

Der Hund der nicht gebellt hat – hypothetisches Schließen in juristischen Expertensystemen

Burkhard Schafer, Jeroen Keppens

*University of Edinburgh, School of Law und University of Wales, Aberystwyth
Department of Computer Science
Edinburgh, Old College, EH8 9YL, UK
b.schafer@ed.ac.uk*

Schlagworte: Expertensysteme, Abduktion, Strafermittlung, ATMS

Abstract: Der Aufsatz stellt ein Expertensystem vor, das die polizeiliche Ermittlungsarbeit unterstützen soll und am Joseph Bell Centre in einer Gemeinschaftsarbeit zwischen den Universitäten Edinburgh und Aberystwyth entwickelt wird. Es kombiniert abduktive Logik mit einem symbolischen, auf ersten Prinzipien beruhenden Ansatz zur Wissensmodellierung der besonders geeignet ist, typische Fehler im Ermittlungsverfahren aufzudecken. Die Möglichkeit, kleine Bausteine einer typischen Tatszene beliebig zu kombinieren, erlaubt es über alternative Kausalverläufe systematisch zu spekulieren und nicht nur erhobene, sondern auch fehlende Fakten einzubeziehen. Conan Doyles Sherlock Holmes Geschichte „Silverblaze“ wird verwendet, um einige der Grundideen anschaulich zu machen.

1. Einleitung

Dieser Aufsatz beschreibt ein Expertensystem, das am Joseph Bell Centre¹ for Forensic Statistics and Legal Reasoning der University of Edinburgh in Zusammenarbeit mit der University of Wales in Aberystwyth entwickelt wird. Ziel dieses Systems ist es, polizeiliche Ermittlungsverfahren dadurch zu unterstützen, dass es die am häufigsten gemachten Fehler bei derartigen Untersuchungen ausgleicht bzw. aufdeckt. Im ersten Teil erläutern wir anhand einer Geschichte von Arthur Conan Doyle, welche Arten von logischem Schließen solch einem System zugrunde liegen sollten. Im zweiten Teil beschreiben wir wie in einem Expertensystem die Kombination aus abduktivem

¹ Joseph Bell war Professor für Pathologie in Edinburgh und der Lehrer Conan Doyles; siehe auch <http://www.cfsr.ed.ac.uk>.

Inferenzmechanismus und Assumption Based Truth Maintenance (ATMS) die erwünschten Resultate erzielt.

1892 schrieb *Conan Doyle* die Kurzgeschichte „Silverblaze“ für das Londoner Magazin *Strand*. In ihr ermitteln Sherlock Holmes und Inspektor Gregory den Diebstahl des Rennpferdes Silverblaze und den gewaltsamen Tod des Stallknechts, der für das Pferd verantwortlich war. Gregory kommt schnell zu einer Tathypothese: In der Nähe lagernde Zigeuner haben das Pferd gestohlen und den Stallknecht, als er ihnen in den Weg kam, erschlagen. Von diesem Zeitpunkt an versucht er, die zu einer Verurteilung der Zigeuner nötigen Beweise zu erlangen und lässt sich auch durch eine Reihe von Rückschlägen nicht von dieser Strategie abbringen. Holmes ist unbeeindruckt und weist Gregory darauf hin, dass diese Hypothese nicht in der Lage ist, einige andere Besonderheiten des Falles zu erklären. So waren zum Beispiel in den Tagen vor der Tat mehrere Schafe mit Verletzungen an den Beinen gefunden worden. Gregory geht das zu weit:

„Und gibt es etwa noch andere Punkte die meiner Aufmerksamkeit gebühren?“, fragt er Holmes sarkastisch. „In der Tat“, antwortet dieser, „ich möchte Sie insbesondere auf den merkwürdigen Vorfall mit dem Hund in der Tatnacht hinweisen.“ „Der Hund hat in der Tatnacht überhaupt nichts getan“, sagt Gregory. „Eben“, antwortet Holmes.

