

MASCHINELLES SCHLIESSEN MIT S(CASP) – ANMELDUNG EINES NEUEN GESCHÄFTSFÜHRERS EINER GMBH ZUM HANDELSREGISTER

Axel Adrian / Stephanie Evert / Michael Kohlhase / Andreas Maier / Lutz Schröder / Osman Anil Basaran / Steffen Bothe / Merlin Humml /
Stephan Prettnner / Max Gabriel Rapp / Michael Gritz / Verena Stürmer /
Johannes Lindner / Moritz Blöcher

Professor Dr. Axel Adrian, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Strafrecht, Strafprozessrecht und Rechtsphilosophie, Königstraße 21, 90402 Nürnberg, DE. axel.adrian@fau.de; <https://www.str2.rw.fau.de/honorarprofessor/>

Professorin Dr. Stephanie Evert, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Korpus- und Computerlinguistik, Bismarckstraße 6, 91054 Erlangen, DE. stephanie.evert@fau.de; <https://www.linguistik.phil.fau.de/person/prof-dr-stephanie-evert/>

Professor Dr. Michael Kohlhase, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Professur für Wissensrepräsentation und -verarbeitung, Martensstraße 3, 91058 Erlangen, DE. michael.kohlhase@fau.de; <https://kwarc.info/people/mkohlhase/>

Professor Dr.-Ing. habil. Andreas Maier, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Informatik 5 (Maschinelles Lernen), Martensstraße 3, 91058 Erlangen, DE. andreas.maier@fau.de; <https://lme.tf.fau.de/person/maier/>

Professor Dr. Lutz Schröder, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Informatik 8 (Theoretische Informatik), Martensstraße 3, 91058 Erlangen, DE. lutz.schroeder@fau.de; <https://www8.cs.fau.de/people/schroeder/>

Wiss. Mit. Osman Anil Basaran, Ass. iur., LL.M. Legal Tech (Regensburg), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Professur für Wissensrepräsentation und -verarbeitung, Martensstraße 3, 91058 Erlangen, DE. osman.anil.basaran@fau.de, <https://www.str2.rw.fau.de/honorarprofessor/mitarbeiter/>

Wiss. Mit. Steffen Bothe, M.A. (CCL), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Korpus- und Computerlinguistik, Bismarckstraße 6, 91054 Erlangen, DE. nathan.dykes@fau.de; <https://www.linguistik.phil.fau.de/person/steffen-bothe/>

Wiss. Mit. Merlin Humml, M.Sc. (C.Sc.), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Informatik 8 (Theoretische Informatik), Martensstraße 3, 91058 Erlangen, DE. merlin.humml@fau.de; <https://www8.cs.fau.de/people/merlin-humml/>

Wiss. Mit. Stephan Prettnner, M.Sc. (PR), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Informatik 5 (Maschinelles Lernen), Martensstraße 3, 91058 Erlangen, DE. stephan.prettnner@fau.de; <https://lme.tf.fau.de/person/prettner/>

Wiss. Mit. Max Gabriel Rapp, M.Sc. (Phil. of Sc.), M.Sc. (Logic), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Professur für Wissensrepräsentation und -verarbeitung, Königstraße 21, 90402 Nürnberg, DE. max.rapp@fau.de, <https://kwarc.info/people/mrapp/>

Notarass. Michael Gritz, Landesnotarkammer Bayern, Ottostraße 10, 80333 München, DE. michael.gritz@notare-mail.de, <https://www.str2.rw.fau.de/honorarprofessor/mitarbeiter/>

Notarass. Dr. Verena Stürmer, Landesnotarkammer Bayern, Ottostraße 10, 80333 München, DE. verena.stuermer@notare-mail.de, <https://www.str2.rw.fau.de/honorarprofessor/mitarbeiter/>

Stud. Hilfskraft Johannes Lindner (stud. in B.Sc.), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Informatik 8 (Theoretische Informatik), Martensstraße 3, 91058 Erlangen, DE. johannes.jl.lindner@fau.de; <https://www.direga.fau.de/forschungsteam/>

Moritz Blöcher, B.Sc. (stud. in M.Sc.), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Informatik 8 (Theoretische Informatik), Martensstraße 3, 91058 Erlangen, DE. moritz.bloecher@fau.de; <https://www.direga.fau.de/forschungsteam/>

Schlagworte: *logische Formalisierung, Wissensrepräsentation, maschinelles Schließen, symbolische KI, s(CASP), Logik, XAI, Handels- und Gesellschaftsrecht, Register- und Notarrecht*

Abstract: *Das Forschungsprojekt DIREGA hat die Erforschung der Möglichkeiten und Grenzen der maschinellen Automatisierbarkeit der rechtlichen Prüfung von Handelsregisteranmeldungen zum Forschungsgegenstand. Am Beispiel der Geschäftsführeranmeldung soll veranschaulicht werden, wie der juristische Prüfungsvorgang auf dem Gebiet der symbolischen KI formalisiert und mithilfe der Answer-Set-Programming-Sprache s(CASP) maschinell vollzogen werden kann, wobei s(CASP) – anders als klassische Implementierungen – in der Lage ist, dem User vereinfachte logische Begründungen nicht nur für den Erfolg, sondern auch den Fehlschlag der maschinellen Prüfung auszugeben.*

1. Einleitung

Im März 2024 wurde an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg ein neues Forschungsprojekt mit der Bezeichnung *DIREGA* (Digitaler Registerassistent)¹ gestartet. Beteiligt sind die in diesem Beitrag genannten Autoren. Finanziert wird das Forschungsvorhaben von der Bundesnotarkammer in Berlin (BNotK). Durch die Beordnung von Notarassessoren wird das Projekt von der Bayerischen Landesnotarkammer Bayern (LNotK) personell tatkräftig unterstützt. Das Bayerische Staatsministerium der Justiz (StMJ) stellt schließlich für das Projekt eine hinsichtlich deren Umfang und Vollständigkeit einzigartige Menge an Daten bisheriger Handelsregistervorgänge u.a. als Trainings- und Evaluationsdaten zur Verfügung.

