

**Workshop "Kognitive Benutzerschnittstellen"**  
**04. - 05. Juli 2019**  
**BTU Cottbus-Senftenberg, LG 3A, R. 338**  
**- Programm -**

**Donnerstag, 04.07.**

- 14:30 – 14:45 *Begrüßung*  
*Matthias Wolff*
- 14:45 – 15:25 *Cognitive Bayesian Classification Based on Quantum Theory*  
*Ingo Schmitt*
- 15:25 – 16:05 *Utterance-Meaning-Transducer durch kompositionale minimalistische Grammatiken*  
*Peter beim Graben*
- offene Diskussion
- 17:00            Schluss
- 18:30            Abendveranstaltung (Brau & Bistro, Altmarkt 18, Cottbus)

**Freitag, 05.07.**

- 09:20 – 10:00 *Generating modified numerals in an interactive question answering system*  
*Christoph Hesse und Anton Benz*
- 10:00 – 10:40 *Semantische Modellierung für kognitive Benutzerschnittstellen*  
*Markus Egg und Evangelia Kordoni*
- 10:40 – 11:10 Kaffeepause
- 11:10 – 12:30 *Zur mathematischen Struktur maschinellen Lernens*  
*Günther Wirsching*
- 12:30 – 13:20 Mittagspause
- 13:20 – 14:00 *Erfahrungsbericht zum UCUI-Projekt*  
*Werner Meyer*
- 14:00 – 14:40 *Lifted Marginal Filtering: Efficient Probabilistic Inference in Multiset Rewriting Systems*  
*Stefan Lüdtkke*
- 14:40 – 15:10 Kaffeepause
- 15:10 – 15:50 *Struktur und Bedeutung - Theseus reloaded*  
*Markus Huber und Ronald Römer*
- offene Diskussion
- 16:30            Schluss

# Titel und Abstracts

**Schmitt, Ingo**

*Cognitive Bayesian Classification Based on Quantum Theory*

Bayesian classification is a very prominent classification method based on conditional probabilities and the famous axiom from Bayes. Probability values are derived from training data and stored explicitly as values or implicitly by learnt parameters of a distribution function. The main idea of that work is to reformulate the Bayesian classification on concepts of quantum theory. By doing that, we strive for modeling scenarios with human interactions better than the classical method does. In quantum theory probability values are obtained from quantum measurements on a normalized state vector of a vector space (see Gleasons theorem and Born rule). Here we focus on real and finite-dimensional vector spaces. Quantum theory combines very elegantly concepts from probability, geometry (linear algebra) and logic. A quantum measurement requires a projector  $p$  (Hermitian with the property  $p^*p=p$ ). Every projector corresponds to a vector subspace. For measurement the state vector is projected onto the vector subspace of a projector. Thus, the semantics of a probability measure is expressed by an event-specific projector to be learnt from training data. Learning projectors is performed by a gradient descent method on a well-defined loss function. Conditional probabilities are defined on multiplying two projectors. Both projectors  $P_1$  and  $P_2$  may commute, that is  $P_1*P_2 = P_2*P_1$ , which can be seen as  $P_1$  AND  $P_2 = P_2$  AND  $P_1$ . In that classical case the Bayesian axiom holds directly. Otherwise we obtain a so-called order effect of quantum measurement which is well-known for explaining many surprising effects in quantum physics. Furthermore, as Busemeyer and Bruza state, cognitive effects like conjunction and disjunction fallacies based on human interactions can be explained by non-commuting projectors. In that way, cognitive Bayesian classification generalizes the classical Bayesian classification by considering ordering effects. Of course, with means of a loss function it is possible to enforce the property of commuting projectors while learning them but semantics may get lost. Otherwise, the degree of the property non-commutativity of two learnt projectors can be measured and can help to explain and to predict non-classical order effects between different class events. The paper motivates the approach of using quantum theory for reformulating Bayesian classification. Furthermore, we develop the process of feature data encoding, learning of projectors and classifying unclassified objects. The discussion and evaluation of small experiments will show the potential of that approach to consider non-classical effects from human interactions which go beyond the classical Bayesian classification approach. Further extensive studies are necessary in order to show the feasibility of that approach for a broad range of applications.