Holmes hat, natürlich, Recht. *Wären* die Zigeuner die Täter gewesen, dann *hätte* der Hund angeschlossen müssen. Er hat dies aber nicht getan. Damit ist diese Ermittlungshypothese erfolgreich falsifiziert und jeder weitere Versuch, Belastungsmaterial gegen sie zu finden, Zeitverschwendung. In der Tat schließt das Verhalten des Hundes jede Fremdeinwirkung aus. Bis zu diesem Zeitpunkt „sieht“ jeder der Beteiligten ein Opfer, den Stallknecht, ein passives Objekt, das gestohlene Pferd, und einen möglichen Täter, „Mr X“. Getreu seinem Motto, dass, wenn alle anderen Möglichkeiten ausgeschlossen wurden, die übrig bleibende Lösung, wie unwahrscheinlich auch immer sie sein mag, die Antwort sein muss, vollzieht Holmes nun einen überraschenden „Gestaltswitch“.² Aus dem Opfer, dem Stallknecht, wird der Täter. Aus dem passiven Objekt des Diebstahls, dem Pferd, wird ein aktiver Beteiligter. Zusammen ergibt dies eine neue Ermittlungshypothese: Der Stallknecht, der dem Hund natürlich vertraut war, versuchte das Pferd in der gleichen Art zu verletzen, wie er Tags zuvor die Schafe verwundet hatte. Das Pferd, in Notwehr, trat aus und tötete den Stallknecht.

² Für eine anschauliche Darstellung dieses Begriffes aus der phänomenologischen Psychologie siehe *Moore, P./Fitz, C.*, Gestalt Theory and Instructional Design. *Journal of Technical Writing and Communication*, 23 (1993), 137-157.

Wenn diese Hypothese korrekt ist, so sollten wir weitere, bislang un beobachtete Indizien finden, etwa Hufspuren eines in Angst weggaloppierenden Pferdes. Und in der Tat, diese ermöglichen es Holmes letztendlich, das Pferd bei einem opportunistischen Kriminellen aufzuspüren.

Nun hat *Conan Doyle* diese Geschichte natürlich zu einer Zeit geschrieben, als die Theorie der systematischen polizeilichen Ermittlungsarbeit noch in ihren Kinderschuhen steckte. Sicherlich, mehr als hundert Jahre später würde ein Ermittlungsbeamter nicht den gleichen Fehler wie Gregory machen. Leider scheint es aber, als sei *Conan Doyle* heute noch genauso relevant wie ehemals. So erschütterte in den 80er Jahren eine Reihe spektakulärer Fehlurteile das britische Rechtssystem.³ 1991 wurde dann eine Ermittlungskommission eingesetzt, die *Runciman Commission*, die die Ursachen dieses Versagens analysieren und Reformvorschläge unterbreiten sollte. Die Ergebnisse dieser Kommission, und die akademischen Analysen die ihr folgten, wären Sherlock Holmes sehr bekannt vorgekommen. So schreibt etwa *David Dixon*:

„If any factor in investigative practice had to be nominated as most responsible for leading to miscarriages of justice, it would have to be the tendency for investigators to commit themselves to the belief in a suspect's guilt in a way that blinds them to other possibilities.“⁴

Aus *Conan DoYLES* Zigeunern waren zwar mittlerweile in den meisten Fällen Iren geworden, doch davon abgesehen waren die Gemeinsamkeiten in der Art, wie Schlussfolgerungen gezogen wurden, bemerkenswert. Um noch etwas besser verstehen zu können, wie es zu diesen Problemen kommen konnte, müssen wir noch einmal zu Holmes zurück. Inspektor Gregory begann seine Untersuchung mit der Hypothese, dass eine Gruppe von Zigeunern für die Tat verantwortlich zu machen war. Holmes nimmt diese Annahme nun durchaus ernst, er lehnt sie etwa nicht einfach von vorneherein mit der Bemerkung ab, dass sie wohl mehr auf Vorurteilen denn auf Beweisen beruhe. Holmes bezweifelt also nicht die Plausibilität dieser Annahme an sich, oder dass es hilfreich ist, mit solch einer Theorie anzufangen. Was ihn von Gregory unterscheidet ist sein Umgang mit der Hypothese. Während Gregory *induktiv* versucht, mehr und mehr Beweise zu finden, die die These unterstützen, versucht Holmes die These zu *falsifizieren*.

³ Siehe *Walker, C./Starmer, K.* (Hrsg), *Miscarriages of Justice. A Review of Justice in Error*. Blackstone Press, London (1999).

⁴ *Dixon, D.*, *Police investigative procedure*. In *Walker/Starmer, Miscarriages*, op. cit. 249-258.

