

Leserbriefe

Einige Leser der Ausgabe 27/3 von Stochastik in der Schule haben sich an die Herausgeberin des Heftes gewendet mit der Bitte, Auskunft über die im Heft 27/3 beschriebenen Unterrichtsmaterialien (insbesondere die Magnetplättchen im Artikel von Weustenfeld) sowie über die Software Tinkerplots zu erhalten.

Zu den Magnetplättchen: Diese wurden gebastelt. Über die kommerziellen Bestellskataloge für Unterrichtsmaterialien in der Grundschule kann man Magnetplatten kaufen; die kleinen Quadrate werden da-

von Jan K. Woike, Lausanne

Das Heft 27/3 von Stochastik in der Schule ist zum einen interessant weil es helfen kann, das Konzept der ökologischen Rationalität in der stochastischen Bildung von Grundschulkindern zu verankern. Die „natürlichen Häufigkeiten“ können mit Hilfe dieser Materialien als Schnittstelle zwischen Empirie und probabilistischer Inferenz gesehen werden, was mit einer frequentistisch-Bayesianischen Haltung vereinbar ist. Zum anderen ist die haptische und visuelle Erfahrbarkeit statistischer Konzepte vor allem (aber nicht nur) für diese Altersgruppe hervorragend geeignet zur Vermeidung von unnötigen Denkblockaden, die sich auch noch bei Studierenden (vielleicht auch bei Lehrerinnen und Lehrern) bei der Konfrontation mit vermeintlich abstrakten Lehrinhalten einstellen. Exemplarisch können hier etwa konkrete, analoge Repräsentationen (Steckwürfel) genannt werden, die den Konstruktionsprozess, der in die Erstellung von statistischen Diagrammen einfließt, enaktiv erfahrbar macht. Auch das Konzept der Software „Tinkerplots“ hat mich überzeugt, weil durch Bewegung und den Einsatz von Farben auf die Lebendigkeit der Beziehung zwischen empirischem und numerischem Relativ fokussiert werden kann, und erneut nicht die statistische Repräsentation als ursprungslos wahrgenommen und mit einer für den Lernerfolg unglücklichen Autorität ausgestattet wird. In beiden Fällen ergeben sich Darstellungen und Statistiken sichtbar als Ergebnisse von Handlungen und Entscheidungen, und sie werden damit als kontrollierbar und einsichtig erlebt. Die Präsentation in den Artikeln des Heftes ermöglicht die Einbettung der Inhalte in den Unterricht, da auch dem Lehrenden Hilfsmaterial an die Hand gegeben wird. Die Filme auf der zu „Tinkerplots“ genannten Webseite fand ich äußerst vielversprechend, für die Verbreitung im deutschsprachigen

raus geschnitten und mit weißen Augen beklebt. Zu Tinkerplots: Es gibt noch keine deutsche Version von dieser Software. Sie ist zwar geplant, aber es wird geschätzt, dass sie erst im Jahre 2010 auf dem Markt erscheinen wird.

Zwei längere Leserbriefe mit Kommentaren zu zwei Artikeln aus Heft 27/3 wurden von einem Leser aus Lausanne und einem Leser aus Barsinghausen eingereicht. Diese Leserbriefe werden in ihrer Gesamtheit hier wiedergegeben. Die Herausgeberin und zwei Autoren von Heft 27/3 nehmen Stellung dazu.

Raum wäre eine deutsche Version sehr zu begrüßen (gibt es eine solche bereits?). Ich habe mich über das anregende und vielseitige Heft sehr gefreut und möchte dem Anliegen, Grundlagen des statistischen Denkens bereits auf der Ebene der Grundschule in den Unterricht aufzunehmen, viel Erfolg wünschen.