**beim Graben, Peter**

*Utterance-Meaning-Transducer durch kompositionale minimalistische Grammatiken*

Sprachgesteuerte Benutzerschnittstellen stehen oftmals vor der Aufgabe, physikalische Größenangaben und andere Zahlworte verstehen und äußern zu müssen. Wir beschränken uns auf sprachliche Produktion und Verstehen von Zahlworten wie „ein“, „zehn“ oder „dreizehn“, die linguistisch als Modifikatoren aufzufassen sind. Um nicht sämtliche Zahlwörter in einer Datenbank (dem *mentalen Lexikon*) vorhalten zu müssen, sollen morphologische Komposita wie „dreizehn“ durch eine geeignete Grammatik ableitbar sein. Die Zahlwortsemantik wird durch arithmetische Terme in der Form „1 Zehner + 3 Einer“ beschrieben. Wir kodieren sprachliche Zeichen als geordnete Tripel von *Exponenten*, syntaktischen *Typen* und *Semantiken*. Der syntaktische Typ wird gemäß einer minimalistischen Grammatik (MG) durch einen regulären Ausdruck syntaktischer Merkmale kodiert. Für die Semantik

verwenden wir den Lambda-Kalkül der arithmetischen Termalgebra. Auf dem minimalistischen Lexikon operieren *merge*- und *move*-Funktionen, die durch linguistische Inferenzregeln vorgegeben sind. Sprachproduktion und Sprachverstehen lassen sich durch *Utterance-Meaning-Transducer* (UMT) beschreiben. Bei der Sprachproduktion gehen wir von einer semantischen Repräsentation als arithmetischen Term aus. Durch Datenbankabfrage wird daraus eine Zeichenfolge, welche geeignete Lexikon-Einträge enthält. Daraus berechnet der UMT die Morphologie der einer Äußerung. Beim Sprachverstehen wird zur Eingabe die abgefragte Zeichenfolge auf dem Stack eines *Priority-Queue-Parsers* abgespeichert. Durch Anwendung der minimalistischen Inferenzregeln erzeugt der UMT schrittweise die semantische Termstruktur.

### **Hesse, Christoph & Benz, Anton**

#### *Generating modified numerals in an interactive question answering system*

We consider the strategic use of modified numerals in a question answering system that emulates the behaviour of a real estate agent. When asked: "Is there a subway station nearby?", the system should not only give a yes/no answer but also provide information about the distance to the subway station. The distance can be stated with different degrees of precision. We considered the choice between the exact numeral  $n$  / about  $n$  / less than  $n$  / more than  $n$ . For example, if the subway is 120 m away, one has a choice between "There's a subway station 120 / less than 150 / more than 100 / about 100 m away." We are interested in users' expectations about numerical precision, and the effect of modifiers on their choice of apartments. We performed an evaluation study in which participants were told that they are helping a friend and his family find an apartment for their two-week vacation in Europe. Participants are led to believe they will view five different apartments, but in actuality two of them have identical database entries. For one apartment, the system always generates a modified numeral; for the other one, always an exact numeral (rounded to one decimal). The apparent qualitative difference between the apartments hinges on scale type (floorspace, distance to a supermarket) and choice of modifier (more than, less than, about), which gives us  $2 \times 3 = 6$  conditions, each with a unique group of participants. We gauge participants' underlying expectations by looking at which of the two identical apartments they prefer. The results show that participants who favour the apartment with the exact (bare) numeral do not care about precision more than participants who favour the apartment with the (vague) modified numeral. In general, participants say they want more precision, yet it does not influence which apartment they choose. When having a choice between an apartment A that is 1.2 miles away and an apartment B that is more than 1 mile away, participants even have a preference for apartment B.

### **Wirsching, Günther**

#### *Zur mathematischen Struktur maschinellen Lernens*

Entwickelt wird ein mathematisches Modell für die grundlegende Struktur des Lernens, nämlich das Lernen durch operantes Konditionieren. Die Konstruktion des Modells ist motiviert durch die Quantenlogik, aufgefasst als Logik der Überlagerungen. Ausgangspunkt ist eine vollständige Menge sich gegenseitig ausschließender Verhaltensweisen. Durch Analyse geeigneter semantischer Anker vor und nach einem Verhalten entsteht in jedem Lernschritt ein Beitrag zu einem Lernvektor, der schließlich eine spezifische Überlagerung der möglichen Verhaltensweisen darstellt. Der Lernerfolg ergibt sich dann aus den Projektionswahrscheinlichkeiten auf die unterschiedlichen Verhaltensweisen.