Ziel des Forschungsprojektes ist es u.a., die Möglichkeiten des Einsatzes verschiedener Teildisziplinen der künstlichen Intelligenz (KI) im Rahmen der juristischen Entscheidungsfindung zu erforschen. Am Beispiel der Handelsregistervorgänge wird untersucht, inwieweit juristische Entscheidungen allgemein maschinell unterstützt werden können bzw. inwieweit sogar komplexe Entscheidungsvorschläge automatisch generierbar sind. Besonders im Fokus stehen dabei von Anfang an Erklärbarkeit und Verständlichkeit sowohl des maschinell repräsentierten Wissens als auch der generierten Entscheidungsvorschläge. Vor diesem Hintergrund kommt einer engen interdisziplinären Zusammenarbeit der beteiligten Disziplinen Rechtswissenschaften, Mustererkennung, maschinelles Schließen, Wissensrepräsentation und Computerlinguistik große Bedeutung zu.

Soweit ersichtlich, wurde das hierzu maßgebliche (deutsche) Handels-, Gesellschafts- und Registerrecht bisher noch nicht schwerpunktartig für Forschungsprojekte zu *Logical & Legal Reasoning and Argumentation* herangezogen. Die rechtliche Grundlage vorangegangener Projekte bildeten vielmehr etwa die Datenschutzgrundverordnung (DSGVO)², das (amerikanische, französische) Steuerrecht³ oder Case Law aus dem anglo-amerikanischen Rechtskreis (z.B. der prominente Case *Popov v Hayashi*⁴).

Insbesondere das Handelsregisterrecht eignet sich jedoch ganz besonders für die KI-Forschung, da es sich um eine hochkonzentrierte und bereits in der natürlichsprachlichen Welt der Juristen sehr formalisierte⁵ Materie handelt. Ein weiterer entscheidender Vorteil dieser Rechtsmaterie ist vor allem, dass bereits seit dem Jahre 2007 zwischen Notariaten und Registergerichten die die Registervorgänge verkörpernden Daten über den elektronischen Rechtsverkehr⁶ ausgetauscht werden, mithin große digitale Datenmengen verfügbar sind, die ausschließlich von juristischen Fachanwendern erstellt wurden. Daher kann man mit großer Wahrscheinlichkeit von einer hohen juristisch-fachlichen Qualität der Daten ausgehen. Wohlgemerkt gibt es gleichzeitig

¹ Siehe <https://www.direga.fau.de> (Letztes Abrufdatum: 28.08.2024).

² LIBAL, TOMER, "Legal linguistic templates and the tension between legal knowledge representation and reasoning" in: HARTUNG, THOMAS (Hrsg.), "Frontiers in Artificial Intelligence", 2023, vol. 6. DOI: 10.3389/frai.2023.1136263.

³ MERIGOUX, DENIS/CHATAING, NICOLAS/PROTZENKO, JONATHAN, "Catala: A programming language for the law" in: HICKS, MICHAEL (Hrsg.), "Proceedings of the ACM on Programming Languages", Volume 5 (Issue ICFP), pp. 1-29. DOI: 10.1145/3473582.

⁴ PRAKKEN, HENRY, "Reconstructing Popov v. Hayashi in a framework for argumentation with structured arguments and Dungean semantics" in: ASHLEY, KEVIN D./SARTOR, GIOVANNI/GRABMAIR, MATTHIAS/ATKINSON, KATIE (Hrsg.), "Artificial Intelligence & Law" 2012, vol. 20, pp. 57-92. DOI: 10.1007/s10506-012-9117-8. BENCH-CAPON, TREVOR J. M., "Representing Popov v Hayashi with dimensions and factors", in: ASHLEY, KEVIN D./SARTOR, GIOVANNI/GRABMAIR, MATTHIAS/ATKINSON, KATIE (Hrsg.) "Artificial Intelligence & Law", vol. 20, pp. 15-25. DOI: 10.1007/s10506-012-9118-7. RAPP, MAX/ADRIAN, AXEL/KOHLHASE, MICHAEL, "Context Graphs for Legal Reasoning and Argumentation. DOI: 10.48550/arXiv.2007.00732.

⁵ Zur strengen Formalisierung des Registerrechts siehe KRAFKA, ALEXANDER in: KRAFKA, ALEXANDER, "Registerrecht", 12. Auflage, München 2024, Teil 1 Handelsregister Rn. 85 ff. m.w.A.

⁶ Siehe BÜTTNER, WALTER in: BÜTTNER, WALTER/FROHN, MATTHIAS/SEEBACH, DANIEL, „Elektronischer Rechtsverkehr und Informationstechnologie im Notariat, München 2019“, Kapitel 2 Elektronischer Rechtsverkehr Rn. 7 ff. m.w.A. zu allg. Anforderungen ggü. Beteiligten und zu Dateiformaten, Rn. 56 ff. m.w.A. zu Anforderungen aufseiten der Notare inkl. Einführung in die Software XNotar, Rn. 1129 m.w.A. zu Anforderungen aufseiten der Registergerichte.

sowohl einfache als auch komplexe Registervorgänge, mithilfe derer man verschiedene Komplexitätsstufen von juristischen Entscheidungen zum Test von verschiedensten KI-Verfahren systematisch nutzen kann.⁷

Aus der Fülle von Forschungsfragen, die im dreijährigen Forschungsprojekt DIREGA untersucht werden, soll in diesem Beitrag beispielhaft dargestellt werden, wie die rechtliche Prüfung einer Registeranmeldung zur Eintragung eines neuen Geschäftsführers einer bestehenden Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH) mithilfe von *s(CASP)* auf dem Gebiet der symbolischen KI modelliert werden könnte und welche Vor- und Nachteile sich bei einer entsprechenden maschinellen Entscheidungsfindung zeigen.⁸

2. Rechtliche Grundlagen

Die GmbH ist als juristische Person selbständiger Träger von Rechten und Pflichten (§ 13 Abs. 1 GmbHG). Zur Teilnahme am Rechtsverkehr bedarf sie eines oder mehrerer Geschäftsführer, die den geschäftlichen Willen der Gesellschaft bilden und die Interessen nach außen verfolgen (§§ 6 Abs. 1, 39 Abs. 1 GmbHG). Im projektgegenständlichen Handelsregister werden die wesentlichen Eigenschaften der GmbH festgehalten und sind für jedermann einsehbar.⁹ Das Handelsregister garantiert im Wirtschaftsleben Transparenz, Beschleunigung und Rechtssicherheit, indem die Eigenschaften über die Gesellschaft für alle Beteiligten Vertrauensschutz genießen (§ 15 HGB).¹⁰

Die Geschäftsführer sind im Handelsregister mit Namen, Geburtsdatum und Wohnort eingetragen. Daneben wird der Umfang der Vertretungsbefugnis, d.h. die Befähigung des jeweiligen Geschäftsführers, im Namen der Gesellschaft verbindlich zu handeln (§ 35 GmbHG), explizit bezeichnet (§ 43 Nr. 4 b HRV). Jede Änderung muss zum Handelsregister angemeldet werden (§ 39 Abs. 1 GmbHG). Zu solchen anmeldepflichtigen Änderungen gehört auch die Bestellung eines weiteren Geschäftsführers, die nachfolgend betrachtet werden soll. § 6 GmbHG regelt die materiellen Voraussetzungen, unter denen ein Geschäftsführer bestellt werden kann. Demnach muss der Geschäftsführer ...