Anschrift des Verfassers

Dr. Jan Kristian Woike
Quartier UNIL-Dorigny
Bâtiment Internef
CH-1015 Lausanne
JanKristian.Woike@unil.ch

von Gerd Riehl, Barsinghausen

Es ist sehr zu begrüßen, dass Stochastik in der Schule ein ganzes Heft mit vielfältigen Beiträgen der Grundschul-Stochastik gewidmet hat. Zu der dadurch angeregten Diskussion möchte ich einige Gedanken beisteuern; alle Seitenangaben beziehen sich auf Heft 3 von Band 27 (2007).

Schon Grundschüler kindgerecht an stochastische Situationen heranzuführen, ist sicher auch im Sinne der weiterführenden Schulen, die dann auf ersten elementaren stochastischen Erfahrungen und qualitativen Wahrscheinlichkeitsvorstellungen aufbauen können. Als Ziel für die Grundschule nennen Martignon und Krauss (Seite 17), „Kindern einen guten Umgang mit den Relationen ‚wahrscheinlicher als‘ und ‚gleichwahrscheinlich zu‘ zu vermitteln“. Sie erstreben dabei „noch zu verfestigende Intuitionen, die später, graduell und modellhaft ein solides Fundament bekommen“. Diese sehr allgemeinen Zielsetzungen möchte ich im Hinblick auf drei Aspekte konkretisieren, die ich in den folgenden Abschnitten näher erläutern werde, wobei ich mich auf verschiedene Beiträge des genannten Heftes beziehe:

- begrifflich deutliche Unterscheidung zwischen Empirie (Beschreibende Statistik) und Theorie (Wahrscheinlichkeitsrechnung),
- Vermeidung von Fehlvorstellungen,
- Entwicklung von Lösungsstrategien.

Drei Arten von Häufigkeit?

Inhalte und Begriffe der Beschreibenden Statistik und der Wahrscheinlichkeitsrechnung deutlich zu unterscheiden, ist sicher eine zentrale Aufgabe des Stochastikunterrichts. Dies ist umso wichtiger als Begriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie häufig in Analogie zu solchen der empirischen Statistik definiert werden, man denke beispielsweise an das Begriffspaar Mittelwert - Erwartungswert oder die empirische und theoretische Varianz. Eine solche Ähnlichkeit in der Bezeichnung liegt auch bei absoluter und relativer Häufigkeit vor, in DIN 13303 wird daher auch für erstere der Begriff Besetzungszahl empfohlen; dann wird Häufigkeit (ohne das Attribut relativ) schlicht zum Analogon von Wahrscheinlichkeit.

Auch wenn man der Empfehlung nicht folgt und weiter absolute und relative Häufigkeit verwendet, bleibt ihr Charakter als Begriffe zur Beschreibung empirisch gewonnener Größen bestehen. Für den neu in die didaktische Diskussion eingebrachten Begriff der natürlichen Häufigkeiten gilt dies allerdings nicht. Wie aus der Erläuterung von Martignon und Krauss (Seite 18f.) hervorgeht, handelt es sich dabei um einen theoretischen Begriff. Die wenig intuitive Bayes-Formel umgeht man, indem „alle vorhandenen Wahrscheinlichkeiten in natürliche Häufigkeiten ‚übersetzt‘ (werden)“. Anders gesagt bedeutet diese „Heuristik der Übersetzung“, dass man Erwartungswerte für die Besetzungszahlen der verschiedenen Kategorien berechnet (z. B. in einer Vierfeldertafel); den Stichprobenumfang wählt man dabei so, dass diese Erwartungswerte nach Möglichkeit natürliche Zahlen sind.

Am theoretischen Charakter des Begriffs ändert sich im Übrigen auch dadurch nichts, dass man die Wahrscheinlichkeiten, die der „Übersetzung“ zu Grunde liegen, durch Schätzung aus empirisch ermittelten Häufigkeiten gewonnen hat. Ohne das zweifellos sehr hilfreiche Konzept in Frage stellen zu wollen, halte ich die Bezeichnung „natürliche Häufigkeit“ für unglücklich gewählt. Obgleich man den Begriff vorwiegend in der didaktischen Literatur verwendet, kann dies doch unerwünschte Folgen für den Unterricht haben, wie ein Beispiel im folgenden Abschnitt zeigt.