Hier hat er nun gegenüber dem Polizisten einige Vorteile: Als unabhängiger und wohlhabender Gentleman ist es für ihn sehr viel weniger wichtig, schnell den Schuldigen zu finden. Kein Vorgesetzter und keine Presse machen ihm Druck, noch hängt seine Karriere von seiner Aufklärungsquote ab. Polizisten werden nicht dafür befördert, dass sie Unschuldige vom Verdacht befreien, sondern dafür, dass sie Schuldige überführen. Auch dies deckt sich mit den Ergebnissen der oben Studien. So weist etwa Greer darauf hin, dass keine Ermittlungsarbeit ganz ohne Fallhypothesen auskommen könne, dass das Problem vielmehr sei, wie stark die Polizei auf der einmal gefassten Annahme bestünde. Die hochemotionale Atmosphäre, die spektakuläre Verbrechen erzeugen können und die organisatorische Struktur der Polizei werden beide von ihm als mitursächlich aufgeführt.⁵ Auch sind diese Probleme nicht etwa nur polizeispezifisch. Forschungen zur *Kognitiven Dissonanz* etwa haben klar gezeigt, dass Menschen generell dazu neigen, vorzugsweise solche Informationen wahrzunehmen und zu lernen, die bereits Gewusstes zu bestätigen scheinen.⁶

Wenn das Problem also (auch) darin besteht, dass Polizisten eben nur allzu menschlich sind, dann kann vielleicht die Technologie helfend eingreifen und jedem „Inspektor Gregory“ seinen „Sherlock Holmes“ auf einem Laptop zur Seite stellen. Dieser „virtuelle Holmes“ reagiert nicht auf äußeren Druck, Stress oder Belohnung und verliert sich auch nicht in seine eigenen Theorien. Aber er erinnert unseren Inspektor immer wieder, dass noch nicht alle möglichen Interpretationen der Faktenlage in Erwägung gezogen wurden, und hilft ihm so, für Alternativen offen zu bleiben.

Im zweiten Teil werden wir jetzt darstellen, wie sich dieser Grundgedanke technologisch umsetzen lässt.

2. ATMS basierte Expertensysteme

Im hypothetisch-deduktiven Modell wissenschaftlicher Untersuchung, das unser System exemplifizieren soll, können wir mehrere kategoriell unterschiedliche intellektuelle Tätigkeiten und ontologische Grundannahmen unterscheiden. Am Anfang wirken Menschen und Tiere kausal auf ihre Umwelt ein (begehen Verbrechen, Heldentaten und möglicherweise auch kriminalistische Untersuchungen). In unserem Fall etwa zerschmettert Silverblaze den Schädel des Stallknechts.

⁵ Greer, S., Miscarriages of criminal justice reconsidered. *Modern Law Review* 58 (1994), 7.

⁶ Festinger, L., *A theory of cognitive dissonance*, Row Peterson, New York (1957).

Alle diese Tätigkeiten hinterlassen *Spuren*, in unserem Fall etwa die Leiche des Knechts mit spezifischen Schädelverletzungen. Es sind diese Auswirkungen von Handlungen, die der Ermittlungsbeamte *beobachtet*. Auf Grund dieser Beobachtungen entwickelt der ideale Ermittler *abduktiv* Hypothesen, die die gefundenen Spuren erklären können. So ist es konsistent nicht nur mit den vorgefundenen Spuren, sondern auch mit unserem Hintergrundwissen über Kausalität anzunehmen, dass eine dritte Partei, etwa die Zigeuner, den Knecht angegriffen haben und ihn töteten. Es ist aber gleichfalls konsistent anzunehmen, dass der Knecht einfach auf dem Pferd ausgeritten war, abgeworfen wurde und sich den Hals gebrochen hat. Und schließlich haben wir unsere dritte Hypothese, nach der das Pferd direkt kausal verantwortlich für den Tod des Knechts ist.

Der *kreative* Schritt der abduktiven Hypothesenerzeugung muss deshalb durch einen deduktiven Schritt der Theorienprüfung und Falsifizierung „diszipliniert“ werden. *Hypothetisch angenommen*, dass eine dieser Erklärungen korrekt ist, welche zusätzlichen Spuren sollten wir erwarten? Gibt es zusätzliche Spuren die vorhanden sein müssen, deren Anwesenheit deshalb eine der Hypothesen widerlegt? Gibt es andere Fakten die zwischen den drei Hypothesen unterscheiden? Ist zum Beispiel die Mordhypothese korrekt, so können wir unter Umständen Verteidigungsspuren beim Opfer erwarten. Es ist deshalb rational (unterscheidet zwischen je intern konsistenten Hypothesen), nach fremder DNS unter den Fingernägeln des Opfers zu suchen. Finden wir hier DNS einer dritten Partei (und insbesondere, entspricht sie der eines der Verdächtigen), so ist die Unfallshypothese entkräftet. Wäre andererseits die Diebstahlstheorie richtig, so hätte der Hund anschlagen müssen. Die Tatsache, dass er dies nicht hat, entkräftet die Theorie des Raubmordes.

