATTRIBUTE <AttrRep>
VALUE "NOTEBOOK"
CHAPTER \"Description\""
ATTR \\"Name\""
"

CLASSATTRIBUTE <WF_Trans>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <AnimRep>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <HlpTxt>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <Model pointer>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <Class cardinality>
VALUE ""

//--- Class <__LibraryMetaData__> - default values-----

ATTRIBUTE <Position>
VALUE ""

ATTRIBUTE <External tool coupling>
VALUE ""

=====
CLASS <__ModelTypeMetaData__> : <__D-construct__>
=====

//--- Class <__ModelTypeMetaData__> - Class attributes-----

CLASSATTRIBUTE <Background Image GraphRep>
TYPE LONGSTRING
VALUE "GRAPHREP"
SET filename:\"db:\\\\Schriftzug_ProVis.png"
BITMAPINFO (filename)
BITMAP (filename) x:0cm y:0cm w:(4cm) h:(1.55cm)

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""
```

```
CLASSATTRIBUTE <ClassAbstract>
VALUE 1

CLASSATTRIBUTE <ClassVisible>
VALUE 1

CLASSATTRIBUTE <GraphRep>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <VisibleAttrs>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <AttrRep>
VALUE "NOTEBOOK"
CHAPTER \"Description\""
ATTR "Name"
"

CLASSATTRIBUTE <WF_Trans>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <AnimRep>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <HlpTxt>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <Model pointer>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <Class cardinality>
VALUE ""

//--- Class <__ModelTypeMetaData__> - Instance attributes-----
ATTRIBUTE <__GfxThumb__>
TYPE LONGSTRING
VALUE ""

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""
```

A. ProVis Library Code

```
///--- Class <__ModelTypeMetaData__> - default values-----  
  
ATTRIBUTE <Position>  
VALUE ""  
  
ATTRIBUTE <External tool coupling>  
VALUE ""  
  
=====  
CLASS <Ereignis> : <__D-construct__>  
=====  
  
CLASSATTRIBUTE <ClassAbstract>  
VALUE 0  
  
CLASSATTRIBUTE <ClassVisible>  
VALUE 1  
  
CLASSATTRIBUTE <GraphRep>  
VALUE "GRAPHREP"  
SHADOW off  
  
SET col1:(rgbval(178, 245, 145))  
SET col2:(rgbval(231, 250, 223))  
  
SET h:1cm  
SET w:1.5cm  
AVAL wurzel:\"Wurzel\"  
AVAL blatt:\"Blatt\"  
AVAL ishfgbaum:\"Check_IsAbsoluterHaeufigkeitsbaum\"  
AVAL iswskbaum:\"Check_IsWahrscheinlichkeitsbaum\"  
AVAL absoluteHaeufigkeit:\"Absolute Haeufigkeit\"  
AVAL ereignis:\"Ereignis\"  
AVAL namen_ereignissePfad:\"Namen_EreignissePfad\"  
AVAL wskbruchzaehler:\"WSK_Bruch_Zaehler_Freitext\"  
AVAL wskbruchnenner:\"WSK_Bruch_Nenner_Freitext\"  
AVAL wskdouble:\"WSK_Double_Freitext\"  
AVAL set-default:\"0\" wskanzeigen:\"WSK_anzeigen\"  
AVAL set-default:\"3\" nachkomma:\"Nachkommastellen\"  
SET dezstellen:1  
FOR x from:1 to:(VAL nachkomma) {  
    SET dezstellen:((dezstellen)*10)  
}  
  
#Markiere Wurzel Ereignisse organge  
IF ((VAL wurzel) = 1 ) {  
    SET col1:\"orange\"  
    SET col2:\"bisque\"  
}  
  
#Markiere Blätter blau  
IF ((VAL blatt) = 1 ) {  
    SET col1:\"skyblue\"  
    SET col2:\"paleturquoise\"
```

```

}

IF ((VAL wskbruchnenner) > -1 AND (VAL wskbruchzaehler) >-1 AND (VAL wskdouble)<1) {
    SET wskanzeigewert:(wskbruchzaehler +"^"+wskbruchnenner)
}
ELSE {
    SET wskanzeigewert:(STR( round((VAL wskdouble)*dezstellen)/dezstellen ))
}

SET xcoordvert:(CM 0)
SET ycoordvert:(h/2+(CM 0.2))
SET abstand:(CM 0.4)
SET counterlabeling:0

CLIP_ROUNDCRECT x:(-w/2) y:(-h/2) w:(w) h:(h) rx:0.2cm ry:0.2cm
GRADIENT_RECT x:(-w/2) y:(-h/2) w:(w) h:(h) style:vert color1:(col1) color2:(col2)
CLIP_OFF
PEN w:0.08cm color:(rgbval(111,111,111))
FILL style:null
ROUNDCRECT x:(-w/2) y:(-h/2) w:(w) h:(h) rx:0.2cm ry:0.2cm

SET filler:""
IF (LEN ereignis >6) {
    SET ereignis:(copy (ereignis, 0, 6)+"..")
}
TEXT (ereignis) w:c h:c

#in blättern zeige namen der pfade
IF ((VAL blatt)=1 AND LEN namen_ereignissePfad>0) {
    TEXT (namen_ereignissePfad) x:(xcoordvert) y:(ycoordvert+counterlabeling*abstand) w:c h:t
    SET counterlabeling:(counterlabeling+1)
}
#in häufigkeitsbäumen zeige häufigeiten überall
IF ((VAL ishfgbaum)=1) {
    TEXT (absoluteHaeufigkeit) x:(xcoordvert) y:(ycoordvert+counterlabeling*abstand) w:c h:t
}
#in wahrscheinlichkeitsbäumen zeige wahrscheinlichkeiten in blättern, oder überall, wenn gewünscht
IF ((VAL iswskbaum)=1 AND (VAL wurzel)=0) {
    IF ((VAL blatt)=1 OR (VAL wskanzeigen)=1) {
        TEXT (wskanzeigewert) x:(xcoordvert) y:(ycoordvert+counterlabeling*abstand) w:c h:t
    }
}

```

```

CLASSATTRIBUTE <VisibleAttrs>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <AttrRep>
VALUE "NOTEBOOK"
CHAPTER \"Wahrscheinlichkeiten/Haeufigkeiten\"
AVAL w:\"Wurzel\"
AVAL hb:\"Check_IsAbsoluterHaeufigkeitsbaum\"
AVAL wb:\"Check_IsWahrscheinlichkeitsbaum\"
AVAL vollst:\"Check_WskUebergang\"

ATTR \"Ereignis\"
ATTR \"Absolute Haeufigkeit\" enabled:(wb!="1")
ATTR \"Relative Haeufigkeit/Wahrscheinlichkeit\" enabled:(w!="1" AND hb!="1")

```

A. ProVis Library Code

```
CHAPTER \"Grafische Darstellung\"
ATTR \"Angezeigte Zahlen runden auf Nachkommastellen\" enabled:(w=\"1\")
ATTR \"Wahrscheinlichkeiten ueberall anzeigen\" ctrltype:check checked-value:1 unchecked-value:0
enabled:(w=\"1\")
GROUP \"Strukturiere Baum\"
ATTR \"Strukturiere Baum horizontal\" no-auto no-param push-button enabled:(w=\"1\")
ATTR \"Strukturiere Baum vertikal\" no-auto no-param push-button enabled:(w=\"1\")
ENDGROUP

CHAPTER \"Funktionalitaet\"
ATTR \"Berechne Werte automatisch\" no-auto no-param push-button enabled:(w=\"1\")
ATTR \"Erzeuge Einheitsquadrat\" no-auto no-param push-button enabled:(w=\"1\")
ATTR \"Kontrollmoeglichkeit 1\" no-auto no-param push-button enabled:(w=\"1\")
ATTR \"Kontrollmoeglichkeit 2\" no-auto no-param push-button enabled:(w=\"1\")
ATTR \"Kontrollmoeglichkeit 3\" no-auto no-param push-button enabled:(w=\"1\)"

CLASSATTRIBUTE <WF_Trans>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <AnimRep>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <HlpTxt>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <Model pointer>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <Class cardinality>
VALUE "CARDINALITIES"

RELATION \"Uebergang\" max-incoming:2"

//--- Class <Ereignis> - Instance attributes-----
ATTRIBUTE <Ebene>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:
try((set(name,aval(objid, \"Name\")),
set(var,aql("("||"\"Ereignis\""+">[?||\"Name\" = ||\""+name + \"\\\""]<<-||\"Uebergang\"||\"")),
tokcnt(var)),0)
"
FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""
```

```
ATTRIBUTE <Wurzel>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(  
try((  
cond(tokcnt(cfobjs(\"Uebergang\"))>0,0,1)),0)  
)"  
  
FACET <MultiLineString>  
VALUE 0  
  
FACET <AttributeHelpText>  
VALUE ""  
  
FACET <AttributeRegularExpression>  
VALUE ""  
  
ATTRIBUTE <Blatt>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(  
try((  
cond(tokcnt(ctobjs(\"Uebergang\"))>0,0,1)),0)  
)"  
  
FACET <MultiLineString>  
VALUE 0  
  
FACET <AttributeHelpText>  
VALUE ""  
  
FACET <AttributeRegularExpression>  
VALUE ""  
  
ATTRIBUTE <Kindknoten>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(  
try(tokcnt(ctobjs(\"Uebergang\")),0))"  
  
FACET <MultiLineString>  
VALUE 0  
  
FACET <AttributeHelpText>  
VALUE ""  
  
FACET <AttributeRegularExpression>  
VALUE ""  
  
ATTRIBUTE <Ereignis>
TYPE STRING
VALUE ""  
  
FACET <MultiLineString>  
VALUE 0  
  
FACET <AttributeHelpText>  
VALUE ""  
  
FACET <AttributeRegularExpression>  
VALUE ""
```

```

ATTRIBUTE <WSK_Bruch_Zaehtler>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
(
set(parent_nenner,aval("WSK_Parent_Bruch_Nenner")),
set(uebergang_nenner,aval("WSK_Uebergang_Bruch_Nenner")),
set(parent_zaehtler,aval("WSK_Parent_Bruch_Zaehtler")),
set(uebergang_zaehtler,aval("WSK_Uebergang_Bruch_Zaehtler")),
cond(
((parent_nenner=-1)OR(uebergang_nenner=-1)),
set(ergebnis,-1),
set(ergebnis,parent_zaehtler*uebergang_zaehtler)
),
cond(aval("Wurzel")=1,set(ergebnis=1),set(dummy,0)),
ergebnis),
1)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""


ATTRIBUTE <WSK_Parent_Double>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
aval(VAL cfobjs("Uebergang"),"WSK_Double_Freitext"),
-1)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""


ATTRIBUTE <WSK_Double>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try((
set(parent_nenner,aval("WSK_Parent_Bruch_Nenner")),
set(uebergang_nenner,aval("WSK_Uebergang_Bruch_Nenner")),
set(parent_double,aval("WSK_Parent_Double")),
set(uebergang_double,aval("WSK_Uebergang_Double")),
set(parent_zaehtler,aval("WSK_Parent_Bruch_Zaehtler")),
set(uebergang_zaehtler,aval("WSK_Uebergang_Bruch_Zaehtler")),
set(bruch_zaehtler,aval("WSK_Bruch_Zaehtler")),
set(bruch_nenner,aval("WSK_Bruch_Nenner"))

```

```

cond((parent_nenner+uebergang_nenner)=(-2),
set(ergebnis,parent_double*uebergang_double),
cond(parent_nenner=(-1),
set(ergebnis,parent_double*uebergang_zaehter/uebergang_nenner),
cond(uebergang_nenner=(-1),
set(ergebnis,uebergang_double*parent_zaehter/parent_nenner),
set(ergebnis,bruch_zaehter/bruch_nenner))),
ergebnis),0)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <WSK_Parent_Bruch_Zaehter>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
aval(VAL cfobjs(\"Uebergang\"),\"WSK_Bruch_Zaehter_Freitext\"),  

-1)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <WSK_Parent_Bruch_Nenner>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
aval(VAL cfobjs(\"Uebergang\"),\"WSK_Bruch_Nenner_Freitext\"),  

-1)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <WSK_Uebergang_Bruch_Nenner>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
aval(VAL conn(\"Uebergang\"),VAL cfobjs(\"Uebergang\"),objid),\"WSK_Bruch_Nenner\"),  

"

```

A. ProVis Library Code

```
-1)
)

"
FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <WSK_Uebergang_Bruch_Zaehler>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
    eval(VAL conn(\"Uebergang\"),VAL cfobjs(\"Uebergang\"),objid),\"WSK_Bruch_Zaehler\"),

-1)
)

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <WSK_Uebergang_Double>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
    eval(VAL conn(\"Uebergang\"),VAL cfobjs(\"Uebergang\"),objid),\"WSK_Double\"),

-1)
)

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Absolute Haeufigkeit>
TYPE INTEGER
VALUE 0

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
```

```

    VALUE ""

    FACET <AttributeNumericDomain>
    VALUE "DOMAIN
message:\""
INTERVAL
lowerbound:0
upperbound:1999999999"

    ATTRIBUTE <WSK_next_Uebergang_Summe>
    TYPE EXPRESSION
    VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
(
set(toobjids,ctobjs("Uebergang\")),
set(var,conn("Uebergang\",objid,toobjids)),
asum(var,"WSK_Double\")
),0)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""


    ATTRIBUTE <Namen_EreignissePfad>
    TYPE EXPRESSION
    VALUE "EXPR type:string expr:fixed:(

try(
(set(myid,objid),
set(namelist, copy(aval(objid, "Ereignis"),0,3)),
set(namelistparent, aval(VAL cfobjs("Uebergang\"),"Namen_EreignissePfad")),
cond(tokcnt(namelistparent)>0,
set(namelist,tokunion((namelistparent+"."),namelist)),
namelist),
namelist
),
"\\""
)
)

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""


    ATTRIBUTE <Angezeigte Zahlen runden auf Nachkommastellen>
    TYPE ENUMERATION

```

A. ProVis Library Code

```
FACET <EnumerationDomain>
VALUE "2@3@4@5"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE "Einstellung nur in der Wurzel für den gesamten Baum möglich."

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Angezeigte Zahlen runden auf Nachkommastellen>
VALUE "3"

ATTRIBUTE <Nachkommastellen>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
(set(wurzel,aval(\"Wurzel\")),
cond(wurzel=1,VAL aval(objid,\"Angezeigte Zahlen runden auf Nachkommastellen\"),aval(aval(\"WurzelID\"),\"Nachkommastellen\"))),
3)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Wahrscheinlichkeiten ueberall anzeigen>
TYPE INTEGER
VALUE 0

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE "Wahrscheinlichkeiten/relative Häufigkeiten werden in allen Ereignissen des Baumes angezeigt.

Einstellung nur in der Wurzel für den gesamten Baum möglich.

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

FACET <AttributeNumericDomain>
VALUE ""

ATTRIBUTE <WSK_anzeigen>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
(set(parent,cfobjs(\"Uebergang\")),
```

```

set(anzeigen,cond(parent="\\" ,aval(objid,\\"Wahrscheinlichkeiten ueberall anzeigen\\"),
aval(VAL parent,\\"WSK_anzeigen\\)),anzeigen),
0)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""


ATTRIBUTE <Check_AbsoluteHaeufigkeitPartitionierung>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
(set(haeufigk,aval(objid, \"Absolute Haeufigkeit\")),
set(summe, asum(ctobjs(\"Uebergang\"),\"Absolute Haeufigkeit\")),
cond(haeufigk=summe,1,cond(haeufigk<summe,-1,0))),
1))"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""


ATTRIBUTE <Check_WskUebergang>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try((
set(wsk,aval(\\"WSK_next_Uebergang_Summe\\")),
cond(wsk>1,-1,cond(wsk=1,1,0))),0)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""


ATTRIBUTE <Relative Haeufigkeit/Wahrscheinlichkeit>
TYPE STRING
VALUE ""

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

```

A. ProVis Library Code

```
    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE "REGEXP"
message:\"Wahrscheinlichkeit muss im Format 1 oder 0.Zahl oder Zahl/Zahl eingegeben werden\""
expression:\^"(0.([0-9])+$|\^(([0-9]+)/([0-9]+))$|\^1$|\^0$|"""

    ATTRIBUTE <WSK_Bruch_Nenner_Freitext>
    TYPE EXPRESSION
    VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
(set(bw,aval(\"Relative Haeufigkeit/Wahrscheinlichkeit\")),
set(var,search(bw, \"/\", 0)),
set(ergebnis,cond(var<0, -1, VAL copy(bw,var+1,LEN(bw)))), 
set(ergebnis,cond(aval(\"Wurzel\")=1,1,ergebnis)),
set(ergebnis,cond(bw=\\"1\\",1,ergebnis)),
ergebnis
),
-1)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""


    ATTRIBUTE <WSK_Bruch_Zaehler_Freitext>
    TYPE EXPRESSION
    VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
(set(bw,aval(\"Relative Haeufigkeit/Wahrscheinlichkeit\")),
set(var,search(bw, \"/\", 0)),
set(ergebnis,cond(var<0, -1, VAL copy(bw,0,var))), 
set(ergebnis,cond(aval(\"Wurzel\")=1,1,ergebnis)),
set(ergebnis,cond(bw=\\"1\\",1,ergebnis)),
ergebnis
),
0)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""


    ATTRIBUTE <WSK_Double_Freitext>
    TYPE EXPRESSION
    VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
(set(bruch_zaeher,aval(\"WSK_Bruch_Zaehler_Freitext\")),
set(bruch_nenner,aval(\"WSK_Bruch_Nenner_Freitext\")),
```