Fehlvorstellungen vermeiden!

Die eingangs erwähnten Zielsetzungen bedeuten auch, dass die Grundschul-Stochastik – wie jeder Mathematikunterricht – darauf bedacht sein muss, die Entwicklung von Fehlvorstellungen bei den Kindern zu vermeiden. Unbedachte, vermeintlich kindgerechte Sprechweisen können die Ursache für Verwirrung und Probleme bei den Schülern sein, wenn später Korrekturen notwendig werden.

Genau diese Gefahr besteht, wenn man die Begriffe Häufigkeit und Häufigkeitsverteilung in dem Sinne gebraucht, wie es Weustenfeld durchgängig in seinem Beitrag (S. 2ff.) tut.

So steht in Abb. 8 (Seite 9): „Merke: Die Anzahl der Möglichkeiten, wie man eine Augensumme würfeln kann, nennt man die Häufigkeit der Augensumme.“ Dies ist eine offenbar vom Begriff der natürlichen Häufigkeit beeinflusste Definition, die aber ohne die Angabe aller Möglichkeiten als Bezugsgröße (wie „1 von 36“) unbrauchbar ist. Abzulehnen ist die Definition aber vor allem, weil sie zum üblichen Gebrauch von „Häufigkeit“ als einer empirischen Größe im Widerspruch steht, während hier doch die erwartete Besetzungszahl einer Augensumme in 36 Würfeln zweier Würfel gemeint ist, also eine theoretische Größe der Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Im Übrigen besteht im Kontext des Artikels gar kein Bedarf für eine explizite Begriffsbildung, die Formulierung „Anzahl der Möglichkeiten“ ist für die Kinder wohl unmittelbar verständlich. Ein anderer Punkt, der zwar nicht falsche, aber doch unvollständige Vorstellungen vom Begriff der Wahrscheinlichkeit betrifft, ist die Fixierung auf das Modell der Laplace-Wahrscheinlichkeit. Auch hinter jedem Urnenexperiment steht letztendlich immer dieses Modell, da man für die einzelnen Individuen des Urneninhalts (Kugeln, Steckwürfel, Karten) annimmt, dass jedes mit derselben Wahrscheinlichkeit gezogen werden kann.

Da die Annahme der Gleichwahrscheinlichkeit nun aber in vielen realen Situationen unzutreffend ist (z. B. Verhältnis der Geschlechter, Anteil der Mehrlingsgeburten, Verteilung der Blutgruppen), sollten entsprechende Beispiele auch modellhaft im Unterricht vorkommen. Gut geeignet sind die gezinkten Würfel, die Martignon und Krauss (Seite 20) empfehlen. Andere Zufallsgeräte dieser Art könnten Reißzwecken, verbogene Münzen, Legosteine oder zylindrische „Würfel“ sein.

Strategien entwickeln!

Ich komme noch einmal auf die Unterrichtsreihe von Weustenfeld zurück, und zwar auf Abb. 1 (Seite 4), die nach dem oben Gesagten übrigens nicht eine Häufigkeitsverteilung im üblichen Sinn darstellt. Es fällt auf, dass das wiedergegebene Säulendiagramm, abgesehen von der bedeutsamen Anordnung „blau vor rot“, keine Systematik zeigt. Die Zerlegungen der Augensummen sind von den Schülergruppen also wohl eher zufällig gefunden worden. Leider fehlen in dem Beitrag Aussagen zu der Frage, ob und wie die Vollständigkeit des Diagramms überprüft und abgesichert wurde. Will man die Kinder auch an diese wichtige, weil typisch mathematische Frage heranführen, so stellt sich die Frage nach einer anderen Reihenfolge der Unterrichtsreihe als bei Weustenfeld. Er nennt die Gelegenheit für ein Aha-Erlebnis beim Vergleich des Säulendiagramms mit den im Spiel gemachten Erfahrungen als ein Hauptargument für seinen Weg. Dabei bleibt allerdings offen, wie die am Anfang stehende Erarbeitung des Diagramms motiviert werden soll.