Nun ist Silverblaze natürlich ein sehr ungewöhnlicher Fall. Wir können mit einiger Sicherheit annehmen, dass weder Gregory noch Holmes jemals zuvor mit einem mörderischen Pferd zu tun hatten. „Case based reasoning systems“, die nach geeigneten Präzedenzfällen suchen, sind deshalb für derartige Untersuchungen ungeeignet, wenngleich sie für „Massenriminalität“ wie etwa Einbrüche durchaus geeignet sein können.⁷ Stattdessen verwenden wir einen „first principle“ basierten Ansatz für unsere Wissensbasis, generell anwendbare

⁷ Siehe etwa Ribaux, O./Margot, P., Inference structures for crime analysis and intelligence: the example of burglary using forensic data. *Forensic Scientist International* 100 (1999) 193-210. Holmes, in „The Sign of the Four“, erwähnt in der Tat „case based reasoning“, doch als Randthema in einem Vortrag zur Notwendigkeit generellen Faktenwissens von der Art wie unser System es verwendet.

Regeln, die typischerweise kausale Abhängigkeiten ausdrücken und anders als die bekannteren Heuristiken unabhängig von dem Entscheidungsprozess arbeiten, in dem sie verwendet werden.⁸ Während *Silverblaze* als komplexer Fall einzigartig ist, so sind seine Bestandteile es nicht. Menschen werden häufiger von Pferden getreten oder fallen häufiger von ihnen und verletzen sich dabei. Eine der Grundannahmen unseres Ansatzes ist es, diese „Wissensfragmente“ wie Legosteine dazu zu benutzen, verschiedene „Szenarien“ durch Rekombination von Szenariofragmenten zu erzeugen. Was die Geschichte einzigartig macht ist die spezifische Kombination ihrer Bausteine, nicht die Bausteine selber.

Der Benutzer gibt durch ein geeignetes Interface diejenigen Fakten ein, die die bisherige Untersuchung zu Tage gefördert hat. Diese Fakten werden dann von einem „scenario space builder“ abduktiv dazu benutzt, aus der Wissensbank all diejenigen Szenarien zu bauen, die diese Fakten erklären könnten. Die zentrale Ableitungsmaschine unseres Systems ist ein *Assumption Based Truth Maintenance System* (ATMS). Ein ATMS ist ein modellbasiertes System, das es erlaubt, logische Ableitungen unter verschiedenen Hypothesen („möglichen Welten“) durchzuführen, und all diejenigen Annahmen zu verfolgen, die für die jeweiligen Alternativen notwendig sind.⁹ Mit anderen Worten: Teil seiner Aufgabe ist es, die logischen Konsequenzen der möglichen Szenarien zu erstellen und bei jedem neuen Schritt zu prüfen, ob sie noch konsistent mit allem neuen Wissen sind. Ist dies nicht der Fall, ist eine mögliche Erklärung falsifiziert.

Sobald der Raum möglicher Szenarien erstellt ist, kann ihn der Benutzer durch einen „Query Handler“ analysieren. „Queries“ sind Fragen, die der Benutzer dem ATMS bezüglich des Szenario-raumes stellt. So kann der Benutzer etwa die folgende Frage stellen: Bislang gibt es zwei Erklärungen für die gefundenen Spuren: möglicherweise ist der Knecht vom Pferd gefallen (Szenario 1), möglicherweise wurde er von den Pferdedieben erschlagen (Szenario 2).¹⁰ Gibt es irgendwelche logische Konsequenzen, die nur der Fall sein können wenn Szenario 1, nicht aber Szenario 2 wahr ist, und gibt es geeignete Tests um diese aufzuspüren? Da der ATMS den deduktiven Ab-

⁸ Keppens, J./Shen, Q., Causality enabled compositional modelling of Bayesian networks. Proceedings of the 18th International Workshop on Qualitative Reasoning about Physical Systems. Northwestern University, Evanston, Illinois (2004) 33-40.

⁹ de Kleer, J., An assumption based TMS. Artificial Intelligence 28 (1986) 127-162.

¹⁰ Formal ausgedrückt sind beide Szenarien durch Prädikate, die Ereignisse und Sachverhalte denotieren, und kausale Relationen zwischen diesen Prädikaten in der Form von Hypergraphen repräsentiert.

schluss der Szenarien bildet, „weiß“ er, dass Verteidigungsspuren logisch nur aus Szenario 2 folgen. Von der Datenbank weiß er wiederum, dass die Analyse von Spuren unter Fingernägeln eine mögliche Aktion ist, um diese Fakten zu etablieren. Der „report generator“ wird also dem Benutzer mitteilen, dass unter den gegebenen Umständen in der Tat ein Unfall noch nicht ausgeschlossen werden kann, dass aber ein Labortest der Fingernägel, wenn und nur wenn positiv, zwischen den beiden Theorien unterscheiden kann.