```

set(bw,aval("Relative Haeufigkeit/Wahrscheinlichkeit")),
set(var,search(bw, \"/\", 0)),
cond(var>0, bruch_zaeehler/bruch_nenner, VAL bw)),
0)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <WSK_berechenbar>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
(set(parentleer, cond(aval(VAL cfobjs(\"Uebergang\"),\"Relative Haeufigkeit/Wahrscheinlichkeit\")=\\"\",1,0)),
set(parentwurzel, aval(VAL cfobjs(\"Uebergang\"),\"Wurzel\")),
set(uebergangleer, cond(aval(VAL conn(\"Uebergang\"),VAL cfobjs(\"Uebergang\"),objid),\"Bedingte
Wahrscheinlichkeit\")=\\"\",1,0)),
set(berechenbar,cond(uebergangleer+parentleer-parentwurzel>0,0,1)),
berechenbar),
0)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <Check_IsAbsoluterHaeufigkeitsbaum>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
(
set(wurzel,aval(objid,\"Wurzel\")),
cond(wurzel=0,aval(aval(\"WurzelID\"),\"Check_IsAbsoluterHaeufigkeitsbaum\")),
(set(name,aval(objid, \"Name\")),
set(var,tokunion(STR objid, aql("\\"<\\"\\\"Ereignis\\\"\\\">[?\\\"\\\"Name\\\"\\\" = \\\\"\\\" + name +
\\\"\\\"]->>\\\"\\\"Uebergang\\\"\\\"))),,
set(summe, asum(var,\"Absolute Haeufigkeit\")),
cond(summe>0,1,0)))),
0)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>

```

A. ProVis Library Code

```
    VALUE ""

ATTRIBUTE <WSK_Bruch_Nenner>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
(
set(parent_nenner,aval("WSK_Parent_Bruch_Nenner")),
set(uebergang_nenner,aval("WSK_Uebergang_Bruch_Nenner")),
cond(
((parent_nenner=-1)OR(uebergang_nenner=-1)),
set(ergebnis,-1),
set(ergebnis,parent_nenner*uebergang_nenner)),
cond(aval("Wurzel")=1,set(ergebnis,1),ergebnis),
ergebnis,
1))"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""


ATTRIBUTE <AbsoluteHaeufigkeit_berechenbar>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
(set(berechenbar, cond(aval("WSK_Uebergang_Double\")>0,1,0)),
berechenbar),
0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""


ATTRIBUTE <Erzeuge Einheitsquadrat>
TYPE PROGRAMCALL

FACET <EnumerationDomain>
VALUE "ITEM \"Erzeuge Einheitsquadrat\"


SET fileLocation:(scriptFileLocation)

SET objidForCalculation:(objid)

EXECUTE file:(fileLocation + \"create_EQ_from_BD.asc\") scope:same"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0
```

```

FACET <AttributeHelpText>
VALUE "Um ein Einheitsquadrat zu erzeugen müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:
1) Der Baum muss die korrekte Struktur haben, also zwei Ebenen und jedes Ereignis besitzt zwei mögliche Nachfolger.
2) Die Namen der Ereignisse werden für die Erkennung übereinstimmender Merkmale herangezogen. Deswegen
    "n muss die Benennung der möglichen Nachfolgereignisse in der zweiten Ebene für beide Ereignisse der ersten Ebene ident sein. Die Namen der ersten Ebene dürfen sich in der zweiten nicht wiederholen.
3) Handelt es sich um einen Baum mit Wahrscheinlichkeiten bzw. relativen Häufigkeiten, muss die Summe der Wahrscheinlichkeiten in der zweiten Ebene gleich eins sein."

```

Nur ausgehend von der Wurzel möglich."

```

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

```

```

ATTRIBUTE <Erzeuge Einheitsquadrat>
VALUE "Erzeuge Einheitsquadrat"

```

```

ATTRIBUTE <WurzelID>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(try(
(set(name,aval(objid, \"Name\")),
set(wurzelid, aql("("(<\\"Ereignis\\>[?\\\"Name\\\" = \\\" + name + \\"\")<<-\\\"Uebergang\\\")[?\\\"Ebene\\\" = 0\\"]),
cond(tokcnt(wurzelid)=1, VAL wurzelid, objid)),
objid)
)"

```

```

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

```

```

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

```

```

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

```

```

ATTRIBUTE <Berechne Werte automatisch>
TYPE PROGRAMCALL

```

```

FACET <EnumerationDomain>
VALUE "ITEM \"Berechne Werte mit Pfadmultiplikationsregel\""

```

```

SET objidForCalculation:(objid)
SET fileLocation:(scriptFileLocation)

```

```

EXECUTE file:(fileLocation + \"apply_multiplikationspfadregel.asc\") scope:same"

```

```

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

```

```

FACET <AttributeHelpText>
VALUE "Bei der automatischen Berechnung mit Hilfe der Pfadmultiplikationsregel werden die konjunktiven Wahrs"

```

A. ProVis Library Code

"cheinlichkeiten bzw. absoluten Häufigkeiten automatisch berechnet, sofern die entsprechenden Daten im"
" vorangegangenen Ereignis und die bedingten Wahrscheinlichkeiten/Häufigkeiten im Übergang gegeben sin"
"d. Bestehende Eintragungen werden überschrieben.

Nur ausgehend von der Wurzel möglich."

```
FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Berechne Werte automatisch>
VALUE "Berechne Werte mit Pfadmultiplikationsregel"

ATTRIBUTE <AbsoluteHaeufigkeit_berechnet>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
(set(haufpar,aval(VAL cfobjs("Uebergang\"),\"Absolute Haeufigkeit\")),
set(wskuebergangnennen,aval("WSK_Uebergang_Bruch_Nenner")),
set(wskuebergangzaehler,aval("WSK_Uebergang_Bruch_Zaehler")),
set(wskuebergangdouble,aval("WSK_Uebergang_Double")),
cond(wskuebergangnennen<=0,
set(ergebnis,(haufpar*(wskuebergangdouble))),
set(ergebnis,haufpar*wskuebergangzaehler/wskuebergangnennen)),
round(ergebnis)),
0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""


ATTRIBUTE <Check_IsWahrscheinlichkeitsbaum>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
(
set(wurzel,aval(objid,"Wurzel")),
cond(wurzel=0,aval(VAL cfobjs("Uebergang\"),\"Check_IsWahrscheinlichkeitsbaum\")),
(set(name,aval(objid, \"Name\")),
set(var,tokunion(STR objid, aql("(<\\\"Ereignis\\\">[?\\\"Name\\\" = \\\" + name +
\\\"]->>\\\"Uebergang\\\"))",
set(summe, asum(var,"WSK_Double_Freitext")),
cond(summe>0,1,0))),
0)
)

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""
```

```

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Kontrollmoeglichkeiten>
TYPE PROGRAMCALL

FACET <EnumerationDomain>
VALUE "ITEM \"Markiere Ereignisse bei denen die Summe der Wahrscheinlichkeiten der
ausgehenden Übergänge 1 ü"
    "bersteigt\""
SET objidForControl:(objid)
SET fileLocation:(scriptFileLocation)

EXECUTE file:(scriptFileLocation + \"check_uebergaenge.asc\") scope:same

ITEM \"Markiere Ebenen im Baumdiagramm deren Summe der Wahrscheinlichkeiten 1 übersteigt\""
SET objidForControl:(objid)
SET fileLocation:(scriptFileLocation)
EXECUTE file:(scriptFileLocation + \"check_ebene.asc\") scope:same

ITEM \"Markiere Mengenaufteilungen deren Summe die Häufigkeit der übergeordneten Menge übersteigt\""
SET objidForControl:(objid)
SET fileLocation:(scriptFileLocation)
EXECUTE file:(scriptFileLocation + \"check_aufteilung_haeufigkeitsbaum.asc\") scope:same

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE "Nur ausgehend von der Wurzel möglich."

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Kontrollmoeglichkeiten>
VALUE "Markiere Mengenaufteilungen deren Summe die Häufigkeit der übergeordneten Menge
übersteigt"

ATTRIBUTE <Strukturiere Baum vertikal>
TYPE PROGRAMCALL

FACET <EnumerationDomain>
VALUE "ITEM \"Strukturiere Baum vertikal\""
SET objidForOrdering:(objid)
SET fileLocation:(scriptFileLocation)
SET rootXCoord:(-1)
EXECUTE file:(fileLocation + \"structure_BD_vertical_beneath_root.asc\") scope:same

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE "Ordnet den Baum einheitlich vertikal.
Nur ausgehend von der Wurzel möglich."

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

```

A. ProVis Library Code

```
ATTRIBUTE <Strukturiere Baum vertikal>
VALUE "Strukturiere Baum vertikal"

ATTRIBUTE <Strukturiere Baum horizontal>
TYPE PROGRAMCALL

    FACET <EnumerationDomain>
    VALUE "ITEM \"Strukturiere Baum horizontal\""

SET objidForOrdering:(objid)
SET fileLocation:(scriptFileLocation)
SET rootXCoord:(-1)
EXECUTE file:(fileLocation + \"structure_BD_horizontal_beneath_root.asc\") scope:same
"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE "Ordnet den Baum einheitlich horizontal.
Nur ausgehend von der Wurzel möglich."

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <Strukturiere Baum horizontal>
VALUE "Strukturiere Baum horizontal"

ATTRIBUTE <Kontrollmoeglichkeit 3>
TYPE PROGRAMCALL

    FACET <EnumerationDomain>
    VALUE "ITEM \"Markiere Mengenaufteilungen deren Summe die Häufigkeit der
übergeordneten Menge übersteigt\""

SET objidForControl:(objid)
SET fileLocation:(scriptFileLocation)
EXECUTE file:(scriptFileLocation + \"check_aufteilung_haeufigkeitsbaum.asc\") scope:same

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <Kontrollmoeglichkeit 3>
VALUE "Markiere Mengenaufteilungen deren Summe die Häufigkeit der übergeordneten Menge
übersteigt"

ATTRIBUTE <Kontrollmoeglichkeit 1>
TYPE PROGRAMCALL

    FACET <EnumerationDomain>
    VALUE "ITEM \"Markiere Ereignisse bei denen die Summe der Wahrscheinlichkeiten der
ausgehenden Übergänge 1 ü\""
```


A. ProVis Library Code

```
CLASSATTRIBUTE <ClassVisible>
VALUE 1

CLASSATTRIBUTE <GraphRep>
VALUE "GRAPHREP

FONT \\"Arial\\" h:18pt style:italic color:black

SET x:"T"

AVAL set-count-rows rowcount:\"Ereignisse\"
AVAL vollstaendig:\"Wahrscheinlichkeit_Vollstaendig\"

IF ((rowcount) >0) {
SET x:((x)+="{")
FOR i from:1 to:(rowcount)
{
    AVAL set-row:(i) set-col:\"Ereignis\"
    var:\"Ereignisse\"
    IF (LEN var>6) {
        SET var:(copy((var),0,4)+"..")
    }
    SET x:((x)+(var)+(\", \"))
}
SET x:(copy((x),0,LEN x-2)+"}")

IF ((vollstaendig) = "-1") {
FONT \\"Arial\\" h:18pt style:italic color:red
}
IF ((vollstaendig) = "1") {
FONT \\"Arial\\" h:18pt style:italic color:green
}
TEXT (x)

CLASSATTRIBUTE <VisibleAttrs>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <AttrRep>
VALUE "NOTEBOOK
CHAPTER \"Description\"
ATTR \"Name\"
ATTR \"Ereignisse\"
lines:6

CLASSATTRIBUTE <WF_Trans>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <AnimRep>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <HlpTxt>
VALUE "Help not available."
```

```

CLASSATTRIBUTE <Model pointer>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <Class cardinality>
VALUE ""

//--- Class <Teilvorgang> - Instance attributes-----

ATTRIBUTE <Ereignisse>
TYPE RECORD

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

    FACET <RecordClassName>
    VALUE "Ereignisse"

    FACET <RecordClassMultiplicity>
    VALUE 6

ATTRIBUTE <Wahrscheinlichkeit_Summe>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:
try(
(set(rows,rcount(\"Ereignisse\")),
set(i,1),
set(idlist,\"\""),
while(i<rows+1,
(
set(idlist,idlist+(\" \")+(STR row(\"Ereignisse\",i))),
set(i,i+1)
)),
set(idlist,copy(idlist,1,LEN idlist)),
asum(idlist,\"Wahrscheinlichkeit_Double\")),
0)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <Wahrscheinlichkeit_Vollstaendig>
TYPE EXPRESSION

```

A. ProVis Library Code

```
    VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(  
try(  
(set(wsk,aval(\"Wahrscheinlichkeit_Summe\")),  
cond(wsk>1,-1,cond(wsk=1,1,0))),  
0)  
)"  
  
    FACET <MultiLineString>  
    VALUE 0  
  
    FACET <AttributeHelpText>  
    VALUE ""  
  
    FACET <AttributeRegularExpression>  
    VALUE ""  
  
//--- Class <Teilvorgang> - default values-----  
  
    ATTRIBUTE <Position>  
    VALUE ""  
  
    ATTRIBUTE <External tool coupling>  
    VALUE ""  
  
//=====  
CLASS <Einheitsquadrat> : <_D-construct__>  
=====  
  
    CLASSATTRIBUTE <ClassAbstract>  
    VALUE 0  
  
    CLASSATTRIBUTE <ClassVisible>  
    VALUE 1  
  
    CLASSATTRIBUTE <GraphRep>  
    VALUE "GRAPHREP  
  
AVAL set-default:\"5\" sizeR:\"Seitenlaenge\"  
SET sizeRec:(VAL sizeR)  
  
#Draw main square  
RECTANGLE w:(CM sizeRec) h:(CM sizeRec) x:(CM -sizeRec/2) y:(CM -sizeRec/2)  
  
#Check if relgesamt is set correctly or empty  
AVAL relgesamt:\"Rel_Gesamtanzahl\"  
IF (((VAL relgesamt) = 0) OR ((VAL relgesamt) = 1)) {  
  
    AVAL set-default:\"0.75\" merkmA1:\"H_A1_relativ\"  
    AVAL set-default:\"0.25\" merkmA2:\"H_A2_relativ\"  
    AVAL set-default:\"0.6\" merkmA1B1:\"H_B1_relativ_A1\"  
    AVAL merkmA1B2:\"H_B2_relativ_A1\"  
    AVAL merkmA2B2:\"H_B2_relativ_A2\"  
    AVAL set-default:\"0.2\" merkmA2B1:\"H_B1_relativ_A2\"  
    AVAL merkmA1gesamt:\"H_A1_gesamt\"  
    AVAL merkmA2gesamt:\"H_A2_gesamt\"
```

```

AVAL merkmB1gesamt:\"H_B1_gesamt\"  

AVAL merkmB2gesamt:\"H_B2_gesamt\"  

AVAL merkmB1:\"H_B1_relativ\"  

AVAL merkmB2:\"H_B2_relativ\"  

AVAL assozmass:\"Assoziationsmass\"

AVAL absrelanzeigen:\"Absolute/Relative Häufigkeit anzeigen\"  

AVAL assozmassanzeigen:\"Assoziationsmass anzeigen\"  

AVAL summeanzeigen:\"Summen anzeigen\"  

AVAL haufigkeitvisualisieren:\"Relative/bedingte Häufigkeit visualisieren\"  

AVAL set-default:\"3\" nachkomma:\"Angezeigte Zahlen runden auf Nachkommastellen\"  

SET nachkomma:(VAL nachkomma)  

SET dezstellen:1  

FOR x from:1 to:(nachkomma) {  

    SET dezstellen:(dezstellen)*10  

}  

AVAL gesamt:\"Gesamtanzahl\"

AVAL namem1a1:\"Ausprägung A1 Name\"  

AVAL namem1a2:\"Ausprägung A2 Name\"  

AVAL namem2a1:\"Ausprägung B1 Name\"  

AVAL namem2a2:\"Ausprägung B2 Name\"

SET namem1a1short:(copy(namem1a1,0,2))  

SET namem1a2short:(copy(namem1a2,0,2))  

SET namem2a1short:(copy(namem2a1,0,2))  

SET namem2a2short:(copy(namem2a2,0,2))

SET breite:((sizeRec)*(VAL merkmA1))  

SET vertlinex:(breite-sizeRec/2)  

SET vertliney:(sizeRec/2)

#Draw vertical line  

LINE x1:(CM vertlinex) y1:(CM vertliney) x2:(CM vertlinex) y2:(CM -vertliney)

#Draw horizontal line on left  

SET merka1b1:(VAL merkmA1B1)

SET hoehe:((sizeRec)*(merka1b1))  

SET horiz1linex1:(breite-sizeRec/2)  

SET horiz1linex2:(-sizeRec/2)  

SET horiz1liney:(hoehe-sizeRec/2)

LINE x1:(CM horiz1linex1) y1:(CM horiz1liney) x2:(CM horiz1linex2) y2:(CM horiz1liney)

#Draw horizontal line on right  

SET merka2b1:(VAL merkmA2B1)  

SET hoehe:((sizeRec)*(merka2b1))  

SET horiz2linex1:(breite-sizeRec/2)  

SET horiz2linex2:(sizeRec/2)  

SET horiz2liney:(hoehe-sizeRec/2)

LINE x1:(CM horiz2linex1) y1:(CM horiz2liney) x2:(CM horiz2linex2) y2:(CM horiz2liney)