Bildet dagegen das motivierende Spiel den ersten Schritt, dann können die Kinder aus vielen Spielen die Erfahrung gewinnen, dass kleine oder große Augensummen selten auftreten, mittlere dagegen häufig (im Sinne der Beschreibenden Statistik!). Auf ganz natürliche Weise ergibt sich aus dieser Erfahrung eine korrekte Vorstellung von der Relation „wahrscheinlicher als“. Zur Beantwortung der Frage nach dem Warum kann man dann Strategien zur Visualisierung entwickeln wie ein Baumdiagramm oder das in Abb. 3 wiedergegebene Schema.

Benutzt man derartige Veranschaulichungen, dann stellt sich die Frage nach der Vertauschbarkeit von unterschiedlichen Summanden, die Weustenfeld als Problem anspricht (Seite 5), überhaupt nicht. Übrigens bietet auch dieser Weg die Gelegenheit zu einem Aha-Erlebnis, wenn die Kinder nämlich entdecken, dass in allen Kombinationen in der Nebendiagonale des Rechteck-Schemas (wie auch in deren Parallelen) gleiche Augensummen stehen. So wird der Zusammenhang von „mehr mögliche Kombinationen“ und der zu Beginn spielerisch gewonnenen Erfahrung „wahrscheinlicher als“ in der Visualisierung augenfällig.

Die Änderung des Ablaufs hat noch einen anderen nicht zu unterschätzenden Vorteil. Durch die systematische Konstruktion aller Möglichkeiten werden die Augensummen erst als Kombinationen aus ihren Summanden erzeugt. Bei Weustenfeld müssen dagegen zunächst die möglichen Summen bestimmt und dann ihre Zerlegungen gefunden werden.

Wie an vielen Stellen der Beiträge erkennbar wird, steht die Entwicklung der Grundschul-Stochastik noch am Anfang. So möchten Martignon und Krauss ihre Leser dazu animieren, „noch weitere Ideen zur Vermittlung stochastischer Elemente in der Grundschule zusammenzutragen“ (Seite 26).

Meine Anregungen basieren auf Erfahrungen im gymnasialen Stochastikunterricht. Inwieweit in der Grundschule die konkreten Vorschläge umsetzbar sind, kann ich nicht beurteilen, dies müsste durch Unterrichtsversuche geklärt werden. Wichtiger ist mir, dass die dahinter stehenden Ideen, die an den Vorschlägen illustriert werden sollten, schon in der Grundschule in kindgemäßer Form Eingang finden. Dadurch kann im Sinne der eingangs genannten Zielsetzungen eine solide Basis für einen erfolgreichen Stochastikunterricht auch an den weiterführenden Schulen gelegt werden.

Anschrift des Verfassers

Gerd Riehl
Obere Mark 6
30890 Barsinghausen
Elfriede.Riehl@t-online.de

Stellungnahme von Laura Martignon, Wolfram Weustenfeld und Stefan Krauss

Die „natürlichen“ Häufigkeiten sind eine Komponente des Programms, das innerhalb der kognitiven Psychologie unter dem Namen „Ökologische Rationalität“ bekannt ist und das innerhalb der Gruppe ABC (Adaptive Behavior and Cognition am MPI für Bildungsforschung, Berlin) initiiert wurde. Es handelt sich bei der „Ökologischen Rationalität“ um eine Synthese (im Hegelschen Sinne) zweier historisch entgegengesetzter Richtungen in der Rationalitätsdebatte. Diese zwei Richtungen sind einerseits die durch logisches und probabilistisches Schlussfolgern dominierte („klassische“) Rationalität, die von den Aufklärern (Laplace, Bernoulli) postuliert wurde, und die entgegen gesetzte These der Kognitionspsychologen des Programms „Heuristics and Biases“ (Tversky, Kahneman), die, anhand von groß angelegten Experimenten zu dem Schluss kamen, das menschliche Gehirn sei gar nicht dazu „verdrahtet“, auf konsistente Weise logisch und probabilistisch zu denken (für eine Zusammenfassung dieses Programms siehe z. B. den berühmten Science-Artikel von Kahneman & Tversky, 1974). Das als Reaktion zur Spannung zwischen diesen beiden Richtungen entstandene Programm der ökologischen Rationalität