Offensichtlich bedarf diese Analyse nicht nur einer Mischung aus Kreativität und logischem Geschick. Es ist auch eine große Menge faktischen Wissens, etwa über Hunde, Pferde und DNS notwendig. Sherlock Holmes war ja gleichfalls für sein enzyklopädisches Wissen in den exotischsten Bereichen berühmt, etwa über Tabakasche oder die medizinische Verwendung von Gips.

Für unser Projekt stellt dies das Problem dar, realistische Anwendungen zu finden, die trotzdem mit eingeschränkten Wissensbanken auskommen. Unser erster Prototyp konzentrierte sich deshalb auf ein typisches Problem in der Untersuchung von verdächtigen Todesfällen von Kindern. Hier gibt es in vielen Fällen nur zwei mögliche Erklärungen, die beide mit einer nur oberflächlichen Untersuchung vereinbar sind: entweder wurde das Kind gewaltsam geschüttelt („shaken baby syndrom“) oder es litt an einer dieser seltenen typischen genetischen Krankheiten wie etwa brittle bone disease. Trotz der Einfachheit dieser Situation kam es immer wieder zu Fehleinschätzungen durch die jeweilig zuständigen Behörden. Mediziner und insbesondere Familienärzte tendieren dazu, die Verbrechenhypothese vorzeitig auszuschließen. Sozialarbeiter hingegen vermuten oft vorschnell „foul play“ und führen nicht alle relevanten Tests durch. Nun braucht man nicht unbedingt ein computerisiertes Expertensystem, um die Beteiligten daran zu erinnern, die ziemlich einfachen medizinischen Tests durchzuführen.

In enger Zusammenarbeit mit dem Forensischen Institut der Polizei der Lothian and Border Police versuchen wir deshalb, anspruchsvollere Anwendungen zu entwickeln. Insbesondere haben wir eine größere Datenbank zu einem durchgearbeiteten Fall erstellt. Ein Prototyp kann auf unseren Websites gefunden werden. Der Grundgedanke ist der, dass diejenigen Polizisten, die als erste einen problematischen Todesfall finden, häufig eher unerfahrene und nicht spezifisch ausgebildete Streifenpolizisten sind. Ihr erster Eindruck ob es sich um Unfall, Selbstmord, natürlichen Tod oder Verbrechen handelt, kann aber schon weitgehende (und fatale) Konsequenzen für die nachfolgende Untersuchung haben. So etwa wenn sie meinen, es sei zu offensicht-

lich ein natürlicher Tod um die Tatszene abzusperren und in Folge Beweismittel kontaminiert sind. Unser System versucht nun, möglichst viele der zuverlässigsten und einfachsten Kriterien zu modellieren, die es schon zu diesem frühen Zeitpunkt erlauben, ausreichend zuverlässige Entscheidungen zu treffen.

Dies führt zu einem weiteren Forschungsprojekt in diesem Rahmen. Oft ist die Frage nicht nur, welche Tests wissenschaftlich gesehen am besten zwischen alternativen Theorien unterscheiden. Andere Faktoren können wichtiger sein als rein logische Beweiskraft. Tests an instabilen Materialien müssen etwa vor denen durchgeführt werden, die unveränderlich sind. So wartet Holmes etwa bis zum Tag des großen Rennens bevor er den Dieb stellt, sicher in dem Wissen, dass das Pferd nicht verschwinden wird und der Fall juristisch gesehen stärker ist, wenn der geplante Wettbetrug tatsächlich stattfindet. Eine Untersuchung etwa für Schlafmittel im Hundefutter hingegen hätte sofort durchgeführt werden müssen.¹¹

Eine abschließende und noch offene Frage betrifft die Modellierung investigativer Handlungen selber. Entsprechend erweitert könnte unser System auch analysieren, welche Beweise vorhanden wären, hätte die Untersuchung anders stattgefunden (etwa mit Durchsuchungsbefehl und nicht ohne). Die Frage der alternativen Ermittlungsverläufe ist natürlich ein wichtiges Problem des Beweisrechts, und eine entsprechende Erweiterung des Systems könnte etwa Juristen helfen zu entscheiden, unter welchen Bedingungen dieser Argumentationstyp zulässig ist.

¹¹ Technische Details der Fallstudie und der Erweiterung sind im Erscheinen: *Keppens, J./Shen, Q./Schafer, B.*, Probabilistic Abductive Computation of Evidence Collection Strategies in Crime Investigation. To appear in Proceedings of the 10th International Conference on Artificial Intelligence and Law, Bologna 2005.