- ... eine natürliche Person sein (§ 6 Abs. 2 S. 1 GmbHG), ...
- ... zur Ausübung dieser Tätigkeit geeignet und zuverlässig sein, darf also insbesondere nicht einschlägig vorbestraft oder mit einem Gewerbeverbot belegt sein (§ 6 Abs. 2 S. 2 GmbHG) und ...
- ... durch einen Bestellungsakt der Gesellschafter, also der Inhaber der Gesellschaft, berufen werden (§ 46 Nr. 5 GmbHG); dies ist in der Regel ein Beschluss der Gesellschafterversammlung.¹¹

Dieser Beschluss muss seinerseits in Verfahren und Inhalt mit dem Gesellschaftsvertrag (sog. Satzung) der Gesellschaft vereinbar sein. In der Praxis erscheinen hier die meisten Fehler, wenn etwa einem Geschäftsführer

⁷ Die Eintragungsfähigkeit und -pflichtigkeit von Tatsachen und die Form der Eintragung sowie entsprechende Nachweise sind streng reguliert. Sie richten sich u.a. nach den einschlägigen formellen und materiellen Fachgesetzen. Zum Gebot der Vermeidung einer Überfrachtung des Handelsregisters (auch "Registerklarheit" genannt) und zur anschaulichen Darstellung einiger Fallgruppen siehe KRAFKA, ALEXANDER in: KRAFKA, ALEXANDER, "Registerrecht", 12. Auflage, München 2024, Teil 1 Handelsregister Rn. 85 ff. m.w.A. und m.w.N.

⁸ Zur nutzerfreundliche Implementierung von *s(CASP)* in SWISH siehe <https://swish.swi-prolog.org/example/scasp.swinb> (Letztes Abrufdatum: 20.09.2024). Zum Ausgangspapier von *s(CASP)* siehe ARIAS, JOAQUIN/CARRO, MANUEL/SALAZAR, ELMER/MARPLE, KYLE/GUPTA, GOPAL, "Constraint Answer Set Programming without Grounding" in: TRUSZCZYNSKI, MIROSLAW (Hrsg.), "Theory and Practice of Logic Programming", Volume 18 (Special Issue 3–4), pp. 337–354. DOI:10.1017/S1471068418000285.

⁹ Vgl. hierzu HOPT, KLAUS J./KUMPAN, CHRISTOPH/LEYENS, PATRICK C./MERKT, HANNO/ROTH, MARKUS, "Beck'sche Kurzkommentare – Handelsgesetzbuch", 43. Auflage, 2024 München, HGB § 15 Rn. 1 ff.

¹⁰ Vgl. HOPT, KLAUS J./KUMPAN, CHRISTOPH/LEYENS, PATRICK C./MERKT, HANNO/ROTH, MARKUS, "Beck'sche Kurzkommentare – Handelsgesetzbuch", 43. Auflage, 2024 München, HGB § 15 Rn. 1 ff.

¹¹ WICKE, HARTMUT, "Gesetz betreffend die Gesellschaften mit beschränkter Haftung (GmbHG)", 5. Auflage, 2024 München, GmbHG § 6 Rn. 10.

eine Vertretungsbefugnis jenseits des nach der Satzung zulässigen Rahmens (vgl. § 35 Abs. 2 S. 1 GmbHG) eingeräumt werden soll (z.B. unzulässige Befreiung von den Beschränkungen des § 181 BGB).

Neben diesen materiellen Anforderungen sieht das Gesetz auch das Verfahren vor, wie die Anmeldung eines neuen Geschäftsführers von statten geht: Die Anmeldung ist gem. § 39 Abs. 1 GmbHG, § 12 Abs. 1 HGB elektronisch in öffentlich beglaubigter Form einzureichen. Urkunden über die Bestellung der Geschäftsführer, also der Gesellschafterbeschluss, sind beizufügen (§ 39 Abs. 2 GmbHG, § 12 Abs. 2 HGB). Zuletzt hat der neue Geschäftsführer zu versichern, dass er i.S.d. § 6 Abs. 2 S. 2 GmbHG tauglich ist.

Sämtliche Informationen in der Anmeldung korreliert das Handelsregister mit dort bereits vorliegenden Unterlagen, wie den bisherigen Registereintragungen sowie Satzung und Gesellschafterliste, die bei Gründung eingereicht wurden. Die Anmeldung wird in der Regel von einem Notar entworfen, die Eintragung in das Register selbst nimmt das zuständige Gericht vor. Die rechtliche Entscheidung über den Antrag erfordert die Prüfung der Dokumente hinsichtlich deren Inhalts, der einerseits a) die rechtlichen Voraussetzungen vollständig erfüllen und andererseits auch b) in allen Dokumenten widerspruchsfrei¹² enthalten sein muss.

Die Rechtsnormen und Daten der Dokumente werden im Projekt mithilfe der Methoden der *symbolischen KI*¹³ modelliert und maschinell verarbeitet. Hierbei gilt: Je formaler und mathematischer sich ein Prozess abbilden lässt, desto treffsicherer, effizienter, robuster und genauer können die Maschinen arbeiten.¹⁴ Die Ergebnisse werden evaluiert, um die Möglichkeiten von maschinellen juristischen Prüfungen zu erforschen.

3. Formalisierung: Logik & s(CASP)

In dieser Fallstudie verfolgen wir den klassischen Ansatz, Domänenwissen (hier: notwendiges bzw. relevantes juristisches Hintergrund- und Verfahrenswissen) durch einen manuellen, im Austausch zwischen technischen und nicht-technischen Domänenexperten (hier: Logiker des Lehrstuhls Informatik 8 und der Professur für Wissensrepräsentation und -repräsentation einerseits und die beigeordneten Notarassessoren andererseits) qualitativ abgesicherten Formalisierungsprozess in eine formalen Sprache zu fassen. Über deren Sätze kann deduktives Schließen in einem korrekten und vollständigen System automatisiert werden.