#Highlight big vertical rectangles
SHADOW off
PEN color:lightseagreen w:3pt
FILL color:aquamarine fcolor:transparent

```

A. ProVis Library Code

```

IF (haufigkeitvisualisieren!="Relative Haeufigkeit A1") {
    COMPOUND 3
    LINE x1:(CM horiz1linex2) y1:(CM -vertliney) x2:(CM vertlinex) y2:(CM -vertliney)
    LINE x1:(CM vertlinex) y1:(CM -vertliney) x2:(CM vertlinex) y2:(CM vertliney)
    LINE x1:(CM vertlinex) y1:(CM vertliney) x2:(CM horiz1linex2) y2:(CM vertliney)

    SET textname:(\h(\"+namem1a1short+\")=\\" + STR( round((VAL merkmA1)*dezstellen)/dezstellen ))
    TEXT (textname) x:(CM ((horiz1linex1-horiz1linex2)/2-vertliney)) y:(CM ((-vertliney-0.2))) w:c h:b
}
IF (haufigkeitvisualisieren!="Relative Haeufigkeit A2") {
    COMPOUND 3
    LINE x1:(CM horiz2linex2) y1:(CM -vertliney) x2:(CM vertlinex) y2:(CM -vertliney)
    LINE x1:(CM vertlinex) y1:(CM -vertliney) x2:(CM vertlinex) y2:(CM vertliney)
    LINE x1:(CM vertlinex) y1:(CM vertliney) x2:(CM horiz2linex2) y2:(CM vertliney)

    SET textname:(\h(\"+namem1a2short +\")=\\" + STR( round((VAL merkmA2)*dezstellen)/dezstellen))
    TEXT (textname) x:(CM ((horiz2linex1-horiz2linex2)/2+vertliney)) y:(CM ((-vertliney-0.2))) w:c h:b
}

#Draw horizontal line on left
SET merka1b1:(VAL merkmA1B1)

SET hoehe:((sizeRec)*(merka1b1))
SET horiz1linex1:(breite-sizeRec/2)
SET horiz1linex2:(-sizeRec/2)
SET horiz1liney:(hoehe-sizeRec/2)
PEN color:black
LINE x1:(CM horiz1linex1) y1:(CM horiz1liney) x2:(CM horiz1linex2) y2:(CM horiz1liney)

#Draw horizontal line on right
SET merka2b1:(VAL merkmA2B1)
SET hoehe:((sizeRec)*(merka2b1))
SET horiz2linex1:(breite-sizeRec/2)
SET horiz2linex2:(sizeRec/2)
SET horiz2liney:(hoehe-sizeRec/2)

LINE x1:(CM horiz2linex1) y1:(CM horiz2liney) x2:(CM horiz2linex2) y2:(CM horiz2liney)

#Highlight lines and small rectangles

PEN color:crimson w:3pt
FILL color:mistyrose fcolor:transparent
IF (haufigkeitvisualisieren!="Konjunktive Haeufigkeit A1 B1") {
    COMPOUND 3
    LINE x1:(CM vertlinex) y1:(CM -vertliney) x2:(CM horiz1linex2) y2:(CM -vertliney)
    LINE x1:(CM horiz1linex2) y1:(CM -vertliney) x2:(CM horiz1linex2) y2:(CM horiz1liney)
    LINE x1:(CM horiz1linex2) y1:(CM horiz1liney) x2:(CM vertlinex) y2:(CM horiz1liney)
}
IF (haufigkeitvisualisieren!="Konjunktive Haeufigkeit A2 B1") {
    COMPOUND 3
    LINE x1:(CM vertlinex) y1:(CM -vertliney) x2:(CM horiz2linex2) y2:(CM -vertliney)
    LINE x1:(CM horiz2linex2) y1:(CM -vertliney) x2:(CM horiz2linex2) y2:(CM horiz2liney)
    LINE x1:(CM horiz2linex2) y1:(CM horiz2liney) x2:(CM vertlinex) y2:(CM horiz2liney)
}
IF (haufigkeitvisualisieren!="Konjunktive Haeufigkeit A1 B2") {
    COMPOUND 3
    LINE x1:(CM vertlinex) y1:(CM vertliney) x2:(CM horiz1linex2) y2:(CM vertliney)
    LINE x1:(CM horiz1linex2) y1:(CM vertliney) x2:(CM horiz1linex2) y2:(CM horiz1liney)
    LINE x1:(CM horiz1linex2) y1:(CM horiz1liney) x2:(CM vertlinex) y2:(CM horiz1liney)
}
IF (haufigkeitvisualisieren!="Konjunktive Haeufigkeit A2 B2") {

```

```

COMPOUND 3
LINE x1:(CM vertlinex) y1:(CM vertliney) x2:(CM horiz2linex2) y2:(CM vertliney)
LINE x1:(CM horiz2linex2) y1:(CM vertliney) x2:(CM horiz2linex2) y2:(CM horiz2liney)
LINE x1:(CM horiz2linex2) y1:(CM horiz2liney) x2:(CM vertlinex) y2:(CM horiz2liney)
}
PEN color:dodgerblue w:3pt
FILL color:aquamarine fcolor:transparent

IF (haufigkeitvisualisieren=="Bedingte Haeufigkeit B1 unter A1") {
    LINE x1:(CM horiz1linex2) y1:(CM -vertliney) x2:(CM horiz1linex2) y2:(CM horiz1liney)
    SET textname:(\"h(\"+namem2a1short+\"|\"+namem1a1short+\")\\n=\" + STR( round((VAL
merkmA1B1)*dezstellen)/dezstellen ))
    TEXT (textname) x:(CM (horiz1linex2-0.2)) y:(CM (-vertliney-(vertliney-horiz1liney)/2)) w:r h:c
}
IF (haufigkeitvisualisieren=="Bedingte Haeufigkeit B1 unter A2") {
    LINE x1:(CM horiz2linex2) y1:(CM -vertliney) x2:(CM horiz2linex2) y2:(CM horiz2liney)
    SET textname:(\"h(\"+namem2a1short+\"|\"+namem1a2short+\")\\n=\" + STR( round((VAL
merkmA2B1)*dezstellen)/dezstellen ))
    TEXT (textname) x:(CM ((horiz2linex2)+0.2)) y:(CM (-vertliney-(vertliney-horiz2liney)/2)) w:l h:c
}
IF (haufigkeitvisualisieren=="Bedingte Haeufigkeit B2 unter A1") {
    LINE x1:(CM horiz1linex2) y1:(CM vertliney) x2:(CM horiz1linex2) y2:(CM horiz1liney)
    SET textname:(\"h(\"+namem2a2short+\"|\"+namem1a1short+\")\\n=\" + STR( round((VAL
merkmA1B2)*dezstellen)/dezstellen ))
    TEXT (textname) x:(CM (horiz1linex2-0.2)) y:(CM (vertliney-(vertliney-horiz1liney)/2)) w:r h:c
}
IF (haufigkeitvisualisieren=="Bedingte Haeufigkeit B2 unter A2") {
    LINE x1:(CM horiz2linex2) y1:(CM vertliney) x2:(CM horiz2linex2) y2:(CM horiz2liney)
    SET textname:(\"h(\"+namem2a2short+\"|\"+namem1a2short+\")\\n=\" + STR( round((VAL
merkmA2B2)*dezstellen)/dezstellen ))
    TEXT (textname) x:(CM ((horiz2linex2)+0.2)) y:(CM (vertliney-(vertliney-horiz2liney)/2)) w:l h:c
}

#Show amount of rectangles
#Zeige absolute Werte
IF ((absrelanzeigen=="Absolute Haeufigkeit") AND ((VAL gesamt)>0)) {
    AVAL a1b1anzeigewert:\"H_A1B1_gesamt"
    AVAL a1b2anzeigewert:\"H_A1B2_gesamt"
    AVAL a2b1anzeigewert:\"H_A2B1_gesamt"
    AVAL a2b2anzeigewert:\"H_A2B2_gesamt"
    SET h:\"H"
}
#Zeige manuell eingetragene relative Werte
ELSIF ((VAL relgesamt) > 0) {
    AVAL a1b1anzeigewert:\"Rel_A1B1_string"
    AVAL a1b2anzeigewert:\"Rel_A1B2_string"
    AVAL a2b1anzeigewert:\"Rel_A2B1_string"
    AVAL a2b2anzeigewert:\"Rel_A2B2_string"
    IF (search(a1b1anzeigewert, \"^\", 0)<0) {
        SET a1b1anzeigewert:(STR (round((VAL a1b1anzeigewert)*dezstellen)/dezstellen))
    }
    IF (search(a1b2anzeigewert, \"^\", 0)<0) {
        SET a1b2anzeigewert:(STR (round((VAL a1b2anzeigewert)*dezstellen)/dezstellen))
    }
    IF (search(a2b1anzeigewert, \"^\", 0)<0) {
        SET a2b1anzeigewert:(STR (round((VAL a2b1anzeigewert)*dezstellen)/dezstellen))
    }
    IF (search(a2b2anzeigewert, \"^\", 0)<0) {
        SET a2b2anzeigewert:(STR (round((VAL a2b2anzeigewert)*dezstellen)/dezstellen))
    }
    SET h:\"h"
}
```

```

}

#Zeige berechnete relative Werte
ELSE {
    AVAL a1b1rel:\"H_A1B1_relativ\"
    AVAL a1b2rel:\"H_A1B2_relativ\"
    AVAL a2b1rel:\"H_A2B1_relativ\"
    AVAL a2b2rel:\"H_A2B2_relativ\"
    SET a1b1anzeigewert:(STR (round((VAL a1b1rel)*dezstellen)/dezstellen))
    SET a1b2anzeigewert:(STR (round((VAL a1b2rel)*dezstellen)/dezstellen))
    SET a2b1anzeigewert:(STR (round((VAL a2b1rel)*dezstellen)/dezstellen))
    SET a2b2anzeigewert:(STR (round((VAL a2b2rel)*dezstellen)/dezstellen))
    SET h:\"h\"
}

IF (((VAL gesamt)>0) OR ((VAL relgesamt)>0)) {
    #Show amount of upper left rectangle
    IF (haufigkeitvisualisieren="Konjunktive Haeufigkeit A1 B1") {
        SET a1b1anzeigewert:(h+"(\"+namem1a1short+"\\&\"+namem2a1short+)\n="+(a1b1anzeigewert))
    }
    TEXT (a1b1anzeigewert) x:(CM ((horiz1linex1-horiz1linex2)/2-vertliney)) y:(CM
        (-vertliney-(vertliney-horiz1liney)/2)) w:c h:c

    #Show amount of lower left rectangle
    IF (haufigkeitvisualisieren="Konjunktive Haeufigkeit A1 B2") {
        SET a1b2anzeigewert:(h+"(\"+namem1a1short+"\\&\"+namem2a2short+)\n="+(a1b2anzeigewert))
    }
    TEXT (a1b2anzeigewert) x:(CM ((horiz1linex1-horiz1linex2)/2-vertliney)) y:(CM
        (vertliney-(vertliney-horiz1liney)/2)) w:c h:c

    #Show amount of upper right rectangle
    IF (haufigkeitvisualisieren="Konjunktive Haeufigkeit A2 B1") {
        SET a2b1anzeigewert:(h+"(\"+namem1a2short+"\\&\"+namem2a1short+)\n="+(a2b1anzeigewert))
    }
    TEXT (a2b1anzeigewert) x:(CM ((horiz2linex1-horiz2linex2)/2+vertliney)) y:(CM
        (-vertliney-(vertliney-horiz2liney)/2)) w:c h:c

    #Show amount of lower right rectangle
    IF (haufigkeitvisualisieren="Konjunktive Haeufigkeit A2 B2") {
        SET a2b2anzeigewert:(h+"(\"+namem1a2short+"\\&\"+namem2a2short+)\n="+(a2b2anzeigewert))
    }
    TEXT (a2b2anzeigewert) x:(CM ((horiz2linex1-horiz2linex2)/2+vertliney)) y:(CM
        (vertliney-(vertliney-horiz2liney)/2)) w:c h:c
}

#Show sum of fields if wanted
IF ((VAL summeanzeigen) = 1) {
    SET a1:(round((VAL merkmA1)*dezstellen)/dezstellen)
    SET a2:(round((VAL merkmA2)*dezstellen)/dezstellen)
    SET b1:(round((VAL merkmB1)*dezstellen)/dezstellen)
    SET b2:(round((VAL merkmB2)*dezstellen)/dezstellen)
    SET ges:(1)
    IF ((absrelanzeigen!="Absolute Haeufigkeit") AND ((VAL gesamt)>0)) {
        SET a1:(merkmA1gesamt)
        SET a2:(merkmA2gesamt)
        SET b1:(merkmB1gesamt)
        SET b2:(merkmB2gesamt)
        SET ges:(gesamt)
    }
    TEXT (a1) x:(CM ((horiz1linex1-horiz1linex2)/2-vertliney)) y:(CM ((vertliney+0.2))) w:c h:t
    TEXT (a2) x:(CM ((horiz2linex1-horiz2linex2)/2+vertliney)) y:(CM ((vertliney+0.2))) w:c h:t
    IF (haufigkeitvisualisieren<>"Bedingte Haeufigkeit B1 unter A2") {
        TEXT (b1) x:(CM ((horiz2linex2)+0.2)) y:(CM (-vertliney-(vertliney-horiz2liney)/2)) w:l h:c
    }
}

```

```

        }
        IF (haufigkeitvisualisieren<>"Bedingte Haeufigkeit B2 unter A2\") {
            TEXT (b2) x:(CM ((horiz2linex2)+0.2)) y:(CM (vertliney-(vertliney-horiz2liney)/2)) w:l h:c
        }
        TEXT (ges) x:(CM (-horiz1linex2+0.2)) y:(CM ((vertliney+0.2))) w:l h:t
    }

#Draw Assoziationsmass in green if wanted
IF ((VAL assozmassanzeigen)=1) {
SHADOW off
PEN color:lawngreen w:3pt
LINE x1:(CM vertlinex) y1:(CM horiz1liney) x2:(CM vertlinex) y2:(CM horiz2liney)
SET amanz:(round((VAL assozmass)*dezstellen)/dezstellen)
FONT color:forestgreen
TEXT (amanz) x:(CM (vertliney+0.2)) y:(CM (horiz1liney-(horiz1liney-horiz2liney)/2)) w:l h:c
}

FONT color:black
IF ((namem2a2<>"\\" AND (haufigkeitvisualisieren<>"Bedingte Haeufigkeit B2 unter A1\"))
    TEXT (namem2a2) x:(CM (horiz1linex2-0.2)) y:(CM (vertliney-(vertliney-horiz1liney)/2)) w:r h:c
}
IF ((namem2a1<>"\\" AND (haufigkeitvisualisieren<>"Bedingte Haeufigkeit B1 unter A1\"))
    TEXT (namem2a1) x:(CM (horiz1linex2-0.2)) y:(CM (-vertliney+(vertliney+horiz1liney)/2)) w:r h:c
}
IF ((namem1a1<>"\\" AND (haufigkeitvisualisieren<>"Relative Haeufigkeit A1\"))
    TEXT (namem1a1) x:(CM ((horiz1linex1-horiz1linex2)/2-vertliney)) y:(CM ((-vertliney-0.2))) w:c h:b
}
IF ((namem1a2<>"\\" AND (haufigkeitvisualisieren<>"Relative Haeufigkeit A2\"))
    TEXT (namem1a2) x:(CM ((horiz2linex1-horiz2linex2)/2+vertliney)) y:(CM ((-vertliney-0.2))) w:c h:b
}
}
ELSE {
PEN color:red w:3pt
FONT bold color:red
TEXT \"Summe der relativen \nHaeufigkeiten \nmuss 1 ergeben\" x:(CM 0) y:(CM 0) w:c h:c
}

```

CLASSATTRIBUTE <VisibleAttrs>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <AttrRep>
VALUE "NOTEBOOK
CHAPTER \"Merkmale\"

GROUP \"Merkm A\"
ATTR \"Merkm A Name\"
ATTR \"Auspraegung A1 Name\"
ATTR \"Auspraegung A2 Name\"
ENDGROUP

GROUP \"Merkm B\"
ATTR \"Merkm B Name\"
ATTR \"Auspraegung B1 Name\"
ATTR \"Auspraegung B2 Name\"
ENDGROUP

CHAPTER \"Haeufigkeiten\"

A. ProVis Library Code

```
ATTR \"Absolute Haeufigkeit\" lines:2 enabled:(rel=\"0\")
ATTR \"Gesamtzahl\"
ATTR \"Relative Haeufigkeit\" lines:2 enabled:(abs=\"0\")

CHAPTER \"Grafische Darstellung\"
ATTR \"Seitenlaenge\"
ATTR \"Angezeigte Zahlen runden auf Nachkommastellen\"
ATTR \"Assoziationsmass anzeigen\" ctrltype:check checked-value:1 unchecked-value:0
AVAL g:\"Gesamtzahl\"
ATTR \"Absolute/Relative Haeufigkeit anzeigen\" ctrltype:radio enabled:(g>\"0\")
ATTR \"Summen anzeigen\" ctrltype:check checked-value:1 unchecked-value:0
ATTR \"Relative/bedingte Haeufigkeit visualisieren\"

CHAPTER \"Funktionalitaet\"
ATTR \"Erzeuge Baumdiagramm\" no-auto no-param push-button
ATTR \"Erzeuge transponiertes Einheitsquadrat\" no-auto no-param push-button

CLASSATTRIBUTE <WF_Trans>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <AnimRep>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <HlpTxt>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <Model pointer>
VALUE ""