lität sieht menschliches Schlussfolgern als Resultat der Anpassung (sowohl im evolutionären als auch im ontogenetischen Sinn) zwischen dem menschlichen Gehirn und seiner Umgebung. Schlussfolgern wird als ein adaptiver Prozess gesehen, der von der Interaktion zwischen Kontexten und Repräsentationsformaten einerseits und der schlussfolgernden Person andererseits bestimmt wird. Vereinfacht und plakativ ausgedrückt: So wie ein Neonlicht die Wahrnehmung von Farben verzerrt, so können auch ungewohnte Repräsentationsformate wie die modernen Kolmogorov Wahrscheinlichkeiten probabilistisches Schlussfolgern verzerren, obschon Menschen sehr wohl in der Lage sind, probabilistisch zu denken, wenn die Informationsformate als „natürlich“ erlebt werden. Was nun „natürliche Formate“ für das probabilistische Schlussfolgern von Menschen sind, kann uns eher die kognitive Psychologie vermitteln als die Geschichte der Wahrscheinlichkeitsrechnung, weil letztere sich durch einen Verdrängungsprozess in ihrer Genese eher implizit entwickelt hat (Hacking, 1975). Dass die so genannten „natürlichen Häufigkeiten“ tatsächlich „natürlich“ sind, im Sinne einer Adaption zwischen unserem Gehirn und ihrem Format, scheint kognitionspsychologisch gänzlich geklärt zu sein. Zahlreiche Studien belegen, dass Häufigkeiten (von Ereignissen, Objekten etc.) automatisch enkodiert, verarbeitet und erinnert werden, und zwar ohne nennenswerte Gefahr von Interferenzen mit anderen kognitiven Prozessen, die eventuell parallel ablaufen („automatic frequency processing“, Hasher & Zacks, 1984). Es gibt sogar Experimente, die zeigen, dass gewisse ikonische Repräsentationsformate das gute Schlussfolgern deutlich stärker als andere fördern. Mitglieder der Gruppe ABC haben zum Beispiel analysiert, warum analoge ikonische Repräsentationsformate das gute Schlussfolgern auch im Kontext der medizinischen Entscheidungsfindung fördern. Der Einfluss der Resultate der Gruppe ABC in der Öffentlichkeit ist derzeit so groß, dass inzwischen auch Informationen und Broschüren in natürlichen Formaten präsentiert werden (Kurz-Milcke, Gigerenzer & Martignon, 2008; für weitere Belege der Verbreitung dieser Ideen siehe auch Wassner & Krauss, im Druck).

Seit ca. 10 Jahren bemüht sich ABC, die Ideen der Ökologischen Rationalität auch in die Schule zu bringen (z. B. über die Zeitschrift *Stochastik* in der Schule). Das didaktische Postulat der Ökologischen Rationalität, kombiniert mit dem E.I.S (Enaktiv-Ikonisch-Symbolisch) Prinzip von Bruner und der Empfehlung von Elsbeth Stern durch adäquate Formate auch Proportionen bereits in der Grundschule zu behandeln, kann man vielleicht so zusammenfas-