Diese Herangehensweise stößt in der juristischen Domäne einerseits auf Herausforderungen, die sich auch mit denen aus anderen KI-Domänen decken. Zu diesen zählen etwa die aus dem *Common-Sense Reasoning* bekannten Phänomenen der Notwendigkeit der Beherrschung von Ereignissen und temporalen Aspekten sowie der *Closed World Assumption* (d.h. nur diejenigen Aussagen, die aus dem formalisierten Wissen deduktiv

¹² Zur Widerspruchsfreiheit übermittelter Eintragungsdaten vgl. etwa BÜTTNER, WALTER in: BÜTTNER, WALTER/FROHN, MATTHIAS/SEEBACH, DANIEL, „Elektronischer Rechtsverkehr und Informationstechnologie im Notariat“, München 2019, Kapitel 2 Elektronischer Rechtsverkehr Rn. 159.

¹³ Siehe ausführlich CASINI, GIOVANNI/ROBALDO, LIVIO/VAN DER TORRE, LEENDERT/VILLATA, SERENA (Hrsg.), „Handbook of Legal AI“, Rickmansworth 2022; ADRIAN, AXEL/KEUCHEN, MICHAEL/RAPP, MAX/STEEN, ALEXANDER, „Auslegung des KI-VO-E zur Evaluation von Symbolischen Deduktionsverfahren der KI für juristische Anwendungen“ in: SCHWEIGHOFER, ERICH/EDER, STEFAN/CONSTANTINI, FEDERICO/SCHMAUTZER, FELIX/PFISTER, JONAS (Hrsg.), „Sprachmodelle: Juristische Papageien oder mehr? – Tagungsband des 27. Internationalen Rechtsinformatik Symposiums IRIS 2024“, Bern 2024, S. 85-94. DOI: 10.38023/38a66708-701d-4947-bcbc-b50d1d104701. Weiterführend zur Skalierbarkeit von (Legal-Tech-)Rechtsdienstleistungen siehe ADRIAN, AXEL/SCHRÖDER, LUTZ/MAIER, ANDREAS, „Sogenannte Künstliche Intelligenz (KI) und ihr Nutzen für Juristen“ in: ADRIAN, AXEL/KOHLHASE, MICHAEL/EVERT, STEPHANIE/ZWICKEL, MARTIN (Hrsg.), „Digitalisierung von Zivilprozess und Rechtsdurchsetzung“ zu den „Schriften im Prozessrecht“, Band 284, Duncker & Humblot, Berlin 2022, S. 201-220, S. 202 ff. m.w.N.

¹⁴ Zu in der Finanzverwaltung (als Massenverwaltung) eingesetzten Expertensystemen siehe ADRIAN, AXEL/BARTHEL, HOLGER, „Expertensysteme in der Steuerverwaltung – Vorbild bei der Realisierung eines künftigen Justizportals?“ in: ADRIAN, AXEL/KOHLHASE, MICHAEL/EVERT, STEPHANIE/ZWICKEL, MARTIN (Hrsg.), „Digitalisierung von Zivilprozess und Rechtsdurchsetzung“ zu den „Schriften im Prozessrecht“, Band 284, Duncker & Humblot, Berlin 2022, S. 101-115 m.w.N.

geschlossen werden können, treffen zu) und dem hiermit eng verbundenen Phänomen der *Nicht-Monotonizität* (d.h. neues Wissen kann zuvor hergeleitete Schlussfolgerungen invalidieren). Andererseits liegt in der juristischen Domäne ein besonderer Fokus auf der Anfechtbarkeit von Argumenten, die wiederum die Rücknahme einer Schlussfolgerung nach sich ziehen kann (*Defeasibility*). Überdies müssen Begründungen (*Justification*) und Erklärungen (*Explanation*) juristischer Entscheidungen über die Generierung, Abwägung und Beantwortung juristischer (Gegen-)Argumente für die Rechenschaft gegenüber Dritten (*Scrutability*) offen sein. Weiters folgen aus juristischen Normen deontische Sätze des Verbots, des Gebots oder der Erlaubnis, welche idealerweise im logischen Formalismus ausdrückbar sein sollten.

Als Antwort auf diese Herausforderungen hat die logikbasierte LegalAI (auch *Good Old Fashioned AI and Law – GOFAIL* genannt¹⁵) eine Vielzahl an Formalismen entwickelt bzw. verwendet. Dazu gehören u.a.:

- *Ereigniskalkül*-basierte¹⁶ Ansätze zur Beherrschung temporaler Aspekte¹⁷ mit sog. *Circumscription* für nicht-monotones Schließen;
- *Defaultlogik*¹⁸ sowie ihre mit Prioritäten ausgestatteten Varianten¹⁹ und Umsetzungen²⁰;
- *Anfechtbare deontische Logik* in verschiedenen Varianten u.a. mit einem Fokus auf pflichtwidrige Obligationen (*Contrary-to-Duty Obligations*)²¹;
- *Input/Output-Logik* zum Umgang mit deontischen Paradoxien²², teilweise mit sog. *Reifizierung*²³;
- Systeme oder Rahmenwerke der *formalen Argumentation* wie *ASPIC*²⁴ oder *Carneades*^{25 26};

¹⁵ BENCH-CAPON, TREVOR J. M., "The Need for Good Old-Fashioned AI and Law" in: Jusletter IT 21, Januar 2020. DOI: 10.38023/cefe7081-e6dd-49de-9592-9adbb6063fd6.

¹⁶ MUELLER, ERIK T., "Commonsense reasoning: An Event Calculus based approach", Morgan Kaufmann 2014.

¹⁷ FARRELL, ANDREW/SERGOT, MAREK/SALLÉ, MATHIAS/BARTOLINI, CLAUDIO, "Using the event calculus for tracking the normative state of contracts" in: JIAN, YANG/MECELLA, MASSIMO/SU, JIANWEN (Hrsg.), "International Journal of Cooperative Information Systems", Volume 14, p 99-129. DOI: 10.1142/S0218843005001110.