CLASSATTRIBUTE <Class cardinality>
VALUE ""

//--- Class <Einheitsquadrat> - Instance attributes-----
ATTRIBUTE <Absolute Haeufigkeit>
TYPE RECORD

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

    FACET <RecordClassName>
    VALUE "Einheitsquadrat - absolute Haeufigkeiten"

    FACET <RecordClassMultiplicity>
    VALUE 2
```

```

ATTRIBUTE <Gesamtanzahl>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
aval(row ("Absolute Haeufigkeit",1),"A1\")+aval(row ("Absolute Haeufigkeit",1),"A2\")+aval(row
("Absolute Haeufigkeit",2),"A1\")+aval(row ("Absolute Haeufigkeit",2),"A2\"),
0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""


ATTRIBUTE <Seitenlaenge>
TYPE INTEGER
VALUE 5

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

FACET <AttributeNumericDomain>
VALUE "DOMAIN
message:\""
INTERVAL
lowerbound:1
upperbound:15"

ATTRIBUTE <Assoziationsmass anzeigen>
TYPE INTEGER
VALUE 0

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

FACET <AttributeNumericDomain>
VALUE "DOMAIN
message:\""
INTERVAL
lowerbound:0
upperbound:1"

```

A. ProVis Library Code

```
ATTRIBUTE <Assoziationsmass>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(  
try(  
set(var, aval(\"H_B1_relativ_A1\")-aval(\"H_B1_relativ_A2\")),  
var),0)  
)"  
  
FACET <MultiLineString>  
VALUE 0  
  
FACET <AttributeHelpText>  
VALUE ""  
  
FACET <AttributeRegularExpression>  
VALUE ""  
  
ATTRIBUTE <H_A1_gesamt>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(  
try(  
aval(\"H_A1B1_gesamt\")+aval(\"H_A1B2_gesamt\"),  
0)  
)"  
  
FACET <MultiLineString>  
VALUE 0  
  
FACET <AttributeHelpText>  
VALUE ""  
  
FACET <AttributeRegularExpression>  
VALUE ""  
  
ATTRIBUTE <H_A1B1_gesamt>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(  
try(  
aval(row (\"Absolute Haeufigkeit\",1),\"A1\"),  
0)  
)"  
  
FACET <MultiLineString>  
VALUE 0  
  
FACET <AttributeHelpText>  
VALUE ""  
  
FACET <AttributeRegularExpression>  
VALUE ""  
  
ATTRIBUTE <H_A1B2_gesamt>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(  
try(  
aval(row (\"Absolute Haeufigkeit\",2),\"A1\"),  
0)  
)"
```

```
FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <H_A2B1_gesamt>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
aval(row ("Absolute Haeufigkeit",1),"A2\"),
0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <H_A2B2_gesamt>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
aval(row ("Absolute Haeufigkeit",2),"A2\"),
0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <H_A2_gesamt>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
aval("H_A2B1_gesamt\")+aval("H_A2B2_gesamt\"),
0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""
```

```
FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <H_B2_gesamt>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
aval(\"H_A1B2_gesamt\") + aval(\"H_A2B2_gesamt\"),
0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <H_B1_gesamt>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
aval(\"H_A1B1_gesamt\") + aval(\"H_A2B1_gesamt\"),
0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <H_A1_relativ>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
(set(gesamt,aval(\"Gesamtanzahl\")),
cond(gesamt>0,
(REAL aval(\"H_A1_gesamt\"))/gesamt,
aval(\"Rel_A1B1\") + aval(\"Rel_A1B2\"))
)),
0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""
```

```
ATTRIBUTE <H_A2_relativ>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
(set(gesamt,aval("Gesamtanzahl")),
cond(gesamt>0,
(REAL aval("H_A2_gesamt"))/gesamt,
aval("Rel_A2B1")+aval("Rel_A2B2")
)),
0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""


ATTRIBUTE <H_B1_relativ>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
(set(gesamt,aval("Gesamtanzahl")),
cond(gesamt>0,
(REAL aval("H_B1_gesamt"))/gesamt,
aval("Rel_A1B1")+aval("Rel_A2B1")
)),
0)
"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""


ATTRIBUTE <H_B2_relativ>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
(set(gesamt,aval("Gesamtanzahl")),
cond(gesamt>0,
(REAL aval("H_B2_gesamt"))/gesamt,
aval("Rel_A1B2")+aval("Rel_A2B2")
)),
0)
"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
```

```
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

    ATTRIBUTE <H_B1_relativ_A1>
    TYPE EXPRESSION
    VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
(set(gesamt,aval(\"Gesamtanzahl\")),
cond(gesamt>0,
(REAL aval(\"H_A1B1_gesamt\))/aval(\"H_A1_gesamt\"),
aval(\"H_A1B1_relativ\")/aval(\"H_A1_relativ\")
)),
0)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

    ATTRIBUTE <H_B1_relativ_A2>
    TYPE EXPRESSION
    VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
(set(gesamt,aval(\"Gesamtanzahl\")),
cond(gesamt>0,
(REAL aval(\"H_A2B1_gesamt\))/aval(\"H_A2_gesamt\"),
aval(\"H_A2B1_relativ\")/aval(\"H_A2_relativ\"
)),
0)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

    ATTRIBUTE <Merkmal 1 Name>
    TYPE STRING
    VALUE ""

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
```

```
        VALUE ""

ATTRIBUTE <Merkmal 2 Name>
TYPE STRING
VALUE ""

        FACET <MultiLineString>
        VALUE 0

        FACET <AttributeHelpText>
        VALUE ""

        FACET <AttributeRegularExpression>
        VALUE ""

ATTRIBUTE <Auspraegung 1 Name (Merkmal 1)>
TYPE STRING
VALUE ""

        FACET <MultiLineString>
        VALUE 0

        FACET <AttributeHelpText>
        VALUE ""

        FACET <AttributeRegularExpression>
        VALUE ""

ATTRIBUTE <Auspraegung 2 Name (Merkmal 1)>
TYPE STRING
VALUE ""

        FACET <MultiLineString>
        VALUE 0

        FACET <AttributeHelpText>
        VALUE ""

        FACET <AttributeRegularExpression>
        VALUE ""

ATTRIBUTE <Auspraegung 1 Name (Merkmal 2)>
TYPE STRING
VALUE ""

        FACET <MultiLineString>
        VALUE 0

        FACET <AttributeHelpText>
        VALUE ""

        FACET <AttributeRegularExpression>
        VALUE ""

ATTRIBUTE <Auspraegung 2 Name (Merkmal 2)>
TYPE STRING
```

```
VALUE ""

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <H_A1B1_relativ>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
(set(gesamt,aval("Gesamtanzahl")),
cond(gesamt>0,
(REAL aval("H_A1B1_gesamt"))/aval("Gesamtanzahl"),
aval("Rel_A1B1"))
)),
0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <H_A1B2_relativ>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
(set(gesamt,aval("Gesamtanzahl")),
cond(gesamt>0,
(REAL aval("H_A1B2_gesamt"))/aval("Gesamtanzahl"),
aval("Rel_A1B2"))
)),
0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <H_A2B1_relativ>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
(set(gesamt,aval("Gesamtanzahl")),

```

```

cond(gesamt>0,
(REAL aval("H_A2B1_gesamt\))/aval("Gesamtanzahl\"),
aval("Rel_A2B1\")
)),
0)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <H_A2B2_relativ>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
(set(gesamt,aval("Gesamtanzahl\")),
cond(gesamt>0,
(REAL aval("H_A2B2_gesamt\))/aval("Gesamtanzahl\"),
aval("Rel_A2B2\")
)),
0)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <Absolute/Relative Haeufigkeit anzeigen>
TYPE ENUMERATION

    FACET <EnumerationDomain>
    VALUE "Absolute Haeufigkeit@Relative Haeufigkeit"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <Absolute/Relative Haeufigkeit anzeigen>
VALUE "Absolute Haeufigkeit"

ATTRIBUTE <Gesamtanzahl relative Haeufigkeiten>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(
```

A. ProVis Library Code

```
try(
    aval(\"H_A1B1_relativ\") + aval(\"H_A1B2_relativ\") + aval(\"H_A2B1_relativ\") + aval(\"H_A2B2_relativ\"),
    0)
)

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""


ATTRIBUTE <Relative Haeufigkeit>
TYPE RECORD

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

    FACET <RecordClassName>
    VALUE "Einheitsquadrat - relative Haeufigkeiten"

    FACET <RecordClassMultiplicity>
    VALUE 2


ATTRIBUTE <Rel_Gesamtanzahl>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
    aval(\"Rel_A1B1\") + aval(\"Rel_A2B1\") + aval(\"Rel_A1B2\") + aval(\"Rel_A2B2\"),
    0)
)

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""


ATTRIBUTE <Rel_A1B1>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(
    try((
        set(bw,aval(\"Rel_A1B1_string\")),
        set(var,search(bw, \"/\", 0)),
        cond(var>0,
            (set(bruch_nenner,VAL copy(bw,var+1,LEN(bw))),
            set(bruch_zaehler,VAL copy(bw,0,var))),bw),
```

```
cond(var>0, bruch_zaehter/bruch_nenner, VAL bw)),0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Rel_A1B2>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(
try((
set(bw,aval("Rel_A1B2_string\")),
set(var,search(bw, \"/", 0)),
cond(var>0,
(set(bruch_nenner,VAL copy(bw,var+1,LEN(bw))),
set(bruch_zaehter,VAL copy(bw,0,var))),bw),
cond(var>0, bruch_zaehter/bruch_nenner, VAL bw)),0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Rel_A2B1>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(
try((
set(bw,aval("Rel_A2B1_string\")),
set(var,search(bw, \"/", 0)),
cond(var>0,
(set(bruch_nenner,VAL copy(bw,var+1,LEN(bw))),
set(bruch_zaehter,VAL copy(bw,0,var))),bw),
cond(var>0, bruch_zaehter/bruch_nenner, VAL bw)),0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Rel_A2B2>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(
try(
```

A. ProVis Library Code

```
set(bw,aval("Rel_A2B2_string")),
set(var,search(bw, "\\", 0)),
cond(var>0,
(set(bruch_nenner,VAL copy(bw,var+1,LEN(bw))),
set(bruch_zaehtler,VAL copy(bw,0,var))),bw),
cond(var>0, bruch_zaehtler/bruch_nenner, VAL bw),0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <H_B2_relativ_A1>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
(set(gesamt,aval("Gesamtanzahl")),
cond(gesamt>0,
(REAL aval("H_A1B2_gesamt"))/aval("H_A1_gesamt"),
aval("H_A1B2_relativ")/aval("H_A1_relativ")
)),
0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <H_B2_relativ_A2>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:double expr:fixed:(

try(
(set(gesamt,aval("Gesamtanzahl")),
cond(gesamt>0,
(REAL aval("H_A2B2_gesamt"))/aval("H_A2_gesamt"),
aval("H_A2B2_relativ")/aval("H_A2_relativ")
)),
0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""
```

```

ATTRIBUTE <Relative/bedingte Haeufigkeit visualisieren>
TYPE ENUMERATION

FACET <EnumerationDomain>
VALUE "Keine@Relative Haeufigkeit A1@Relative Haeufigkeit A2@Bedingte Haeufigkeit B1
unter A1@Bedingte Haeuf"
"igkeit B2 unter A1@Bedingte Haeufigkeit B1 unter A2@Bedingte Haeufigkeit B2 unter
A2@Konjunktive Haeuf"
"figkeit A1 B1@Konjunktive Haeufigkeit A1 B2@Konjunktive Haeufigkeit A2
B1@Konjunktive Haeufigkeit A2 "
"B2"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Relative/bedingte Haeufigkeit visualisieren>
VALUE "Keine"

ATTRIBUTE <Summen anzeigen>
TYPE INTEGER
VALUE 0

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

FACET <AttributeNumericDomain>
VALUE "DOMAIN
message:\"\""
INTERVAL
lowerbound:0
upperbound:1"

ATTRIBUTE <Angezeigte Zahlen runden auf Nachkommastellen>
TYPE ENUMERATION

FACET <EnumerationDomain>
VALUE "2@3@4@5"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

```

```
ATTRIBUTE <Angezeigte Zahlen runden auf Nachkommastellen>
VALUE "3"

ATTRIBUTE <Merkmal A Name>
TYPE STRING
VALUE ""

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <Merkmal B Name>
TYPE STRING
VALUE ""

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <Auspraegung A1 Name>
TYPE STRING
VALUE ""

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <Auspraegung A2 Name>
TYPE STRING
VALUE ""

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""
```

```
ATTRIBUTE <Auspraegung B1 Name>
TYPE STRING
VALUE ""

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""
```

```
ATTRIBUTE <Auspraegung B2 Name>
TYPE STRING
VALUE ""

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""
```

```
ATTRIBUTE <Erzeuge transponiertes Einheitsquadrat>
TYPE PROGRAMCALL

FACET <EnumerationDomain>
VALUE "ITEM \"Erzeuge transponiertes Einheitsquadrat\""
```

```
SET fileLocation:(scriptFileLocation)
```

```
EXECUTE file:(fileLocation + \"create_transposed_EQ.asc\") scope:same"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""
```

```
ATTRIBUTE <Erzeuge transponiertes Einheitsquadrat>
VALUE "Erzeuge transponiertes Einheitsquadrat"
```

```
ATTRIBUTE <Erzeuge Baumdiagramm>
TYPE PROGRAMCALL

FACET <EnumerationDomain>
VALUE "ITEM \"Erzeuge Baumdiagramm\""
```

```
SET fileLocation:(scriptFileLocation)
```

A. ProVis Library Code

```
EXECUTE file:(fileLocation + \"create_BD_from_EQ.asc\") scope:same"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <Erzeuge Baumdiagramm>
VALUE "Erzeuge Baumdiagramm"

ATTRIBUTE <Rel_A1B1_string>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:string expr:fixed:(

try(
aval(row (\"Relative Haeufigkeit\",1),\"A1\"),
0)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <Rel_A1B2_string>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:string expr:fixed:(

try(
aval(row (\"Relative Haeufigkeit\",2),\"A1\"),
0)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

ATTRIBUTE <Rel_A2B2_string>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:string expr:fixed:(

try(
aval(row (\"Relative Haeufigkeit\",2),\"A2\"),
0)
)"

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 0
```

```

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Rel_A2B1_string>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:string expr:fixed:(

try(
aval(row ("Relative Haeufigkeit",1),"A2"),
0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

//--- Class <Einheitsquadrat> - default values-----
ATTRIBUTE <Position>
VALUE ""

ATTRIBUTE <External tool coupling>
VALUE ""

//=====
CLASS <Notiz> : <_D-construct__>
=====

CLASSATTRIBUTE <ClassAbstract>
VALUE 0

CLASSATTRIBUTE <ClassVisible>
VALUE 1

CLASSATTRIBUTE <GraphRep>
VALUE "GRAPHREP sizing:asymmetrical
SHADOW off

PEN color:darkgray outline
FILL color:"lemonchiffon"
RECTANGLE w:(6cm) h:(6cm) x:(-3cm) y:(-3cm)

ATTR \"Notiz\" line-break:rigorous x:-2.85cm y:-2.85cm w:(5.7cm)"

CLASSATTRIBUTE <VisibleAttrs>

```

A. ProVis Library Code

```
    VALUE ""

    CLASSATTRIBUTE <AttrRep>
    VALUE "NOTEBOOK"
    CHAPTER "Description\""
    ATTR \"Notiz\""
    ""

    CLASSATTRIBUTE <WF_Trans>
    VALUE ""

    CLASSATTRIBUTE <AnimRep>
    VALUE ""

    CLASSATTRIBUTE <HlpTxt>
    VALUE ""

    CLASSATTRIBUTE <Model pointer>
    VALUE ""

    CLASSATTRIBUTE <Class cardinality>
    VALUE ""

//--- Class <Notiz> - Instance attributes-----
    ATTRIBUTE <Notiz>
    TYPE LONGSTRING
    VALUE ""

    FACET <MultiLineString>
    VALUE 1

    FACET <AttributeHelpText>
    VALUE ""

    FACET <AttributeRegularExpression>
    VALUE ""

//--- Class <Notiz> - default values-----
    ATTRIBUTE <Position>
    VALUE ""

    ATTRIBUTE <External tool coupling>
    VALUE ""

//=====
RELATIONCLASS <Uebergang>
FROM <Ereignis>
```

```

TO <Ereignis>
//=====

//--- Relationclass <Uebergang> - Instance attributes-----

ATTRIBUTE <Positions>
TYPE STRING
VALUE ""

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""


ATTRIBUTE <GraphRep>
TYPE STRING
VALUE "GRAPHREP rounded:0.05cm
SHADOW off
PEN color:black
FILL color:black

AVAL set-default:\"3\" nachkomma:\"Nachkommastellen\"
SET nachkomma:(VAL nachkomma)
SET dezstellen:1
FOR x from:1 to:(nachkomma) {
    SET dezstellen:((dezstellen)*10)
}

EDGE
AVAL bedwsk:\"Bedingte Wahrscheinlichkeit\"

IF (bedwsk != \"\" AND search(bedwsk,\"/\",0)=-1) {
    ATTR \"Bedingte Wahrscheinlichkeit\" text:(STR(round((VAL bedwsk)*dezstellen)/dezstellen )) w:c h:c
}
ELSE {
    ATTR \"Bedingte Wahrscheinlichkeit\" text:(bedwsk) w:c h:c
}
END
POLYGON 3 x1:-0.2cm y1:0.11cm x2:0cm y2:0cm x3:-0.2cm y3:-0.11cm
"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""