sen: Die natürlichen Repräsentationsformate und die natürlichen Kontexte sollen als erste Schritte bereits in der Grundschule initiiert werden, damit später der Weg zu den normativ etablierten Kontexten und Formaten als organische Entwicklung erlebt werden kann. Diese Haltung wird von Woike entschieden geteilt. Im Artikel von Martignon und Krauss (SiS, Heft 27/3) z. B. werden sehr junge Kinder an stochastische Konzepte (z.B. Häufigkeitsverteilung) durch „greifbare“ und „erfahrbare“ Materialien herangeführt. Es wird z.B. beschrieben, wie sie anhand von Steckwürfeln durch die „natürlichen“ Operationen Kategorisieren, Zählen und Vergleichen ein erstes Gefühl für Verhältnisse und Proportionen entwickeln können. Mit den in diesem Artikel beschriebenen Materialien kann so direkt an die „Primärintuitionen“ der Kinder angeknüpft werden. Ein „ökologisch rationales“ Verständnis kann aufgebaut werden, das sich später zu einem formal-abstrakten Verständnis wahrscheinlichkeitstheoretischer Konzepte ausbauen lässt.

Und nun zu den konkreten Empfehlungen und wichtigen Warnungen von Riehl in Bezug auf den Artikel von Weustenfeld. Die saubere Trennung zwischen Empirie (beschreibende Statistik) und Theorie (Wahrscheinlichkeitsrechnung) wird, in der Tat und wie Riehl bemerkt, durch das Konzept der „natürlichen Häufigkeiten“ ein wenig getrübt. Diese saubere Trennung ist eher wissenschaftstheoretisch als psychologisch. Es entsteht bei den natürlichen Häufigkeiten zweifellos eine kognitionspsychologische Verschränkung der Beschreibenden Statistik mit der Wahrscheinlichkeitsrechnung, die zwar den Stochastikern ein notorisches Bauchgrimmen bereitet (Wassner, Biehler & Martignon, 2007), aber das Leben im Alltag erleichtert (Martignon, Katsikopoulos & Woike, 2008). Und darum geht es ja im Programm der Ökologischen Rationalität: die Frau, die bei einem medizinischen Test positiv getestet wird, soll spontan berechnen können, wie groß ihr tatsächliches Risiko ist. Sie soll auch verstehen, was ihr Arzt meint, wenn er sagt, regelmäßiges Screening verbessere ihre Lebenschancen um 25% (Gigerenzer, 2002). Die Basis für dieses Verständnis soll bereits jungen Kindern gegönnt werden.

Die Verwendung des Terminus „Häufigkeit“ bei Weustenfeld ist bewusst inflationär. Das Kind soll sich merken, dass die Anzahl der Möglichkeiten, wie man eine Augensumme würfeln kann, die Häufigkeit der Augensumme genannt wird. Die 36 möglichen Kombinationen sind die konkrete Population im hier und jetzt vor dem Kind, und der Bezug dazu darf implizit bleiben. Erst später werden Kinder der zweiten Klasse merken, wie sich alles verändert, wenn ein

dritter Würfel hinzukommt. Da wird das Szenario der 2 Würfel mit dem der 3 Würfel verglichen und der Bezug zur Gesamtheit als strikte Notwendigkeit erlebt. Das Beharren auf Laplace-Wahrscheinlichkeiten bei Martignon & Krauss (SiS, 27/3) ist ebenso intentional. Spiele mit ungleich verteilten Wahrscheinlichkeiten wie diejenigen mit dem gezinkten Würfeln sind, im idealen Fall, den Schülern der dritten und vierten Klassenstufe vertraut, weil sie damit bereits in der ersten Klasse konfrontiert wurden. Die Intention der Einheiten mit den Steckwürfeln und den Urnen ist das Erlebnis des Prozesses der wiederholten Ziehungen zu ermöglichen und zwar aus Urnen mit den gleichen Proportionen der auf den Tischen konstruierten Vierfeldertafeln (oder gar Bäume), die wiederum analoge Repräsentationen von Individuen sind. Dieser Übergang von den statischen Häufigkeiten der Türmchen auf dem Tisch zu der wiederholten Ziehung motiviert die Reflexion über den Zusammenhang zwischen den Proportionen auf den Tischen und den relativen Häufigkeiten im Experiment.