¹⁸ REITER, RAYMOND, "A logic for default reasoning" in: THIEBAUX, SYLVIE/MICHAEL, WOOLDRIDGE (Hrsg.), "Artificial intelligence", Volume 13 (Issue 1-2), pp. 81-132. DOI: 10.1016/0004-3702(80)90014-4.

¹⁹ BREWKA, GERHARD/THOMAS EITER, "Prioritizing default logic" in: HÖLDOBLER, STEFFEN, "Intellectics and Computational Logic" in: GABBAY, DOV M. (Hrsg.), "Applied Logic Series", Volume 19, pp. 27-45. DOI: 10.1007/978-94-015-9383-0_3.

²⁰ MERIGOUX, DENIS/CHATAING, NICOLAS/PROTZENKO, JONATHAN, "Catala: A programming language for the law" in: HICKS, MICHAEL (Hrsg.), "Proceedings of the ACM on Programming Languages", Volume 5 (Issue ICFP), pp. 1-29. DOI: 10.1145/3473582.

²¹ GOVERNATORI, GIOVANNI, "Practical Normative Reasoning with Defeasible Deontic Logic" in: "Reasoning Web – Learning, Uncertainty, Streaming, and Scalability, 14th International Summer School 2018, Esch-sur-Alzette, Luxembourg, September 22-26, 2018, Tutorial Lectures", D'AMATO, CLAUDIA/MARTIN THEOBALD (Hrsg.), part of: NUGENT, RONAN, "Lecture Notes in Computer Science", vol 11078, pp. 1-25. DOI: 10.1007/978-3-030-00338-8_1.

²² GANSEN, JÖRG/GABRIELLA PIGOZZI/LEENDERT, VAN DER TORRE, "Ten philosophical problems in deontic logic" in: "Dagstuhl Seminar Proceedings", Volume 7122, pp. 1-26. DOI: 10.4230/DagSemProc.07122.28.

²³ ROBALDO, VIVIO/SUN, XIN, "Reified input/output logic: Combining input/output logic and reification to represent norms coming from existing legislation" in: GABBAY, DOV M. (Hrsg.), "Journal of Logic and Computation", Volume 27 (Issue 8), pp. 2471-2503. DOI: 10.1093/logcom/exx009.

²⁴ MODGIL, SANJAY/PRAKKEN, HENRY, "The ASPIC+ framework for structured argumentation: a tutorial" in: BARONI, PIETRO/ VERHEIJ, BART (Hrsg.), "Argument & Computation", Volume 5 (Issue 1), pp. 31-62. DOI: 10.1080/19462166.2013.869766.

²⁵ GORDON, THOMAS F./FRIEDRICH, HORST/WALTON, DOUGLAS, "Representing argumentation schemes with constraint handling rules (CHR)" in: BARONI, PIETRO/ VERHEIJ, BART (Hrsg.), "Argument & Computation", Volume 9 (Issue 2), pp. 91-119.

²⁶ GORDON, THOMAS F., "Defining Argument Weighing Functions" in: GABBAY, DOV M./KRAUS, SARIT/SIEKMANN, JOERG (Hrsg.), "Journal of Logics and their Applications (FLAP)", Volume 5 (Issue 3), pp. 747-773.

- Systeme der (*deklarativen*) Logikprogrammierung wie klassisches *Prolog* oder Varianten des *Answer Set Programming (ASP)* mit verschiedenen Semantiken (partiell) stabil, wohlfundiert etc., z.B. das hier gewählte *s(CASP)*²⁷ und darauf basierende Systeme (*Blawx*)²⁸.

Die gründliche Evaluierung und ggf. Anpassung der genannten und verwandten Formalismen für die juristische Domäne des Registerrechts ist mithin zentraler Bestandteil des Forschungsprojekts DIREGA. Im Folgenden wird eine solche Evaluierung am Beispiel von *s(CASP)* durchgeführt.

Wir verwenden die SWI-Prolog Implementierung von *s(CASP)* (*goal directed Constraint Answer Set Programming*) für nicht-monotones Schließen.²⁹ *s(CASP)* erweitert den Ansatz von *s(ASP)*³⁰ um die Ansätze und Möglichkeiten der *Constraint*-Programmierung. Sie bietet einen sehr flexiblen Startpunkt für die Formalisierung komplexer Sachverhalte. Neben semantischen Erweiterungen bietet *s(CASP)* auch Möglichkeiten zur Generierung lesbarer Erklärungen, die es für unseren XAI-Anwendungskontext besonders interessant machen.³¹ Mit *s(LAW)*³² gibt es auch einen Leitfaden (*Framework*) speziell für die Formalisierung juristischer Sachverhalte mit *s(CASP)*. Ein Kernaspekt von *s(CASP)* ist das automatische Dualisieren der spezifizierten Regeln, wodurch Begründungen sowohl für positive als auch für negative Resultate generiert werden. Dies steht im Kontrast zu klassischen logikbasierten Formalisierungsansätzen, die in der Regel nur für einen der beiden Fälle eine Begründung in Form eines Gegenbeispiels oder (Gegen)Modells liefern. Durch unseren automatisierten Datenextraktionsansatz kann es passieren, dass bestimmte Informationen nicht aus den vorliegenden Dokumenten extrahiert werden können. Damit in diesem Fall dennoch sinnvolle Ergebnisse berechnet werden können, unterstützt *s(CASP)* die *Abduktion*. Nicht-extrahierte Prädikate können dadurch als ungewiss markiert werden und die resultierenden Begründungen treffen dann explizit Annahmen über deren Wert, die durch den Nutzer zu verifizieren sind. Durch ähnliche Mechanismen von *s(CASP)* lassen sich auch Prädikate definieren, die standardmäßig als wahr angenommen werden, wenn keine Indizien für das Gegenteil bekannt sind.

4. Experimente und Ergebnis

Die Formalisierung der Registeranmeldung zerfällt dem *s(LAW)*-Ansatz entsprechend³³ in drei Teilmodule: a) die Evidenz, die die konkreten Fallfakten in Form von Untersätzen enthält, b) das Lexikon, das die in der Formalisierung verwendeten Prädikate auflistet und ihnen natürlichsprachliche Repräsentationen zuordnet und c) die Artikel, die die abstrakten juristischen Normen und Regeln (Obersätze) umfassen. Zur Laufzeit wendet

²⁷ ARIAS, JOAQUIN/CARRO, MANUEL/SALAZAR, ELMER/MARPLE, KYLE/GUPTA, GOPAL, "Constraint Answer Set Programming without Grounding" in: TRUSZCZYNSKI, MIROSLAW (Hrsg.), "Theory and Practice of Logic Programming", Volume 18 (Special Issue 3–4), pp. 337–354. DOI:10.1017/S1471068418000285.