ATTRIBUTE <AttrRep>
TYPE STRING
VALUE "NOTEBOOK
CHAPTER \"Description\"
ATTR \"Bedingte Wahrscheinlichkeit\""

```

```

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Bedingte Wahrscheinlichkeit>
TYPE STRING
VALUE ""

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE "REGEXP
message:\"Wahrscheinlichkeit muss im Format 1 oder 0.Zahl oder Zahl/Zahl eingegeben werden\""
expression:\\"^([0.([0-9]+)+$|^(([0-9]+)/([0-9]+))$|^1$|^0$)\\"
try(
(set(bruch_zaehtler,aval("WSK_Bruch_Zaehtler")),
set(bruch_nenner,aval("WSK_Bruch_Nenner")),
set(bw,aval("Bedingte Wahrscheinlichkeit")),
set(var,search(bw, "\\", 0)),
cond(var>0, bruch_zaehtler/bruch_nenner, VAL bw)),
-1)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <WSK_Bruch_Zaehtler>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
(set(bw,aval("Bedingte Wahrscheinlichkeit")),
set(var,search(bw, "\\", 0)),
set(ergebnis,cond(var<0, -1, VAL copy(bw,0,var))),
set(ergebnis,cond(bw="1\",1,ergebnis)),
ergebnis),
-1)
)"

```

```

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <WSK_Bruch_Nenner>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
(set(bw,aval("Bedingte Wahrscheinlichkeit")),
set(var,search(bw, \"/", 0)),
set(ergebnis,cond(var<0, -1, VAL copy(bw,var+1,LEN(bw)))),
set(ergebnis,cond(bw=\\"1\",1,ergebnis)),
ergebnis),
-1)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Nachkommastellen>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
(
aval(cfobj(),"Nachkommastellen")),
3)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Check_WskUebergang>
TYPE EXPRESSION
VALUE "EXPR type:integer expr:fixed:(

try(
(aval(cfobj(),"Check_WskUebergang"))
,0)
)"

FACET <MultiLineString>
VALUE 0

```

```
FACET <AttributeHelpText>
VALUE ""

FACET <AttributeRegularExpression>
VALUE ""

//=====
//=====
WORKING ENVIRONMENT LIBRARY <ProVis Static Library v1.1>
//=====
//=====

ATTRIBUTE <Version number>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Date last changed>
VALUE "28.01.2020, 21:10"

ATTRIBUTE <Last user>
VALUE "Admin"

ATTRIBUTE <Keywords>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Comment>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Description>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Modi>
VALUE " "

ATTRIBUTE <Page layouts>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Simmapping>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Simtext>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Queries>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Input fields>
VALUE ""

ATTRIBUTE <AQL commands>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Result attributes>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Relation analysis>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Service>
VALUE ""
```

```
ATTRIBUTE <User defined>
VALUE "yes"

ATTRIBUTE <Library icons>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Evaluation queries>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Evaluation input fields>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Evaluation AQL commands>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Evaluation result attributes>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Sim result mapping>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Numbering>
VALUE "numeric"

ATTRIBUTE <Graphical representation>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Days per year>
VALUE 0

ATTRIBUTE <Hours per day>
VALUE 0

ATTRIBUTE <CCC mapping>
VALUE ""

ATTRIBUTE <CCC default setting>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Object arrangement>
VALUE ""

ATTRIBUTE <External coupling>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Agent definition>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Variable check>
VALUE "on"

ATTRIBUTE <Configuration of documentation>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Default settings>
VALUE ""

ATTRIBUTE <Predefined queries>
VALUE ""
```

A. ProVis Library Code

```
ATTRIBUTE <Predefined evaluation queries>
VALUE ""
```

```
ATTRIBUTE <Dynamic evaluation modules>
VALUE ""
```

```
ATTRIBUTE <Path navigator>
VALUE ""
```

```
ATTRIBUTE <Versioning format>
VALUE ""
```

B. AdoScript Code

Im Folgenden findet sich der Code für die Zusatzfunktionen von ProVis, die in der ADOxx spezifischen Skriptingsprache AdoScript geschrieben sind. Diese files müssen über den File Manager des ADOxx Development Toolkits in die Datenbank gespeichert werden, sodass die ProVis library darauf zugreifen kann.

B.1. apply_muliplikationspfadregel.asc

```
CC "Modeling" GET_ACT_MODEL
IF (modelid = -1) {
    CC "AdoScript" INFOBOX ("Öffne ein Modell!")
    EXIT
}
SETL nModelId:(modelid)

SETL wurzelId:(objidForCalculation)
CC "Core" UPDATE_EXPR_ATTRS modelid:(nModelId) synchronous:1

CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(wurzelId) attrname:"(Check_IsAbsoluterHaeufigkeitsbaum)"
SETL absbaum:(val)

IF (absbaum = 0 ) {
    CALCULATE_CHILDREN_WSKBAUM str_parentid:(STR wurzelId)
}
ELSE {
    CALCULATE_CHILDREN_HFKBAUM str_parentid:(STR wurzelId)
}

#-----
#----- PROCEDURE global CALCULATE_CHILDREN_WSKBAUM str_parentid:string
#-----
{
    CC "Core" EVAL_EXPRESSION (ctobjs("Uebergang")) objid:(VAL str_parentid)
    SETL childids:(result)
    CC "Core" UPDATE_EXPR_ATTRS modelid:(nModelId) synchronous:1
    FOR childid in:(childids) {
        CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL childid) attrname:"(WSK_berechenbar)"
        SETL berechenbar:(val)

        IF (berechenbar=1) {
            CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL childid) attrname:"(WSK_Double)"
            SETL wsk_double:(val)
            CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL childid) attrname:"(WSK_Bruch_Nenner)"
            SETL wsk_bruch_nenner:(val)
            CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL childid) attrname:"(WSK_Bruch_Zaehler)"
            SETL wsk_bruch_zahler:(val)
        }
    }
}
```

```

IF (wsk_bruch_nenner > 1) {
    SET nenner_gek:1
    SET zaehler_gek:1
    CANCEL_FRACTION int_zaehter:(wsk_bruch_zaehter)
    int_nenner:(wsk_bruch_nenner) nenner_gekuerzt:nenner_gek
    zaehler_gekuerzt:zaehler_gek
    SETL value:(STR zaehler_gek + "/" + STR nenner_gek)
}
ELSE {
    SETL value:(STR wsk_double)
}
CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(VAL childid) attrname:"(Relative
Haeufigkeit/Wahrscheinlichkeit)" val:(value)
}
CALCULATE_CHILDREN_WSKBAUM str_parentid:(childid)

}

#
PROCEDURE global CALCULATE_CHILDREN_HFKBAUM str_parentid:string
#
{
    CC "Core" EVAL_EXPRESSION (ctobjs("Uebergang")) objid:(VAL str_parentid)
    SETL childids:(result)
    CC "Core" UPDATE_EXPR_ATTRS modelid:(nModelId) synchronous:1
    FOR childid in:(childids) {
        CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL childid) attrname:"(AbsoluteHaeufigkeit_berechenbar)"
        SETL berechenbar:(val)

        IF (berechenbar=1) {
            CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL childid) attrname:
            "AbsoluteHaeufigkeit_berechnet"
            SETL value:(val)
            CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(VAL childid) attrname:"(Absolute Haeufigkeit)"
            val:(value)
        }
        CALCULATE_CHILDREN_HFKBAUM str_parentid:(childid)
    }
}
#
PROCEDURE global CANCEL_FRACTION int_zaehter:integer int_nenner:integer
nenner_gekuerzt:reference zaehler_gekuerzt:reference
#
{
    SETL a:(int_nenner)
    SETL b:(int_zaehter)
    WHILE (a>0) {
        IF (b>a) {
            SET b:(b-a)
        }
        ELSE {
            SET a:(a-b)
        }
    }
    SET nenner_gekuerzt:(int_nenner/b)
    SET zaehler_gekuerzt:(int_zaehter/b)
}

```

B.2. check_aufteilung_haeufigkeitsbaum.asc

```

CC "Modeling" GET_ACT_MODEL
IF (modelid = -1) {
    CC "AdoScript" INFOBOX ("Oeffne ein Modell!")
    EXIT
}
SETL nModelId:(modelid)
SETL nRootObjID:(objidForControl)

CC "Modeling" DESELECT_ALL modelid:(nModelId)
CC "Core" UPDATE_EXPR_ATTRS modelid:(nModelId) synchronous:1
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nRootObjID) attrname:"(Name)"
CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"({"" + val + "\":\"Ereignis\"}->\\"Uebergang\")"
modelid:(nModelId)
SETL treeObjIds:(tokunion(objids,STR nRootObjID))

CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"(<\"Ereignis\">>[?\"Check_AbsoluteHaeufigkeitPartitionierung\
\"=-1])" modelid:(nModelId)
SETL listObjIds:(tokintersect(objids,treeObjIds))
SETL listObj:(listObjIds)
FOR nodeId in:(listObj) {
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL nodeId) attrname:"(Name)"
    CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"({"" + val + "\":\"Ereignis\"}->\\"Uebergang\")"
modelid:(nModelId)
    SETL listObjIds:(tokunion(listObjIds,objids))
}
SETL numberErrorItems:(tokcnt(listObjIds))
IF (numberErrorItems>0) {

    FOR myObjid in:(listObjIds) {
        CC "Modeling" SELECT objid:(VAL myObjid)
    }
    CC "AdoScript" INFOBOX ((STR numberErrorItems) + " fehlerhafte(s) Element(e) gefunden und
selektiert.") title:"Markiere..."
}
ELSE {
    CC "AdoScript" INFOBOX ( "Keine fehlerhaften Elementen gefunden.") title:"Markiere..."
}

```

B.3. check_ebene.asc

```

CC "Modeling" GET_ACT_MODEL
IF (modelid = -1) {
    CC "AdoScript" INFOBOX ("Oeffne ein Modell!")
    EXIT
}
SETL nModelId:(modelid)
SETL nRootObjID:(objidForControl)

CC "Modeling" DESELECT_ALL modelid:(nModelId)

SETL objidsEreignisseError:""

CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nRootObjID) attrname:"Nachkommastellen"
SETL nachkomma:(val)
SETL dezstellen:1
FOR x from:1 to:(nachkomma) {
    SET dezstellen:((dezstellen)*10)
}
SETL i:1
SETL listObjIdsEbene:(STR nRootObjID)
WHILE (tokcnt(listObjIdsEbene)>0) {
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nRootObjID) attrname:"Name"
    CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"({\" + val + "\":\"Ereignis\"}->\\"Uebergang\")[?\"Ebene\
" ="+(STR i) +""]" modelid:(nModelId)
    SETL listObjIdsEbene:(objids)
    SET summe:0
    FOR nodeid in:(listObjIdsEbene) {
        CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL nodeid) attrname:"WSK_Double_Freitext")
        SET summe:(summe+val)
    }
    SET summerounded:(round(summe*dezstellen)/dezstellen)
    IF (summerounded>1) {
        FOR nodeid in:(listObjIdsEbene) {
            SET objidsEreignisseError:(tokunion(objidsEreignisseError,nodeid))
        }
    }
    SETL i:(i+1)
}

FOR myObjid in:(objidsEreignisseError) {
    CC "Modeling" SELECT objid:(VAL myObjid)
}
SETL numberErrorItems:(tokcnt(objidsEreignisseError))
IF (numberErrorItems >0) {
    CC "AdoScript" INFOBOX ((STR numberErrorItems) + " fehlerhafte(s) Element(e) gefunden und selektiert.") title:"Markiere..."
}
ELSE {
    CC "AdoScript" INFOBOX ( "Keine fehlerhaften Elementen gefunden.") title:"Markiere..."
}

```

B.4. check_uebergaenge.asc

```

CC "Modeling" GET_ACT_MODEL
IF (modelid = -1) {
    CC "AdoScript" INFOBOX ("Oeffne ein Modell!")
    EXIT
}
SETL nModelId:(modelid)
SETL nRootObjID:(objidForControl)

CC "Modeling" DESELECT_ALL modelid:(nModelId)
CC "Core" UPDATE_EXPR_ATTRS modelid:(nModelId) synchronous:1
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nRootObjID) attrname:"(Name)"
CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"({"" + val + "\";\"Ereignis\"}->>\\"Uebergang\\")"
modelid:(nModelId)
SETL treeObjs:(tokunion(objids,STR nRootObjID))
CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"({"" + val + "\";\"Ereignis\"}->(<\\"Uebergang\\>))"
modelid:(nModelId)
SETL treeuebergaengeids:(objids)

CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"(<\\"Ereignis\\>[?\"Check_WskUebergang\" =-1])"
modelid:(nModelId)
SETL listObjs:(tokisect(objids,treeObjs))

CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"(<\\"Uebergang\\>[?\"Check_WskUebergang\" =-1])"
modelid:(nModelId)
SETL listuebergaenge:(tokisect(objids,treeuebergaengeids))
SETL listObjs:(tokunion(listObjs,listuebergaenge))
SETL numberErrorItems:(tokcnt(listObjs))
IF (numberErrorItems>0) {
    FOR myObjid in:(listObjs) {
        CC "Modeling" SELECT objid:(VAL myObjid)
    }
    CC "AdoScript" INFOBOX ( (STR numberErrorItems) + " fehlerhafte Elemente gefunden und
selektiert." ) title:"Markiere..."
}
ELSE {
    CC "AdoScript" INFOBOX ( "Keine fehlerhaften Elemente gefunden." ) title:"Markiere..."
}

```

B.5. create_BD_from_EQ.asc

```
CC "Modeling" GET_ACT_MODEL

SETL nModelId:(modelid)

CC "Core" GET_CLASS_ID classname:"Einheitsquadrat"
SETL classidEinheitsquadrat:(classid)

SETL einheitsquadratId:(objid)

CC "Core" GET_ATTR_ID classid:(classidEinheitsquadrat) attrname:"Absolute Haeufigkeit"
SETL attridAbsoluteHaeufigkeitEQ:(attrid)

CC "Core" GET_ATTR_VAL modelid:(modelid) objid:(einheitsquadratId) attrname:"Seitenlaenge"
SETL seitenlaenge:(val)

CC "Core" GET_CLASS_ID classname:"Ereignis"
SETL classidEreignis:(classid)

CC "Core" GET_ATTR_ID classid:(classidEreignis) attrname:"Absolute Haeufigkeit"
SETL attridAbsoluteHaeufigkeitER:(attrid)

CC "Core" GET_ATTR_ID classid:(classidEreignis) attrname:"Ereignis"
SETL attridEreignisER:(attrid)

CC "Core" GET_CLASS_ID relation classname:"Uebergang"
SETL classidUebergang:(classid)

CC "Core" GET_ATTR_ID classid:(classidUebergang) attrname:"Bedingte Wahrscheinlichkeit"
SETL attridBedWskUE:(attrid)

CC "Core" GET_REC_ATTR_ROW_ID objid:(einheitsquadratId) attrid:(attridAbsoluteHaeufigkeitEQ)
index:(1)
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(rowid) attrname:(A1")
IF (ecode=0) {
    SETL mMap: ({} "11":(val))
}
ELSE {
    SETL mMap: ({} "11":(0))
}
SETL anzahlrow1:(mMap["11"])
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(rowid) attrname:(A2")
IF (ecode=0) {
    SETL mMap["12"]:(val)
}
ELSE {
    SETL mMap["12"]:(0)
}
SETL anzahl2row1:(mMap["12"])

CC "Core" GET_REC_ATTR_ROW_ID objid:(einheitsquadratId) attrid:(attridAbsoluteHaeufigkeitEQ)
index:(2)
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(rowid) attrname:(A1")
IF (ecode=0) {
    SETL mMap["21"]:(val)
```

```

}

ELSE {
    SETL mMap["21"]:(0)
}
SETL anzahlrow2:(mMap["21"])
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(rowid) attrname:"A2"
IF (ecode=0) {
    SETL mMap["22"]:(val)
}
ELSE {
    SETL mMap["22"]:(0)
}
SETL anzahl2row2:(mMap["22"])
SETL h_a1_gesamt:(anzahlrow1+anzahlrow2)
SETL h_a2_gesamt:(anzahl2row1+anzahl2row2)

#create Wurzel
SETL i:0
SETL error:1
WHILE (error <> 0) {
    SETL name:(Wurzel EQ " + (STR einheitsquadratId) + "-" + STR i)
    SETL i:(i+1)
    CC "Core" CREATE_OBJ modelid:(nModelId) classid:(classidEreignis) objname:(name)
    SETL error:(ecode)
}
SETL wurzelEreignisID:(objid)
CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(wurzelEreignisID) attrid:(attridAbsoluteHaeufigkeitER)
val:(h_a1_gesamt+h_a2_gesamt)

FOR merkmal from:1 to:2 by:1 {
    SETL name:(Ereignis 1." + (STR merkmal) + " - " + (STR einheitsquadratId) + " - " + STR i)
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(einheitsquadratId) attrname:(Auspraegung A" + (STR
merkmal) + " Name")
    SETL valEreignis:(val)
    CC "Core" CREATE_OBJ modelid:(nModelId) classid:(classidEreignis) objname:(name)
    SETL ereignisIDchild:(objid)
    SETL valuehaeufigkeit: ((mMap[("1"+(STR merkmal))]+(mMap[("2"+(STR merkmal))]))
    CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(ereignisIDchild) attrid:(attridAbsoluteHaeufigkeitER)
val:(valuehaeufigkeit)
    CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(ereignisIDchild) attrid:(attridEreignisER) val:(valEreignis)