Der Vorschlag von Riehl, den Ablauf des Unterrichtsversuches zu invertieren, entspricht den allerersten Versuchen, die erprobt worden sind. Kinder mit zwei Würfeln so lange würfeln zu lassen, bis gute Intuitionen entstehen, hat, wenigstens in den Schulen, in denen es ausprobiert wurde, nicht wirklich funktioniert. Weustenfelds Gestaltung seiner Einheit ist nicht ad hoc entstanden, sondern als Resultat vieler Versuche und Reflexionen. Der Erfolg einer Unterrichtseinheit in der Grundschule hat viele Faktoren, zu denen das Erhalten von Disziplin, von Begeisterung und Aufmerksamkeit sicherlich zählen. Die vielen Komponenten der Einheit zu den 2 Würfeln hatten ihre Funktion, mitsamt der Wiederholung von bereits Gelerntem (Zahlenzerlegungen, Tauschaufgaben), der Konstruktion von graphischen Darstellungen und der Reflexion darüber. Der allergrößte Erfolg kann allerdings erst heute gemessen werden, nämlich weil diese selben Kinder (wenigstens viele davon), die jetzt etwas älter sind, gute Resultate in ersten stochastischen Aufgaben erzielen, im Vergleich zu anderen, die ein solches Training nicht hatten.

Zusammenfassend: In unserer Welt lassen sich täglich und auf natürliche Weise Häufigkeiten beobachten. Unser Credo ist, dass ein informierter Umgang mit diesen „natürlichen Häufigkeiten“, der bereits in der Grundschule beginnen sollte, später einen intuitiven und ausbaufähigen Zugang zu der Wahrscheinlichkeitstheorie fördern kann.

Anschrift der Verfasser

Prof.'in Dr. Laura Martignon
Wolfram Weustenfeld
PH Ludwigsburg, Reuteallee 46,
71634 Ludwigsburg
martignon@ph-ludwigsburg.de

Dr. Stefan Krauss
FB Mathematik, Universität Kassel,
Heinrich-Plett-Str. 40, 34132 Kassel
skrauss@mathematik.uni-kassel.de

Literatur

- Hacking, I. (1975). *The emergence of probability*. Cambridge: Cambridge University Press
- Hasher, L. & Zacks, R. T. (1984). Automatic processing of fundamental information. *American Psychologist*, 12, S. 1372 – 1388.
- Gigerenzer, G. (2002). *Das Einmaleins der Skepsis*. Berlin: Berlin-Verlag.
- Kurz-Milcke, E., Gigerenzer, G. & Martignon, L. (2008). Transparency in Risk Communication: Graphical and analog tools. In: T. Tucker et al. (Eds.). *Risk Communication*. New York Academy of Science, II 28; 18 – 28.
- Martignon, L., Katsikopoulos, K. & Woike, J. (im Druck). Categorization with limited resources: a family of simple heuristics. *Journal of Mathematical Psychology*.
- Martignon, L. & Krauss, S. (2007). Gezinkte und ungezinkte Würfel, Magnetplättchen und Tinkercubes: Materialien für eine Grundschulstochastik zum Anfassen. *Stochastik in der Schule*, 27(3), S. 16 – 28
- Tversky, A. & Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science* 27 (185, 4157), S. 1124 – 1131
- Wassner, Ch., Biehler, R., Martignon, L. (2007). Das Konzept der natürlichen Häufigkeiten im Stochastikunterricht. *Der Mathematikunterricht* 53 (3), S. 31 – 45
- Wassner, C. & Krauss, S. (im Druck). Natürliche Häufigkeiten – Rückschau und Ausblicke zu einem gewinnbringenden didaktischen Konzept. Beiträge zum Mathematikunterricht 2008. Tagungsband der GDM-Tagung in Budapest. Hildesheim: Franzbecker.
- Weustenfeld, W. (2007). Die Augensumme zweier Würfel voraussagen: Alles nur eine Frage von Glück oder Pech? *Stochastik in der Schule*, 27(3) S. 2 – 15