²⁸ MORRIS, SASON, "Building Blawx", International Conference on Logic Programming 2023 Workshops.

²⁹ Vgl. ARIAS, JOAQUIN/CARRO, MANUEL/SALAZAR, ELMER/MARPLE, KYLE/GUPTA, GOPAL, "Constraint Answer Set Programming without Grounding" in: TRUSZCZYNSKI, MIROSLAW (Hrsg.), "Theory and Practice of Logic Programming", Volume 18 (Special Issue 3–4), pp. 337–354. DOI:10.1017/S1471068418000285.

³⁰ MARPLE, KYLE/ ELMER, SALAZAR/GUPTA, GOPAL, "Computing Stable Models of Normal Logic Programs Without Grounding". DOI: 10.48550/arXiv.1709.00501.

³¹ Vgl. ARIAS, JOAQUÍN/GUPTA, GOPAL/CARRO, MANUEL, "A Short Tutorial on *s(CASP)*, a Goal-directed Execution of Constraint Answer Set Programs" in: "International Conference on Logic Programming 2021 Workshops".

³² Vgl. ARIAS, JOAQUÍN/MORENO-REBATO, MAR/RODRÍGUEZ-GARCÍA, JOSÉ A./OSSOWSKI, SASCHA, „Automated legal reasoning with discretion to act using *s(LAW)*“ in: ASHLEY, KEVIN D./SARTOR, GIOVANNI/GRABMAIR, MATTHIAS/ATKINSON, KATIE (Hrsg.), "Artificial Intelligence and Law", volume 32, pp. 1141-1164. DOI: 10.1007/s10506-023-09376-5.

³³ Vgl. ARIAS, JOAQUÍN/MORENO-REBATO, MAR/RODRÍGUEZ-GARCÍA, JOSÉ A./OSSOWSKI, SASCHA, „Automated legal reasoning with discretion to act using *s(LAW)*“ in: ASHLEY, KEVIN D./SARTOR, GIOVANNI/GRABMAIR, MATTHIAS/ATKINSON, KATIE (Hrsg.), "Artificial Intelligence and Law", volume 32, pp. 1141-1164. DOI: 10.1007/s10506-023-09376-5.

s(CASP) den relevanten Teil der Artikel auf die Fallfakten an und nutzt das Lexikon zur Generierung natürlichsprachlicher Erklärungen des Prüfvorgangs.

Die Evidenz besteht aktuell noch aus manuell erfassten Prädikaten aus ausgewählten Beispielen. Im weiteren Verlauf des DIREGA-Projekts werden wir Methoden der Computerlinguistik und des maschinellen Lernens nutzen, um sie automatisch aus den gegebenen Dokumenten zu generieren.

Die Umsetzung der Prüfungspunkte geschieht in der deklarativen Programmierung durch *Regeln* der Form $A :- B_1, \dots, B_n$, deren *Kopf* (vor dem “:-”), das zu prüfende *Prädikat* und deren *Körper* (nach dem “:-”) die relevanten Tatbestandsmerkmale bilden. *Konjunktionen* (also “und”-Verknüpfungen von Tatbestandsmerkmalen werden durch eine kommaseparierte Liste im Regelkörper abgebildet). *Disjunktionen* (also “oder”-Verknüpfungen) durch mehrere Regeln mit demselben Kopf. Schließlich erlaubt s(CASP) sowohl eine *schwache* Negation `not` als auch eine *starke* Negation “-”. Letztere erfordert die Herleitung des negierten Prädikats und erstere nur das Fehlschlagen aller Versuche, das Prädikat herzuleiten (*Negation als Fehlschlag*). Der wesentliche Unterschied zu konventioneller Prologsemantik besteht allerdings darin, dass dieser Fehlschlag durch die Prüfung eines dedizierten dualen Prädikats zertifiziert wird. Dies ermöglicht die Verarbeitung und Erklärung negierter Anfragen und bildet dabei die oben erwähnte *Closed-World Assumption* ab. Die Prüfung zerfällt so größtenteils in die Zerlegung in Unterprüfungspunkte und die Suche nach Untersätzen in der Evidenz. Beispielhaft dafür ist die Aufteilung der Prüfung der formellen Eigenschaften (`pruefung_formelle_eigenschaften`) des Antrags in die einzelnen Prüfungspunkte und die Überprüfung der Zuständigkeit des Gerichts:

```
pruefung_formelle_eigenschaften(Antrag, Gericht, Unternehmen, Per, Zweck):-  
    zustaendigkeit_des_gerichts(Gericht, Unternehmen),  
    stellung_verfahrensantrag(Antrag),  
    abstrakte_eintragungsfaehigkeit(Antrag, Per),  
    vollstaendigkeit_der_angaben(Antrag, Per, Zweck),  
    noetige_unterschriften(Antrag, Per, Unternehmen),  
    notwendige_unterlagen(Antrag, Zweck).
```