#create connector from new ereignis to parent node
CC "Core" CREATE_CONNECTOR modelid:(nModelId) fromobjid:(wurzelEreignisID)
toobjid:(ereignisIDchild) classid:(classidUebergang)
SETL connectorId:(objid)
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(einheitsquadratId) attrname:(H_A" + (STR merkmal) +
"_relativ")
SETL relA1gesamt:(val)
CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(connectorId) attrid:(attridBedWskUE) val:(relA1gesamt)

FOR merkmal2 from:1 to:2 by:1 {
    SETL name:(Ereignis 2." + (STR merkmal) + "." + (STR merkmal2) + " - " + (STR
einheitsquadratId) + " - " + STR i)
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(einheitsquadratId) attrname:(Auspraegung B" + (STR
merkmal2) + " Name")
    SETL valEreignis:(val)
    CC "Core" CREATE_OBJ modelid:(nModelId) classid:(classidEreignis) objname:(name)
    SETL ereignisIDchildchild:(objid)
    SETL valuehaeufigkeit: ((mMap[(STR merkmal2)+(STR merkmal)]))
}

```

B. AdoScript Code

```
CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(ereignisIDchildchild) attrid:(attridAbsoluteHaeufigkeitER)
val:(valuehaeufigkeit)
CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(ereignisIDchildchild) attrid:(attridEreignisER)
val:(valEreignis)
#create connector from new ereignis to parent node
CC "Core" CREATE_CONNECTOR modelid:(nModelId) fromobjid:(ereignisIDchild)
toobjid:(ereignisIDchildchild) classid:(classidUebergang)
SETL connectorId:(objid)
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(einheitsquadratId) attrname:"(H_B" + (STR merkmal2)
+ "_relativ_A" + (STR merkmal))
SETL relBirelAj:(val)
CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(connectorId) attrid:(attridBedWskUE) val:(relBirelAj)
}
}

CC "Core" UPDATE_EXPR_ATTRS modelid:(nModelId) synchronous:1

CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(wurzelEreignisID) attrname:"Check_AbsoluterHaeufigkeitsbaum"
SETL absbaum:(val)
IF (absbaum = 0 ) {
    SET objidForCalculation:(wurzelEreignisID)
    EXECUTE file:(scriptFileLocation + "apply_muliplikationspfadregel.asc") scope:same
}

CC "Core" GET_ATTR_VAL modelid:(modelid) objid:(einheitsquadratId) attrname:"Position"
SET sPosition:(val)
LEO parse: (sPosition) get-tmm-value:n_x_container:"x" get-tmm-value:n_y_container:"y"
get-tmm-value:n_w_container:"w" get-tmm-value:n_h_container:"h"

SET xcoord:(n_x_container)
SET ycoord:(n_y_container+(CM seitenlaenge/2)+(CM 2))

CC "Modeling" SET_OBJ_POS objid:(wurzelEreignisID) x:(xcoord) y:(ycoord)
SET objidForOrdering:(wurzelEreignisID)
EXECUTE file:(scriptFileLocation + "structure_BD_vertical_beneath_root.asc") scope:same
```

B.6. create_EQ_from_BD.asc

```

CC "Modeling" GET_ACT_MODEL

SETL nModelId:(modelid)

CC "Core" GET_CLASS_ID classname:"Einheitsquadrat"
SETL classidEinheitsquadrat:(classid)

CC "Core" GET_CLASS_ID classname:"Ereignis"
SETL classidEreignis:(classid)

CC "Core" GET_ATTR_ID classid:(classidEinheitsquadrat) attrname:"Absolute Haeufigkeit"
SETL attridAbsoluteHaeufigkeit:(attrid)

CC "Core" GET_ATTR_ID classid:(classidEinheitsquadrat) attrname:"Relative Haeufigkeit"
SETL attridRelativeHaeufigkeit:(attrid)

SETL baumWurzelId:(objid)

CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(baumWurzelId) attrname:(Name)
SETL aqlstring:"{""+val+"\"Ereignis\"}->\"Uebergang\""
CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:(aqlstring) modelid:(nModelId)
SETL ebene1:(objids)

CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(baumWurzelId) attrname:(Name)
SETL aqlstring:"{""+val+"\"Ereignis\"}->>\"Uebergang\"[?\"Ebene\" = 2]"

CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:(aqlstring) modelid:(nModelId)
SETL leaves:(objids)

CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(baumWurzelId) attrname:"Check_IsWahrscheinlichkeitsbaum"
SETL valWskbaum:(val)

CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(baumWurzelId) attrname:"Check_IsAbsoluterHaeufigkeitsbaum"
SETL hfbbaum:(val)

#check preconditions:
#-----
SET checkpreconditions:1
#Check if #kindknoten = 2 in wurzel und erster ebene and 0 in leaves
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(baumWurzelId) attrname:"Kindknoten"
IF (val!=2) {
    SET checkpreconditions:0
}
FOR ereignisidebene1 in:(ebene1) {
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL ereignisidebene1) attrname:"Kindknoten"
    IF (val!=2) {
        SET checkpreconditions:0
    }
}
FOR ereignisidebene2 in:(leaves) {
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL ereignisidebene2) attrname:"Kindknoten"
    IF (val!=0) {
        SET checkpreconditions:0
    }
}

```

B. AdoScript Code

```
}

#check if namen erste ebene unterschiedlich
SET namesebene1:""
FOR ereignisidebene1 in:(ebene1) {
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL ereignisidebene1) attrname:(Ereignis")
    SET namesebene1:(tokunion(namesebene1,val))
}
IF (tokcnt(namesebene1)!=2) {
    SET checkpreconditions:0
}

#check if namen zweite ebene unterschiedlich pro knoten erste ebene und genau 2 verschiedene insgesamt
SET namesebene2:""
FOR ereignisidebene1 in:(ebene1) {
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL ereignisidebene1) attrname:(Name")
    SETL aqlstring:("{""+val+"\".\"Ereignis"}->\"Uebergang\"")
    CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:(aqlstring) modelid:(nModelId)
    SETL ebene2:(objids)
    SETL namesebene2sub:""
    FOR ereignisidebene2 in:(ebene2) {
        CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL ereignisidebene2) attrname:(Ereignis")
        SET namesebene2sub:(tokunion(namesebene2sub,val))
    }
    IF (tokcnt(namesebene2sub)!=2) {
        SET checkpreconditions:0
    }
    SET namesebene2:(tokunion(namesebene2,namesebene2sub))
}

IF (tokcnt(namesebene2)!=2) {
    SET checkpreconditions:0
}

#check if haeufigkeitsbaum oder sum probabilities in leaves is 1
IF (hfbaum=0) {
    SET summe:0
    FOR leaveid in:(leaves) {
        CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL leaveid) attrname:(WSK_Double_Freitext")
        SET summe:(summe+val)
    }
    IF (summe!=1) {
        SET checkpreconditions:0
    }
}

#exit if preconditions are not fulfilled

IF (checkpreconditions=0) {
    CC "AdoScript" WARNINGBOX ("Voraussetzungen fuer Einheitsquadrat nicht erfuellt.")
    EXIT
}
#-----
SETL i:0
SETL error:1
```

```

WHILE (error <> 0) {
    SETL name:(Einheitsquadrat "+ (STR baumWurzelId) + "-" + STR i)
    CC "Core" CREATE_OBJ modelid:(nModelId) classid:(classidEinheitsquadrat) objname:(name)
    SETL error:(ecode)
    SETL i:(i+1)
}
SETL einheitsquadratNewId:(objid)
#Add absolut probability record table
CC "Core" ADD_REC_ROW objid:(einheitsquadratNewId) attrid:(attridAbsoluteHaeufigkeit)
SETL row1absid:(rowid)
CC "Core" ADD_REC_ROW objid:(einheitsquadratNewId) attrid:(attridAbsoluteHaeufigkeit)
SETL row2absid:(rowid)

CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(row1absid) attrname:"Auspraegung" val:"B1"
CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(row2absid) attrname:"Auspraegung" val:"B2"

#Add relative probability record table
CC "Core" ADD_REC_ROW objid:(einheitsquadratNewId) attrid:(attridRelativeHaeufigkeit)
SETL row1relid:(rowid)
CC "Core" ADD_REC_ROW objid:(einheitsquadratNewId) attrid:(attridRelativeHaeufigkeit)
SETL row2relid:(rowid)

CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(row1relid) attrname:"Auspraegung" val:"B1"
CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(row2relid) attrname:"Auspraegung" val:"B2"

SETL names1:""
FOR eben1 in:(ebene1) {
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL eben1) attrname:"(Ereignis)"
    SETL names1:(tokunion(names1,val))
}

SETL names2:""
FOR leave in:(leaves) {
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL leave) attrname:"(Ereignis)"
    SETL names2:(tokunion(names2,val))
}

CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(einheitsquadratNewId) attrname:"(Auspraegung A1 Name)"
val:(token(names1,0,""))
CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(einheitsquadratNewId) attrname:"(Auspraegung A2 Name)"
val:(token(names1,1,""))
CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(einheitsquadratNewId) attrname:"(Auspraegung B1 Name)"
val:(token(names2,0,""))
CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(einheitsquadratNewId) attrname:"(Auspraegung B2 Name)"
val:(token(names2,1,""))

SET names:(tokcat(names1,names2))

IF (hfbaum=1) {
    SETL val_attrname:"(Absolute Haeufigkeit)"
    SETL mMapRows:{1:(row1absid), 2:(row2absid)}
}
ELSE {
    SETL val_attrname:"(Relative Haeufigkeit/Wahrscheinlichkeit)"
    SETL mMapRows:{1:(row1relid), 2:(row2relid)}
}

```

B. AdoScript Code

```
FOR i from: 0 to:1 {

    FOR j from:0 to:1 {
        SETL rowid:(mMapRows SUB (j+1))
        CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(baumWurzelId) attrname:"Name"
        SETL aqlstring:(("{""+val+"~":"Ereignis"}->"Uebergang"[?\"Ereignis\" ="" +token(names,i," ")+""])
        \"])->"Uebergang"[?\"Ereignis\" =""+token(names,j+2," ")+""])
        CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:(aqlstring) modelid:(nModelId)
        CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL objids) attrname:(val_attrname)
        CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(rowid) attrname:(A"+(STR (i+1))) val:(val)
        SETL val:(val)
    }
}

CC "Core" UPDATE_EXPR_ATTRS modelid:(nModelId) synchronous:1

CC "Core" GET_ATTR_VAL modelid:(modelid) objid:(baumWurzelId) attrname:"Position"
SET sPosition:(val)
LEO parse: (sPosition) get-tmm-value:n_x_container:"x" get-tmm-value:n_y_container:"y"
get-tmm-value:n_w_container:"w" get-tmm-value:n_h_container:"h"

SET xcoord:(n_x_container)
SET ycoord:(n_y_container-(CM 4.5))

CC "Modeling" SET_OBJ_POS objid:(einheitsquadratNewId) x:(xcoord) y:(ycoord)
```

B.7. create_transposed_EQ.asc

```

CC "Modeling" GET\_ACT\_MODEL

SETL nModelId:(modelid)

CC "Core" GET\_CLASS\_ID classname:"Einheitsquadrat"
SETL classidEinheitsquadrat:(classid)

SETL einheitsquadratId:(objid)

CC "Core" GET\_ATTR\_ID classid:(classidEinheitsquadrat) attrname:"Absolute Haeufigkeit"
SETL attridAbsoluteHaeufigkeit:(attrid)

CC "Core" GET\_ATTR\_ID classid:(classidEinheitsquadrat) attrname:"Relative Haeufigkeit"
SETL attridRelativeHaeufigkeit:(attrid)

SETL i:0
SETL error:1
WHILE (error <> 0) {
    SETL name:("Einheitsquadrat komplementaer "+ (STR einheitsquadratId) + "-" + STR i)
    CC "Core" CREATE\_OBJ modelid:(nModelId) classid:(classidEinheitsquadrat) objname:(name)
    SETL error:(ecode)
    SETL i:(i+1)
}
SETL einheitsquadratNewId:(objid)

#Add absolut probability record table
CC "Core" ADD\_REC\_ROW objid:(einheitsquadratNewId) attrid:(attridAbsoluteHaeufigkeit)
SETL row1id:(rowid)
CC "Core" ADD\_REC\_ROW objid:(einheitsquadratNewId) attrid:(attridAbsoluteHaeufigkeit)
SETL row2id:(rowid)

CC "Core" GET\_REC\_ATTR\_ROW\_COUNT objid:(einheitsquadratId) attrid:(attridAbsoluteHaeufigkeit)

CC "Core" GET\_REC\_ATTR\_ROW\_ID objid:(einheitsquadratId) attrid:(attridAbsoluteHaeufigkeit)
index:(1)
CC "Core" GET\_ATTR\_VAL objid:(rowid) attrname:"A1"
SETL anzahlrow1:(val)
CC "Core" GET\_ATTR\_VAL objid:(rowid) attrname:"A2"
SETL anzahl2row1:(val)

CC "Core" SET\_ATTR\_VAL objid:(row1id) attrname:"A1" val:(anzahlrow1)
CC "Core" SET\_ATTR\_VAL objid:(row2id) attrname:"A1" val:(anzahl2row1)

CC "Core" GET\_REC\_ATTR\_ROW\_ID objid:(einheitsquadratId) attrid:(attridAbsoluteHaeufigkeit)
index:(2)
CC "Core" GET\_ATTR\_VAL objid:(rowid) attrname:"A1"
SETL anzahlrow2:(val)
CC "Core" GET\_ATTR\_VAL objid:(rowid) attrname:"A2"
SETL anzahl2row2:(val)

CC "Core" SET\_ATTR\_VAL objid:(row1id) attrname:"A2" val:(anzahlrow2)

```

B. AdoScript Code

```
CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(row2id) attrname:"A2" val:(anzahl2row2)

#Add relative probability record table
CC "Core" ADD_REC_ROW objid:(einheitsquadratNewId) attrid:(attridRelativeHaeufigkeit)
SETL row1id:(rowid)
CC "Core" ADD_REC_ROW objid:(einheitsquadratNewId) attrid:(attridRelativeHaeufigkeit)
SETL row2id:(rowid)

CC "Core" GET_REC_ATTR_ROW_COUNT objid:(einheitsquadratId) attrid:(attridRelativeHaeufigkeit)

CC "Core" GET_REC_ATTR_ROW_ID objid:(einheitsquadratId) attrid:(attridRelativeHaeufigkeit) index:(1)
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(rowid) attrname:(A1")
SETL anzahlrow1:(val)
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(rowid) attrname:(A2")
SETL anzahl2row1:(val)

CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(row1id) attrname:"A1" val:(anzahlrow1)

CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(row2id) attrname:"A1" val:(anzahl2row1)

CC "Core" GET_REC_ATTR_ROW_ID objid:(einheitsquadratId) attrid:(attridRelativeHaeufigkeit) index:(2)
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(rowid) attrname:(A1")
SETL anzahlrow2:(val)
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(rowid) attrname:(A2")
SETL anzahl2row2:(val)

CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(row1id) attrname:"A2" val:(anzahlrow2)

CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(row2id) attrname:"A2" val:(anzahl2row2)

FOR merkmal from:1 to:2 by:1 {
    IF (merkmal=1) {
        SETL nr1:"A"
        SETL nr2:"B"
    }
    ELSE {
        SETL nr1:"B"
        SETL nr2:"A"
    }
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(einheitsquadratId) attrname:(Merkmal " + (nr1) + " Name")
    SETL valmerkname:(val)

    CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(einheitsquadratNewId) attrname:(Merkmal " + (nr2) + "
Name") val:(valmerkname)

    FOR merkmal2 from:1 to:2 by:1 {
        IF (merkmal2=1) {
            SETL nr:"A"
        }
        ELSE {
            SETL nr:"B"
        }
        CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(einheitsquadratId) attrname:(Auspraegung " + nr1 +
(STR merkmal2) + " Name")
        SETL valmerkname:(val)
        CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(einheitsquadratNewId) attrname:(Auspraegung " + nr2 +
(STR merkmal2) + " Name") val:(valmerkname)
```

```
        }
    }

CC "Core" GET_ATTR_VAL modelid:(modelid) objid:(einheitsquadratId) attrname:"Position"
SET sPosition:(val)

CC "Core" GET_ATTR_VAL modelid:(modelid) objid:(einheitsquadratId) attrname:"Seitenlaenge"
SET seitenlaenge:(val)

LEO parse: (sPosition) get-tmm-value:n_x_container:"x" get-tmm-value:n_y_container:"y"
get-tmm-value:n_w_container:"w" get-tmm-value:n_h_container:"h"

SET xcoord:(n_x_container+(CM seitenlaenge)+(CM 1))
SET ycoord:(n_y_container)

CC "Modeling" SET_OBJ_POS objid:(einheitsquadratNewId) x:(xcoord) y:(ycoord)
```

B.8. create_tree_from_teilvorgang.asc

```
CC "Modeling" GET_ACT_MODEL
IF (modelid = -1) {
    CC "AdoScript" INFOBOX ("Oeffne ein Modell!")
    EXIT
}
SETL nModelId:(modelid)

SETL createUnabhaengig:(unabhaengig)

CC "Core" GET_CLASS_ID classname:"Ereignis"
SETL classidEreignis:(classid)

CC "Core" GET_CLASS_ID relation classname:"Uebergang"
SETL classidUebergang:(classid)

CC "Core" GET_CLASS_ID classname:"Teilvorgang"
SETL classidTeilvorgang:(classid)