## **Egg, Markus & Kordoni, Evangelia**

### *Semantische Modellierung für kognitive Benutzerschnittstellen*

Thema des Vortrags sind die Eigenschaften einer für kognitive Benutzerschnittstellen geeigneten semantischen Modellierung, die mehr als das bloße Spezifizieren von Werten in vorgegebenen Listen von Attribut-Wert-Paaren erlaubt. Insbesondere muss die Modellierung Information aus verschiedenen Modalitäten darstellen und als Schnittstelle zwischen ihnen dienen, sowie mit partieller (unterspezifizierter) Information umgehen können. Sie soll ferner sprachliche Lernprozesse ermöglichen und unterstützen und sich durch hohe Robustheit und Unabhängigkeit von spezifischen Anwendungsszenarien auszeichnen.

## **Meyer, Werner**

### *Erfahrungsbericht zum UCUI-Projekt*

Ziel und Umsetzung des UCUI-Projekts mit dem Schwerpunkt Verhaltenssteuerung. Problemdarstellung des Zustandsraumes bei der Anwendung des Markow-Entscheidungsprozesses.

## **Lüdtke, Stefan**

### *Lifted Marginal Filtering: Efficient Probabilistic Inference in Multiset Rewriting Systems*

Modeling dynamical systems that consist of multiple, interacting agents and objects is relevant for a variety of AI tasks. However, probabilistic inference in such systems quickly becomes infeasible, due to the combinatorial explosion in the number of states that need to be considered. We propose an efficient Bayesian filtering algorithm for such systems. Technically, the approach uses the concept of Rao-Blackwellization to represent part of the distribution on the parametric level, and uses a multiset-based representation for the remaining part. In worlds where the random variables that define the system state are exchangeable – where the identity of entities does not matter – it automatically uses a representation that abstracts from ordering (achieving a factorial reduction in complexity) – and it automatically adapts when observations or system dynamics destroy exchangeability by breaking symmetry. We show how this approach can be used for multi-object tracking, prediction tasks in online multiplayer strategy games, and Human Activity and Context Recognition from body-worn inertial measurement units.

## **Huber, Markus & Römer, Ronald**

### *Struktur und Bedeutung - Theseus reloaded*

Bereits in der Frühphase der Kybernetik stellte C.E. Shannon ein Labyrinthexperiment zur Problemlösung vor, das sich an der mythologischen Figur des „Theseus“ orientierte. Seine Lösung kommt dabei ohne ein Bedeutungskonzept aus. Eine Problemanalyse aus psychologischer Sicht macht allerdings deutlich, dass bei diesem Experiment wesentliche kognitive Aspekte nicht berücksichtigt wurden. Um diese Aspekte herauszustellen, befassen wir uns kurz mit den mythologischen und historischen Hintergründen des Labyrinthproblems und erläutern anschließend, warum wir über Shannons Modellvorstellungen hinausgehen müssen und Verfahren benötigen, mit denen wir zu semantischen Datenträgern gelangen können. Zur Veranschaulichung unserer Methode modifizieren wir die Problemstellung, in dem wir „Theseus“ die Befriedigung der Bedürfnisse Hunger und Durst ermöglichen. Die Grundlage des Verfahrens ist die Festlegung von Zielmerkmalen und daran anschließend die Identifikation von lösungsrelevanten Steuermerkmalen, welche „Theseus“ zur Problemlösung nutzen kann. Wir

verwenden dabei den mathematischen Formalismus der Quantenmechanik, da er uns die Ableitung von semantischen Strukturen auf eine sehr elegante Weise erlaubt. Zunächst exploriert „Theseus“ die Umgebung und erhält eine kompakte Repräsentation in Form eines Weltvektors in einem Hilbertraum, der durch Tensorverknüpfungen verschiedener Merkmalsräume entsteht. Die Kombination dieser Merkmalsräume führt auf die mathematische Struktur eines Verbandes. Ausgehend vom gefundenen Weltvektor stellen wir ein Verfahren vor, mit dem „Theseus“ Unterstrukturen des Verbandes bestimmen kann, welche semantischen Strukturen entsprechen und anschließend für die Problemlösung verwendet werden können. Wir demonstrieren das Verfahren an verschiedenen Weltkonfigurationen. Den dabei abgeleiteten semantischen Strukturen kann man entnehmen, welche Merkmale berücksichtigt werden müssen, um die Zielmerkmale einer gegebenen Konfiguration manipulieren zu können.