Ausnahmen dazu stellen die Überprüfung der echten Gesamtvertretung mit einer bestimmten Zahl an weiteren Geschäftsführern und der formellen Rechtmäßigkeit des Beschlusses dar. Diese beiden Prüfungspunkte haben gemeinsam, dass es nicht möglich ist, eine fest formulierte Prüfregel anzugeben, da erst zur Laufzeit feststeht, wie viele Unterschriften bzw. Stimmen benötigt werden und nur ein Teil der möglichen Kandidaten benötigt wird. Um diese Prüfungspunkte zu beherrschen, müssen wir das in s(CASP) integrierte Prädikat “`findall(1,2,3)`” nutzen, das erfüllt ist, wenn alle Individuen “1”, die “2” erfüllen, in der Liste “3” enthalten sind. Diese Methode ist eine Prolog ISO-Standardfunktion, die ein allgemeines Caveat veranschaulicht: Bei s(CASP) - in seiner Prologimplementierung – handelt es sich um ein Fragment der Turing-vollständigen Prolog-Programmiersprache. Es lassen sich nicht ohne Weiteres beliebige Prolog-Prädikate semantisch sinnvoll in s(CASP) verwenden. Somit ist z.B. bei “`findall(1,2,3)`” eine Begründung der Ablehnung nicht möglich. Auch die Begründung der Annahme des Antrags ist in diesem Fall schwer verständlich. Dies liegt auch daran, dass s(CASP) einige der Prolog-Listenoperationen nicht unterstützt und diese deswegen s(CASP)-kompatibel nachimplementiert werden müssen (z.B. “`mlength`“ bei der Überprüfung des Unterschriften- bzw. Stimmenquorums). Zur Bestimmung einer Mehrheit wird beispielsweise durch die notwendige Berücksichtigung unterschiedlicher Gewichtung der Stimmen auch eine zusätzliche Listenmanipulation nötig.

```
mlength([], L) :- L #= 0.  
mlength([_|TL], L) :- L #> 0, mlength(TL, L - 1).
```

```
vertretung_und_unterschrift(Antrag, Per, Unternehmen) :-  
    vertretung(Per, Unternehmen, v1),  
    unterschrift(Per, Antrag).
```

```

unterschriften_nach_vertretungsbefugnis(Antrag, Per, Unternehmen, ver3) :-
    number(Unternehmen, N),
    findall(X, vertretung_und_unterschrift(Antrag, X, Unternehmen), L),
    mlength(L, M),
    M #> N.

summe([], L) :- L #= 0.
summe([N|TL], L) :- L #> 0, summe(TL, L - N).

mehrheit_fuer_beschluss(Antrag, Unternehmen) :-
    findall(X, stimme_abgegeben(Per, X, Unternehmen, Antrag), L),
    mehrheit(Unternehmen, summe(L, LL), N),
    LL #> N.

```

Eine der großen Herausforderungen des Projekts wird darin bestehen, die sich durch den großen Gestaltungsspielraum bei Satzung und Anmeldung ergebende Vielzahl möglicher fallspezifischer Regelungen in den Prüfungsvorgang zu integrieren. Ein Beispiel hierfür ist die oben dargestellte Regelung der Vertretungsbefugnis im Rahmen der Anmeldung eines neuen Geschäftsführers einer GmbH. Hierbei muss die Zulässigkeit der Vertretungsbefugnis selbst und die Unterzeichnung der Anmeldung durch eine vertretungsberechtigte Zahl Berechtigter geprüft werden. Gerade für letzteres sind klare Regeln in der Formalisierung notwendig.

Um dies zu ermöglichen, teilen wir die möglichen Regelungen in folgende Fallgruppen auf:

Für die Vertretungsregelung:

- Einzelvertretung
- Gesamtvertretung mit einem weiteren Geschäftsführer (§ 35 II GmbHG)
- echte Gesamtvertretung mit einer bestimmten Zahl an weiteren Geschäftsführern
- unechte Gesamtvertretung mit einem weiteren Geschäftsführer oder einem Prokuristen

Für die Befreiung von § 181 BGB:

- Generelle Befreiung von § 181 Alt. 1 und Alt. 2 BGB
- Generelle Befreiung von § 181 Alt. 1 BGB (ohne Alt. 2)
- Generelle Befreiung von § 181 Alt. 2 BGB (ohne Alt. 1)

Natürlich werden bei einem solchen Vorgehen nicht alle möglichen Fälle abzudecken sein. Es können so jedoch zumindest die Standardfälle überprüft werden.

Die Generierung von Untersätzen erfolgt durch Zuordnung passender Textstellen zu den vorhandenen Fallgruppen bei der Vorverarbeitung der Daten. Daraufhin erfolgt die der juristischen Subsumtion entsprechende Prüfung der Vertretungsbefugnis durch die zur jeweiligen Fallgruppe korrespondierende Regel (Obersatz). Bei Randfällen ist es möglich, bestehende Fallgruppen flexibel zu erweitern.

Die s(CASP)-Formalisierung liefert für alle – bis auf die genannten Ausnahmen – Erklärungen sowohl für Queries zur Prüfung der Anmeldung als auch für die Prüfung der dualen Variante zur Ablehnung. Über die im Lexikon hinterlegten, vielfältig anpassbaren natürlichsprachlichen Repräsentationen werden die generierten Erklärungen für den Menschen leicht verständlich dargestellt. So ist es möglich, Argumente der Prädikate zu übernehmen oder unterschiedliche Formulierungen in Abhängigkeit der Variablen zu vergeben. Im unteren Schaubild ist zu sehen, wie den unterschiedlichen Fallgruppen der Vertretungsbefugnis jeweils eigene natürlichsprachliche Formulierungen zugeordnet werden können in Abhängigkeit der jeweiligen Fallgruppe, wobei die Parameter in die Textbausteine übernommen werden.

```

#pred vertretungsbefugnis(Antrag, _, Per, ver1)::'der Antrag @(Antrag) enthält die Einzelvertretung für die Person @(Per)'.

```



```
#pred vertretungsbefugnis(Antrag, _, Per, ver2)::'der Antrag @(Antrag) enthält die Gesamtvertretung mit einem weiteren Geschäftsführer (§ 35 II) für die Person @(Per)'.
#pred vertretungsbefugnis(Antrag, _, Per, ver3)::'der Antrag @(Antrag) enthält die echte Gesamtvertretung mit einer bestimmten Zahl an weiteren Geschäftsführern für die Person @(Per)'.
#pred vertretungsbefugnis(Antrag, _, Per, ver4)::'der Antrag @(Antrag) enthält eine Vertretungsbefugnis, die an bestimmte Kategorie-Zuordnung gebunden ist für die Person @(Per)'.
```

s(CASP) produziert dann folgende gekürzte Ausgabe zu einem Beispielsfall der Bestellung eines Geschäftsführers für die fiktive “Cash Glücksspiele Erlangen GmbH”:

Die Anmeldung `antrag` erfüllt alle materiellen und formellen Voraussetzungen bezüglich der `bestellung_des_Geschäftsführers`, because

Die Anmeldung `antrag` erfüllt alle formellen Voraussetzungen bezüglich der `bestellung_des_Geschäftsführers`, because

Das Amtsgericht 'Fürth' ist zuständig für das Unternehmen `cash_Glücksspiele_Erlangen_GmbH`, because

Das Unternehmen `cash_Glücksspiele_Erlangen_GmbH` ist beim Amtsgericht 'Fürth' unter 'HRB 30456' eingetragen

Der Antrag `antrag` enthält einen Verfahrensantrag, because [...]