CC "Core" GET_ATTR_ID classid:(classidTeilvorgang) attrname:"Ereignisse"
SETL attridTeilvorgangEreignisse:(attrid)

CC "Core" GET_ATTR_ID classid:(classidEreignis) attrname:"Ereignis"
SETL attridEreignisEreignis:(attrid)

CC "Core" GET_ATTR_ID classid:(classidUebergang) attrname:"Bedingte Wahrscheinlichkeit"
SETL attridUebergangWahrscheinlichkeit:(attrid)

#get teilvorgang in correct order
CC "Core" GET_ALL_OBJS_OF_CLASSNAME modelid:(nModelId) classname:"Teilvorgang"
SETL lInstanceObjIDs:(objids)

SETL counter:1
SETL continue:1
SETL teilvorgaengeOrder:""
SETL listTeilv:""
FOR teilv in:(lInstanceObjIDs) {
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(VAL teilv) attrname:"Name"
    SET listTeilv:(tokcat(listTeilv, val, "$"))
}
SET listTeilv:(tokcat(listTeilv, "Ende", "$"))

WHILE (continue = 1) {

    CC "AdoScript" LISTBOX entries:(listTeilv) toksep:"$" title:(("Abfolge Teilvorgaenge"))
    boxtext:((STR counter) + ". Teilvorgang (max. 260 Ereignisse)")
    IF (endbutton <> "ok" ) {
        EXIT
    }
    IF (selection = "Ende") {
        SETL continue:0
    }
    ELSE {
        SETL counter:(counter+1)
    }
}
```

```

        SETL teilvorgaengeOrder:(tokcat(teilvorgaengeOrder,selection,"$"))
    }
}
IF (teilvorgaengeOrder = "Ende") {
    EXIT
}
#check for size of tree, stop if more than 260 elements
SETL countnodes:1
SETL countnodeslasttv:1
FOR teilvorgang in:(teilvorgaengeOrder) sep:"$" {
    CC "Core" GET_OBJ_ID modelid:(nModelId) classid:(classidTeilvorgang) objname:(teilvorgang)
    CC "Core" GET_REC_ATTR_ROW_COUNT objid:(objid) attrid:(attridTeilvorgangEreignisse)
    IF (ecode=0) {
        SETL countnodeslasttv:(countnodeslasttv*count)
        SETL countnodes:(countnodes+countnodeslasttv)
    }
}
IF (countnodes > 260) {
    CC "AdoScript" WARNINGBOX ("Zu viele Ereignisse.")
    EXIT
}

#create Wurzel
SETL i:0
SETL error:1
WHILE (error <> 0) {
    SETL i:(i+1)
    SETL name:("Wurzel " + STR i)
    CC "Core" CREATE_OBJ modelid:(nModelId) classid:(classidEreignis) objname:(name)
    SETL error:(ecode)
}
SETL wurzelEreignisID:(objid)

SETL ereignisList:(STR wurzelEreignisID)
SETL ereignisse:""
SETL startvorgang:(1)

#get ereignisse from all teilvorgang
FOR teilvorgang in:(teilvorgaengeOrder) sep:"$" {
    CC "Core" GET_OBJ_ID modelid:(nModelId) classid:(classidTeilvorgang) objname:(teilvorgang)
    CREATE_NEXT_LEVEL_AT_EREIGNIS str_ereignisidlist:(ereignisList) int_teilvorgangid:(objid)
    int_startvorgang:(startvorgang) str_createdEreignisse:ereignisse
    SETL startvorgang:(0)
    SETL ereignisList:(ereignisse)
}
CC "Core" UPDATE_EXPR_ATTRS modelid:(nModelId) synchronous:1

SET objidForOrdering:(wurzelEreignisID)
EXECUTE file:(scriptFileLocation + "structure_BD_vertical_right_modelingarea.asc") scope:same

#Procedure: takes node and teilvorgang and creates next level at node
PROCEDURE CREATE_NEXT_LEVEL_AT_EREIGNIS
str_ereignisidlist:string

```

B. AdoScript Code

```

int_teilvorgangid:integer
int_startvorgang:integer
str_createdEreignisse:reference

#-----
# IN:
#   str_ereignisidlist:string
#   int_teilvorgangid:integer
#   int_startvorgang:integer
#   OUT
#   str_createdEreignisse:reference

{

    SET listCreatedEreignisse:""
        #CC "AdoScript" INFOBOX (str_ereignisidlist)

    FOR ereignisID in:(str_ereignisidlist) {

        CC "Core" GET_REC_ATTR_ROW_COUNT objid:(int_teilvorgangid)
            attrid:(attridTeilvorgangEreignisse)

        FOR attrEreignisseIndex from:1 to:(count) by:1 {
            CC "Core" GET_REC_ATTR_ROW_ID objid:(int_teilvorgangid)
                attrid:(attridTeilvorgangEreignisse) index:(attrEreignisseIndex)
            CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(rowid) attrname:(("Ereignis"))

            #create new ereignis per rowid
            SETL name:(("Ereignis " + (val) + " " + (ereignisID) + "-" + STR i))
            CC "Core" CREATE_OBJ modelid:(nModelId) classid:(classidEreignis) objname:(name)
            SETL ereignisIDchild:(objid)
            CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(ereignisIDchild) attrid:(attridEreignisEreignis) val:(val)

            SET listCreatedEreignisse:(tokcat(listCreatedEreignisse,(STR ereignisIDchild)))

        #create connector from new ereignis to parent node
        CC "Core" CREATE_CONNECTOR modelid:(nModelId) fromobjid:(VAL ereignisID)
            toobjid:(ereignisIDchild) classid:(classidUebergang)
        SETL connectorId:(objid)
        IF ((int_startvorgang + createUnabhaengig) > 0) {
            CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(rowid) attrname:(("Wahrscheinlichkeit"))
            CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(connectorId)
                attrid:(attridUebergangWahrscheinlichkeit) val:(val)
        }
    }
}

SET str_createdEreignisse:(listCreatedEreignisse)
}

```

B.9. EQ_created.asc

```

CC "Core" GET_CLASS_ID classname:"Einheitsquadrat"
SETL classidEinheitsquadrat:(classid)

CC "Core" GET_ATTR_ID classid:(classidEinheitsquadrat) attrname:"Absolute Haeufigkeit"
SETL attridAbsoluteHaeufigkeit:(attrid)

CC "Core" GET_ATTR_ID classid:(classidEinheitsquadrat) attrname:"Relative Haeufigkeit"
SETL attridRelativeHaeufigkeit:(attrid)

SETL einheitsquadratNewId:(objid)

CC "Core" GET_REC_ATTR_ROW_COUNT objid:(einheitsquadratNewId)
attrid:(attridAbsoluteHaeufigkeit)
SET rowcount:(count)

IF (count = 0) {
    CC "Core" ADD_REC_ROW objid:(einheitsquadratNewId) attrid:(attridAbsoluteHaeufigkeit)
    SETL row1id:(rowid)
    CC "Core" ADD_REC_ROW objid:(einheitsquadratNewId) attrid:(attridAbsoluteHaeufigkeit)
    SETL row2id:(rowid)

    CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(row1id) attrname:"Auspraegung" val:("B1")
    CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(row2id) attrname:"Auspraegung" val:("B2")

    CC "Core" ADD_REC_ROW objid:(einheitsquadratNewId) attrid:(attridRelativeHaeufigkeit)
    SETL row1id:(rowid)
    CC "Core" ADD_REC_ROW objid:(einheitsquadratNewId) attrid:(attridRelativeHaeufigkeit)
    SETL row2id:(rowid)

    CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(row1id) attrname:"Auspraegung" val:("B1")
    CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(row2id) attrname:"Auspraegung" val:("B2")
}

```

B.10. structure_BD_horizontal_beneath_root.asc

```

# check for current model open and model type
SETL myObjid:(objidForOrdering)
CC "Modeling" GET_ACT_MODEL
IF (modelid = -1) {
    CC "AdoScript" INFOBOX ("Öffne ein Modell!")
    EXIT
}
SETL nModelId:(modelid)
SETL nodedistance:(4)

CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(myObjid) attrname:"(Position)"
SETL sPosition:(val)
SETL str_x:""
SETL str_y:""
PARSE_POSITION_INFO str_input:(sPosition) str_t:reference str_x:str_x str_y:str_y str_w:reference
str_h:reference str_other:reference
SETL rootx:(VAL str_x)
SETL rooty:(VAL str_y)
IF (type (rootx) = "undefined") {

SETL rootx:(CM 2)

}
IF (type (rooty) = "undefined") {

SETL rooty:(CM 0)

}

# get root element
CC "Core" UPDATE_EXPR_ATTRS modelid:(nModelId) synchronous:1
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(myObjid) attrname:"(Name)"
CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"(\\" + val + "\":\"Ereignis\")->>\\"Uebergang\")"
modelid:(nModelId)
#CC "AdoScript" INFOBOX (objids)
SETL treeObjids:(tokunion(objids,STR myObjid))

SETL nRootObjID:(myObjid)
# Remove all bendpoints from the model
CC "Core" GET_ALL_CONNECTORS modelid:(nModelId)
SETL lConnectorObjIDs:(objids)
FOR sConnectorID in:(lConnectorObjIDs) {
    CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(VAL sConnectorID) attrname:"(Positions)" val:"EDGE 0"
}

# get all instances of tree and find maximal level
CC "Core" GET_ALL_OBJS_OF_CLASSNAME modelid:(nModelId) classname:"Ereignis"
SETL lInstanceIDs:(tokisect(objids,treeObjids))
SETL nMaxLevel:0
FOR sInstanceID in:(lInstanceIDs) {
    SETL nInstanceID:(VAL sInstanceID)
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nInstanceID) attrname:"(Ebene)"
    SETL nCurrentLevel:(val)
}

```

```

IF (nMaxLevel < nCurrentLevel) {
    SETL nMaxLevel:(nCurrentLevel)
}
}

# put nodes on level layers (= x coordinate)
FOR nLevel from:(nMaxLevel) to:0 by:-1 {
    CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"(<"Ereignis">[?\"Ebene\"
modelid:(nModelId)
SETL lInstancesOnLevel:(tokisect(objids,treeObjIds))
SET cX:(nLevel*nodedistance)
SET cY:(CM nodedistance)
FOR sInstanceOnLevel in:(lInstancesOnLevel) {
    SETL nInstanceOnLevel:(VAL sInstanceOnLevel)
    CC "Modeling" SET_OBJ_POS objid:(nInstanceOnLevel) x:((CM cX)+rootx) y:(cY)
}
}

# tree traversal - post order

SETL INodeList:""
POST_ORDER_TRAVERSE nodeID:(nRootObjID) nodeList:INodeList

# put nodes on on x axis according to tree traversal
CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"(<"Ereignis">[?\"Ebene\"
modelid:(nModelId)
SETL numberLeafNodes:(tokcnt(tokisect(objids,treeObjIds)))
SETL processedLeafeNodes:0
IF ( (CMS rooty)-numberLeafNodes+1 >2) {
    SETL yDistance:((CMS rooty)-numberLeafNodes+1)
}
ELSE {
    SETL yDistance:2
}

FOR sNode in:(INodeList) {
    SET nNode:(VAL sNode)
    CC "Core" GET_OBJ_NAME objid:(nNode)
    SET sObjName:(objname)
    #CC "AdoScript" INFOBOX ("Layouting Model - Positioning node: " + sObjName)

    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nNode) attrname:"Position"
    SETL sPosition:(val)
    SETL str_x:""
    PARSE_POSITION_INFO str_input:(sPosition) str_t:reference str_x:str_x str_y:reference
    str_w:reference str_h:reference str_other:reference
    # reset position
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nNode) attrname:"Kindknoten"
    SETL nNumberOfChildren:(val)
    # pre-position leaf nodes
    IF (nNumberOfChildren = 0) {
        CC "Modeling" SET_OBJ_POS objid:(nNode) x:(CM str_x) y:((CM (2*processedLeafeNodes)+
        (CM yDistance))

        SETL processedLeafeNodes:(processedLeafeNodes+1)
    }
    #handle parents - center over child nodes
    ELSE {
        CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"(<"+sObjName+"\";\"Ereignis\"
modelid:(nModelId)
SETL lChildObjIDs:(objids)

```

B. AdoScript Code

```

SETL n_y_child_min:99999
SETL n_y_child_max:0
FOR sChildObjID in:(IChildObjIDs) {
    SETL nChildObjID:(VAL sChildObjID)
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nChildObjID) attrname:"Position"
    SETL sChildPosition:(val)
    SETL str_y_child:""
    PARSE_POSITION_INFO str_input:(sChildPosition) str_t:reference str_x:reference
    str_y:str_y_child str_w:reference str_h:reference str_other:reference
    SETL n_y_child:(CMS (VAL str_y_child))
    # find min x
    IF (n_y_child < n_y_child_min) {
        SETL n_y_child_min:(n_y_child)
    }
    # find max x
    IF (n_y_child > n_y_child_max) {
        SETL n_y_child_max:(n_y_child)
    }
}
SETL n_y_child:((n_y_child_min + n_y_child_max)/2)
CC "Modeling" SET_OBJ_POS objid:(nNode) x:(CM str_x) y:(CM n_y_child)
}

PROCEDURE global POST_ORDER_TRAVERSE nodeID:integer nodeList:reference {
    # get child nodes
    CC "Core" GET_OBJ_NAME objid:(nodeID)
    SET sObjName:(objname)
    CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"({""+sObjName+"\".\"Ereignis\\"->\\"Uebergang\\"})"
    modelid:(nModelId)
    SETL IChildren:(objids)
    FOR sChild in:(IChildren) {
        POST_ORDER_TRAVERSE nodeID:(VAL sChild) nodeList:nodeList
    }
    SETL nodeList:(tokunion(nodeList, STR nodeID))
}

#-----
PROCEDURE global PARSE_POSITION_INFO str_input:string
                str_t:reference
                str_x:reference
                str_y:reference
                str_w:reference
                str_h:reference
                str_other:reference
#-----
#  

# IN:  

# str_input [string] input position string  

# OUT:  

# str_t [string] term => e.g.'NODE'  

# str_x [string] x-pos => e.g.'x:2.63cm'  

# str_y [string] y-pos => e.g.'y:1.62cm'  

# str_w [string] width => e.g.'w:3.20cm'  

# str_h [string] height => e.g.'h:4.55cm'  

# str_o [string] other strings => e.g.'index:4'  

#-----  

# Description:

```

```

# =====
# This procedure takes the value of an ADOxx position attribute, parses it and
# returns the single parts (term, x-position, y-position, width, height, index, ...)
# in separat attributes.
#
# Examples for an input position string:
# SWIMLANE x:0.00cm y:5.50cm w:18.20cm h:4.50cm index:2
# NODE x:6.50cm y:6.29cm h:3.21cm index:8
#
{
  SETL str_t:""
  SETL str_x:"0cm"
  SETL str_y:"0cm"
  SETL str_w:""
  SETL str_h:""
  SETL str_other:""

  IF (str_input != "")
  {
    SETL n_idx:(1)
    FOR str_element in:(str_input)
    {
      #CC "AdoScript" INFOBOX (str_element + "\n" + copy (str_element, 0, 2))

      #
      # Term (first element, e.g.'NODE')
      #

      IF (n_idx = 1)
      {
        SETL str_t:(str_element)
      }
      #
      # X-Position
      #

      ELSIF (copy (str_element, 0, 2) = "x:")
      {
        SETL str_x:(copy (str_element, 2, -1))
      }
      #
      # Y-Position
      #

      ELSIF (copy (str_element, 0, 2) = "y:")
      {
        SETL str_y:(copy (str_element, 2, -1))
      }
      #
      # Width
      #

      ELSIF (copy (str_element, 0, 2) = "w:")
      {
        SETL str_w:(copy (str_element, 2, -1))
      }
      #
      # Height
      #

      ELSIF (copy (str_element, 0, 2) = "h:")
      {
        SETL str_h:(copy (str_element, 2, -1))
      }
    }
  }
}

```

```
#-----
# Other string
#-----
ELSE
{
    SETL str_other:(tokcat (str_other, str_element, " "))
}
SETL n_idx:(n_idx + 1)
}
}
```

B.11. structure_BD_vertical_beneath_root.asc

```

# structures tree right under the root node
# check for current model open and model type
SETL nRootObjID:(objidForOrdering)
CC "Modeling" GET_ACT_MODEL
IF (modelid = -1) {
    CC "AdoScript" INFOBOX ("Öffne ein Modell!")
    EXIT
}
SETL nModelId:(modelid)
SETL nodedistance:(4)

CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nRootObjID) attrname:"(Position)"
SETL sPosition:(val)
SETL str_x:""
SETL str_y:""
PARSE_POSITION_INFO str_input:(sPosition) str_t:reference str_x:str_x str_y:str_y str_w:reference
str_h:reference str_other:reference
SETL rootx:(VAL str_x)
SETL rooty:(VAL str_y)
IF (type (rootx) = "undefined") {

SETL rootx:(CM 0)

}
IF (type (rooty) = "undefined") {

SETL rooty:(CM 2)

}

# get root element
CC "Core" UPDATE_EXPR_ATTRS modelid:(nModelId) synchronous:1
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nRootObjID) attrname:"(Name)"
CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"(\\" + val + "\\":\"Ereignis\")->>\"Uebergang\")"
modelid:(nModelId)
#CC "AdoScript" INFOBOX (objids)
SETL treeObjIds:(tokunion(objids,STR nRootObjID))

# Remove all bendpoints from the model
CC "Core" GET_ALL_CONNECTORS modelid:(nModelId)
SETL IConnectorObjIDs:(objids)
FOR sConnectorID in:(IConnectorObjIDs) {
    CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(VAL sConnectorID) attrname:"(Positions)" val:"EDGE 0"
}

# get all instances of tree and find maximal level
CC "Core" GET_ALL_OBJS_OF_CLASSNAME modelid:(nModelId) classname:"Ereignis"
SETL lInstanceIDs:(tokisect(objids,treeObjIds))
SETL nMaxLevel:0
FOR sInstanceID in:(lInstanceIDs) {
    SETL nInstanceID:(VAL sInstanceID)
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nInstanceID) attrname:"(Ebene)"
    SETL nCurrentLevel:(val)
    IF (nMaxLevel < nCurrentLevel) {

```

B. AdoScript Code

```

        SETL nMaxLevel:(nCurrentLevel)
    }
}

# put nodes on level layers (= y coordinate)
FOR nLevel from:(nMaxLevel) to:0 by:-1 {
    CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"(<"Ereignis\>[?\\"Ebene\\" = "+STR (nLevel)+"])"
    modelid:(nModelId)
    SETL lInstancesOnLevel:(tokisect(objids,treeObjIds))
    SET cX:((CM nodedistance))
    SET cY:(nLevel*nodedistance)
    FOR sInstanceOnLevel in:(lInstancesOnLevel) {
        SETL nInstanceOnLevel:(VAL sInstanceOnLevel)
        CC "Modeling" SET_OBJ_POS objid:(nInstanceOnLevel) x:(cX) y:((CM cY)+(rooty))
    }
}
# tree traversal - post order

SETL INodeList:""
POST_ORDER_TRAVERSE nodeID:(nRootObjID) nodeList:INodeList

# put nodes on on x axis according to tree traversal
CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"(<"Ereignis\>[?\\"Ebene\\" = "+STR (nMaxLevel)+"])"
modelid:(nModelId)
SETL numberLeafNodes:(tokcnt(tokisect(objids,treeObjIds)))
SETL processedLeafeNodes:0
IF ( (CMS rootx)-numberLeafNodes+1 >2) {
    SETL xDistance:((CMS rootx)-numberLeafNodes+1)
}
ELSE {
    SETL xDistance:2
}

FOR sNode in:(INodeList) {
    SET nNode:(VAL sNode)
    CC "Core" GET_OBJ_NAME objid:(nNode)
    SET sObjName:(objname)

    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nNode) attrname:"Position"
    SETL sPosition:(val)
    SETL str_y:""
    PARSE_POSITION_INFO str_input:(sPosition) str_t:reference str_x:reference str_y:str_y
    str_w:reference str_h:reference str_other:reference
    # reset position
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nNode) attrname:"Kindknoten"
    SETL nNumberOfChildren:(val)
    # pre-position leaf nodes
    IF (nNumberOfChildren = 0) {
        CC "Modeling" SET_OBJ_POS objid:(nNode) x:((CM (2*processedLeafeNodes))+(CM xDistance))
        y:(CM str_y)
        SETL processedLeafeNodes:(processedLeafeNodes+1)
    }
    #handle parents - center over child nodes
    ELSE {
        CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"({"""+sObjName+"\"}->\\"Uebergang\\")"
        modelid:(nModelId)
        SETL IChildObjIDs:(objids)
        SETL n_x_child_min:99999
        SETL n_x_child_max:0
        FOR sChildObjID in:(IChildObjIDs) {

```

```

SETL nChildObjID:(VAL sChildObjID)
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nChildObjID) attrname:"Position"
SETL sChildPosition:(val)
SETL str_x_child:""
PARSE_POSITION_INFO str_input:(sChildPosition) str_t:reference str_x:str_x_child
str_y:reference str_w:reference str_h:reference str_other:reference
SETL n_x_child:(CMS (VAL str_x_child))
# find min x
IF (n_x_child < n_x_child_min) {
    SETL n_x_child_min:(n_x_child)
}
# find max x
IF (n_x_child > n_x_child_max) {
    SETL n_x_child_max:(n_x_child)
}
SETL n_x_child:((n_x_child_min + n_x_child_max)/2)
CC "Modeling" SET_OBJ_POS objid:(nNode) x:(CM n_x_child) y:(CM str_y)
}

PROCEDURE global POST_ORDER_TRAVERSE nodeID:integer nodeList:reference {
# get child nodes
CC "Core" GET_OBJ_NAME objid:(nodeID)
SET sObjName:(objname)
CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"(\\""+sObjName+"\\"~":"Ereignis\")->\\"Uebergang\")"
modelid:(nModelId)
SETL IChildren:(objids)
FOR sChild in:(IChildren) {
    POST_ORDER_TRAVERSE nodeID:(VAL sChild) nodeList:nodelist
}
SETL nodeList:(tokunion(nodeList, STR nodeID))
}

#-----
PROCEDURE global PARSE_POSITION_INFO str_input:string
                str_t:reference
                str_x:reference
                str_y:reference
                str_w:reference
                str_h:reference
                str_other:reference
#-----
# New version.
#
# IN:
# str_input [string] input position string
# OUT:
# str_t      [string] term      => e.g.'NODE'
# str_x      [string] x-pos     => e.g.'x:2.63cm'
# str_y      [string] y-pos     => e.g.'y:1.62cm'
# str_w      [string] width     => e.g.'w:3.20cm'
# str_h      [string] height    => e.g.'h:4.55cm'
# str_o      [string] other strings => e.g.'index:4'
#-----
# Description:
# =====
# This procedure takes the value of an ADONIS position attribute, parses it and

```

B. AdoScript Code

```
# returns the single parts (term, x-position, y-position, width, height, index, ...)  
# in separat attributes.  
#  
# Examples for an input position string:  
# SWIMLANE x:0.00cm y:5.50cm w:18.20cm h:4.50cm index:2  
# NODE x:6.50cm y:6.29cm h:3.21cm index:8  
#-----  
{  
    SETL str_t:("")  
    SETL str_x:("0cm")  
    SETL str_y:("0cm")  
    SETL str_w:("")  
    SETL str_h:("")  
    SETL str_other:("")  
  
    IF (str_input != "")  
    {  
  
        SETL n_idx:(1)  
        FOR str_element in:(str_input)  
        {  
            #CC "AdoScript" INFOBOX (str_element + "\n" + copy (str_element, 0, 2))  
  
            #-----  
            # Term (first element, e.g.'NODE')  
            #-----  
            IF (n_idx = 1)  
            {  
                SETL str_t:(str_element)  
            }  
            #-----  
            # X-Position  
            #-----  
            ELSIF (copy (str_element, 0, 2) = "x:")  
            {  
                SETL str_x:(copy (str_element, 2, -1))  
            }  
            #-----  
            # Y-Position  
            #-----  
            ELSIF (copy (str_element, 0, 2) = "y:")  
            {  
                SETL str_y:(copy (str_element, 2, -1))  
            }  
            #-----  
            # Width  
            #-----  
            ELSIF (copy (str_element, 0, 2) = "w:")  
            {  
                SETL str_w:(copy (str_element, 2, -1))  
            }  
            #-----  
            # Height  
            #-----  
            ELSIF (copy (str_element, 0, 2) = "h:")  
            {  
                SETL str_h:(copy (str_element, 2, -1))  
            }  
            #-----
```

```
# Other string
#-----
ELSE
{
    SETL str_other:(tokcat (str_other, str_element, " "))
}
SETL n_idx:(n_idx + 1)
}
}
```

B.12. structure_BD_vertical_right_modelingarea.asc

```
# shifts tree to right of modeling area
# check for current model open and model type

SETL nRootObjID:(objidForOrdering)
CC "Modeling" GET_ACT_MODEL
IF (modelid = -1) {
    CC "AdoScript" INFOBOX ("Öffne ein Modell!")
    EXIT
}
SETL nModelId:(modelid)
SETL nodedistance:(4)

CC "Modeling" SET_DRAWING_AREA_SIZE w:5cm h:5cm

CC "Modeling" GET_DRAWING_AREA_SIZE modelid:(modelid)
SET rootXCoord:(w)
SETL rootx:(rootXCoord)
SETL rooty:(rootYCoord)
IF (type (rootx) = "undefined") {

    SETL rootx:(CM 0)

}
IF (type (rooty) = "undefined") {

    SETL rooty:(CM 0)

}

# get root element
CC "Core" UPDATE_EXPR_ATTRS modelid:(nModelId) synchronous:1
CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nRootObjID) attrname:"Name"
CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"(\\" + val + "\\\"Ereignis\\")->>\\\"Uebergang\\\")"
modelid:(nModelId)
SETL treeObjIds:(tokunion(objids,STR nRootObjID))

# Remove all bendpoints from the model
CC "Core" GET_ALL_CONNECTORS modelid:(nModelId)
SETL IConnectorObjIDs:(objids)
FOR sConnectorID in:(IConnectorObjIDs) {
    CC "Core" SET_ATTR_VAL objid:(VAL sConnectorID) attrname:"Positions" val:"EDGE 0"
}

# get all instances and find level
CC "Core" GET_ALL_OBJS_OF_CLASSNAME modelid:(nModelId) classname:"Ereignis"
SETL lInstanceIDs:(tokiset(treeObjIds,objids))
SETL nMaxLevel:0
FOR sInstanceID in:(lInstanceIDs) {
    SETL nInstanceID:(VAL sInstanceID)
    CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nInstanceID) attrname:"Ebene"
    SETL nCurrentLevel:(val)
    IF (nMaxLevel < nCurrentLevel) {
        SETL nMaxLevel:(nCurrentLevel)
    }
}
```

```

}

# put nodes on level layers (= y coordinate)
FOR nLevel from:(nMaxLevel) to:0 by:-1 {
  CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"(<"Ereignis">[?\"Ebene\" = "+STR (nLevel)+"])"
  modelid:(nModelId)
  SETL lInstancesOnLevel:(tokisect(treeObjIds,objids))
  SET cX:((CM nodedistance)+(rootx))
  SET cY:(nLevel*nodedistance +2)
  FOR sInstanceOnLevel in:(lInstancesOnLevel) {
    SETL nInstanceOnLevel:(VAL sInstanceOnLevel)
    CC "Modeling" SET_OBJ_POS objid:(nInstanceOnLevel) x:(cX) y:((CM cY)+(rooty))
    #SET cX:(cX +3)
  }
}
# tree traversal - post order

SETL INodeList:""
#CC "AdoScript" MSGWIN "Layouting Model - Post Order Tree Traversal"
POST_ORDER_TRAVERSE nodeID:(nRootObjID) nodeList:INodeList

# put nodes on on x axis according to tree traversal
SETL nCounter:0
FOR sNode in:(INodeList) {
  SETL nCounter:(nCounter +1)
  SET nNode:(VAL sNode)
  CC "Core" GET_OBJ_NAME objid:(nNode)
  SET sObjName:(objname)
  #CC "AdoScript" MSGWIN ("Layouting Model - Positioning node: " + sObjName)

  CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nNode) attrname:"Position"
  SETL sPosition:(val)
  SETL str_y:""
  PARSE_POSITION_INFO str_input:(sPosition) str_t:reference str_x:reference str_y:str_y
  str_w:reference str_h:reference str_other:reference
  # reset position
  CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nNode) attrname:"Kindknoten"
  SETL nNumberOfChildren:(val)
  # pre-position all nodes
  CC "Modeling" SET_OBJ_POS objid:(nNode) x:((CM (2*nCounter)+(rootx)) y:(CM str_y)
  IF (nNumberOfChildren = 0) {
    # do nothing
  }
  #handle parents
  ELSE {
    # query for children
    CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"({"""+sObjName+"\"}->\\"Uebergang\")"
    modelid:(nModelId)
    # single child
    IF (nNumberOfChildren = 1) {
      SETL nChildObjID:(VAL objids)
      CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nChildObjID) attrname:"Position"
      SETL sChildPosition:(val)
      SETL str_x_child:""
      PARSE_POSITION_INFO str_input:(sChildPosition) str_t:reference str_x:str_x_child
      str_y:reference str_w:reference str_h:reference str_other:reference
      CC "Modeling" SET_OBJ_POS objid:(nNode) x:(CM str_x_child) y:(CM str_y)
    }
    # multiple children
  }
}

```

B. AdoScript Code

```

ELSE {
    SETL IChildObjIDs:(objids)
    SETL n_x_child_min:99999
    SETL n_x_child_max:0
    FOR sChildObjID in:(IChildObjIDs) {
        SETL nChildObjID:(VAL sChildObjID)
        CC "Core" GET_ATTR_VAL objid:(nChildObjID) attrname:"Position"
        SETL sChildPosition:(val)
        SETL str_x_child:""
        PARSE_POSITION_INFO str_input:(sChildPosition) str_t:reference str_x:str_x_child
        str_y:reference str_w:reference str_h:reference str_other:reference
        SETL n_x_child:(CMS (VAL str_x_child))
        # find min x
        IF (n_x_child < n_x_child_min) {
            SETL n_x_child_min:(n_x_child)
        }
        # find max x
        IF (n_x_child > n_x_child_max) {
            SETL n_x_child_max:(n_x_child)
        }
    }

    SETL n_x_child:((n_x_child_min + n_x_child_max)/2)
    CC "Modeling" SET_OBJ_POS objid:(nNode) x:(CM n_x_child) y:(CM str_y)
}
}

PROCEDURE global POST_ORDER_TRAVERSE nodeID:integer nodeList:reference {
    # get child nodes
    CC "Core" GET_OBJ_NAME objid:(nodeID)
    SET sObjName:(objname)
    CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr:"({}"+sObjName+"\"\\\"Ereignis\\\"}->\\\"Uebergang\\\")"
    modelid:(nModelId)
    SETL IChildren:(objids)
    FOR sChild in:(IChildren) {
        POST_ORDER_TRAVERSE nodeID:(VAL sChild) nodeList:nodeList
    }
    SETL nodeList:(tokunion(nodeList, STR nodeID))
}

#-----
PROCEDURE global PARSE_POSITION_INFO str_input:string
                str_t:reference
                str_x:reference
                str_y:reference
                str_w:reference
                str_h:reference
                str_other:reference
#-----
# New version.
#
# IN:
# str_input [string] input position string
# OUT:
# str_t      [string] term      => e.g.'NODE'

```

```

# str_x      [string] x-pos      => e.g.'x:2.63cm'
# str_y      [string] y-pos      => e.g.'y:1.62cm'
# str_w      [string] width      => e.g.'w:3.20cm'
# str_h      [string] height     => e.g.'h:4.55cm'
# str_o      [string] other strings => e.g.'index:4'
#-----
# Description:
# =====
# This procedure takes the value of an ADONIS position attribute, parses it and
# returns the single parts (term, x-position, y-position, width, height, index, ...)
# in separat attributes.
#
# Examples for an input position string:
# SWIMLANE x:0.00cm y:5.50cm w:18.20cm h:4.50cm index:2
# NODE x:6.50cm y:6.29cm h:3.21cm index:8
#-----
{
  SETL str_t:""
  SETL str_x:"0cm"
  SETL str_y:"0cm"
  SETL str_w:""
  SETL str_h:""
  SETL str_other:""

  IF (str_input != "")
  {

    SETL n_idx:(1)
    FOR str_element in:(str_input)
    {
      #CC "AdoScript" INFOBOX (str_element + "\n" + copy (str_element, 0, 2))

      #-----
      # Term (first element, e.g.'NODE')
      #
      IF (n_idx = 1)
      {
        SETL str_t:(str_element)
      }
      #-----
      # X-Position
      #
      ELSIF (copy (str_element, 0, 2) = "x:")
      {
        SETL str_x:(copy (str_element, 2, -1))
      }
      #-----
      # Y-Position
      #
      ELSIF (copy (str_element, 0, 2) = "y:")
      {
        SETL str_y:(copy (str_element, 2, -1))
      }
      #-----
      # Width
      #
      ELSIF (copy (str_element, 0, 2) = "w:")
      {
        SETL str_w:(copy (str_element, 2, -1))
      }
    }
  }
}

```

```
}

#-----
# Height
#-----
ELSIF (copy (str_element, 0, 2) = "h:")
{
    SETL str_h:(copy (str_element, 2, -1))
}
#-----
# Other string
#-----
ELSE
{
    SETL str_other:(tokcat (str_other, str_element, " "))
}
SETL n_idx:(n_idx + 1)
}

}
```

B.13. tree_structurecheck.asc

```

SETL connectorId:(objid)
SETL connectorToObj:(toobjid)
SETL connectorFromObj:(fromobjid)

CC "Core" GET_OBJ_NAME objid:(connectorToObj)
SETL fromObjName:(objname)
CC "Core" GET_OBJ_NAME objid:(connectorToObj)
SETL toObjName:(objname)

SET aqlCode:(("{}" + (fromObjName) + "\":\"Ereignis\")<<\"Uebergang\"")
CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr: (aqlCode) modelid: (modelid)
SETL resultList:(objids)

IF (tokcnt(tokisect(resultList, (STR connectorToObj))) > 0) {
    CC "Core" DELETE_CONNECTOR modelid:(modelid) objid:(connectorId)
}

SET aqlCode:(("{}" + (toObjName) + "\":\"Ereignis\")<-\"Uebergang\"")
CC "AQL" EVAL_AQL_EXPRESSION expr: (aqlCode) modelid: (modelid)
SETL resultList:(objids)

IF (tokcnt(tokdiff(resultList, STR connectorFromObj)) > 0) {
    CC "Core" DELETE_CONNECTOR modelid:(modelid) objid:(connectorId)
}

```