Der Antrag `antrag` ist abstrakt eintragungsfähig für die Person `johnny_Cash`, because [...]

Die Unterlagen des Antrags `antrag` enthalten alle notwendigen Angaben und die Erklärung um `johnny_Cash` zum Geschäftsführer zu bestellen, because

Alle notwendigen Daten der Person `johnny_Cash` sind vorhanden, because [...]

Die Person `johnny_Cash` hat die Erklärung nach Paragraph 6 Absatz 2 Satz 2 abgegeben

Die Anmeldung `antrag` wurde von hinreichend vertretungsberechtigten Personen des Unternehmens `cash_Glücksspiele_Erlangen_GmbH` unterschrieben, because

Der Gesellschafter `johnny_Cash` hat das Dokument `antrag` unterschrieben, and

Der Antrag `antrag` enthält die Vertretungsbefugnis `ver1` für die Person `johnny_Cash`, and

Der Antrag `antrag` wurde von `johnny_Cash` unterschrieben der einzelvertretungsbefugt ist, because [...]

Der Antrag `antrag` enthält alle notwendigen Unterlagen für eine Bestellung des Geschäftsführers, because [...]

Die Anmeldung `antrag` erfüllt alle materiellen Voraussetzungen bezüglich der `bestellung_des_Geschäftsführers`, because

Die Unterlagen des Antrags `antrag` sind konsistent, because [...]

Der Beschluss des Unternehmens `cash_Glücksspiele_Erlangen_GmbH` ist formell wirksam, because

Beschluss ordnungsgemäß, because

Die Satzung des Unternehmens `cash_Glücksspiele_Erlangen_GmbH` sieht keine besonderen Regeln vor, and

alle Gesellschafter des Unternehmens `cash_Glücksspiele_Erlangen_GmbH` haben unterschrieben, because [...]

Der Beschluss wurde mit einer Mehrheit gefasst gemäß der Satzung [...]

Der Beschluss des Unternehmens `cash_Glücksspiele_Erlangen_GmbH` ist materiell wirksam, because [...]

Auch wenn es wünschenswert wäre, dass s(CASP) im Falle der Ablehnung alle Gründe aufzählt, so wird die gewünschte Funktion auf Grund der Prüfung des dualen Programms nicht unterstützt. Ob s(CASP) anpassbar

ist, um alle Fehler bzw. Ablehnungsgründe zu finden, wurde von der Forschungsgruppe bislang nicht überprüft. Nichtsdestotrotz lässt sich eine Liste aller fehlenden Prädikate, die zur Ablehnung des Antrags geführt haben, durch iteratives Aufrufen der Query und anschließendes Eintragen des Fehlers in die Wissensbasis generieren.

5. Ergebnis und Fazit

In unseren Experimenten zeigte sich s(CASP) als flexibles Rahmenwerk für die Formalisierung von Registervorgängen. Insbesondere die Möglichkeit der Beantwortung negativer Anfragen sowie die Ausgabe korrespondierender Erklärungen erwiesen sich als nützlich. Dabei wurde in dieser Arbeit nur ein Teil der semantischen Möglichkeiten von s(CASP) genutzt. Z.B. wurden keine sog. *Abducibles* verwendet, die sich zur Modellierung von *Ambiguitäten* eignen.

Zählende Operationen, wie beispielsweise die Anzahl der berechtigten Unterschriften, stellen eine Herausforderung für s(CASP) dar. Sie können jedoch mit vielen anderen Formalisierungswerkzeugen schlichtweg gar nicht formalisiert werden, da beispielsweise in einem Argumentations- oder Logiksystem keine Rechenmöglichkeiten vorhanden sind. In diesem Kontext könnte man lediglich das Prädikat „mehrheit_fuer_beschluss“ durch externe Berechnungen instanziiieren. Eine generelle Herausforderung bei der Formalisierung juristischer Prozesse stellt die Modellierung der Zeit dar. Ein Beispiel ist die Prüfung, welche Gesellschafter zum Zeitpunkt einer Beschlussfassung über die Geschäftsführerstellung in der im Handelsregister aufgenommenen Gesellschafterliste benannt sind oder ob ein in die Zukunft hinausgeschobener Wirksamkeitszeitpunkt der Bestellung vor der Eintragung liegt. Es reicht hier nicht aus, zu prüfen, ob eine Befugnis durch einen vorangegangenen Beschluss etabliert wurde, sondern es muss immer die Gesamtheit der vorangehenden Beschlüsse betrachtet werden. Ein möglicher Ansatz wäre hier eine Einbettung von *Event* oder *Situation Calculus*, die in s(CASP) ohne Probleme möglich ist³⁴, aber die Datenextraktion komplizierter macht.

Ein weiterer Aspekt, der nicht offensichtlich in s(CASP) formulierbar ist, sind deontische Aussagen. Nur so lange keine Schachtelung solcher Aussagen auftritt, sollte eine Einbettung in s(CASP) ohne Probleme möglich sein. Insbesondere sog. *Contrary-to-duty Obligations*, bei denen sekundäre Verpflichtungen in eigentlich deontisch nicht erreichbaren (verbotenen) Welten eintreten, könnten hier eine Herausforderung darstellen. In voller Allgemeinheit muss eine mögliche Einbettung also noch untersucht werden. Ein Forschungsgegenstand des DIREGA-Projekts wird sein, ob solche Schachtelungen von deontischen Aussagen im Registerrecht relevant sind. Eine Verbesserung unseres Ansatzes wäre es, die Liste aller Probleme eines zu prüfenden Antrags in Prolog selbst zu generieren, statt wie in unserer aktuellen Implementierung über ein externes Skript mehrfach Prolog zu starten, um an alle Probleme zu kommen. Da s(CASP) selbst komplett über Metaprogrammierung implementiert ist, wäre es naheliegend sich hierfür auch der Möglichkeiten der *Metaprogrammierung* in Prolog zu bedienen.

³⁴ ARIAS, JOAQUÍN/CARRO, MANUEL/CHEN, ZHUO/GUPTA, GOPAL, "Modeling and Reasoning in Event Calculus using Goal-Directed Constraint Answer Set Programming" in: TRUSZCZYNSKI, MIROSLAW (Hrsg.), "Theory and Practice of Logic Programming", Volume 22 (Issue 1), pp. 51-80. DOI: 10.1017/S1471068421000156.