

Modellierung, Verifikation und Synthese von validen Planungszuständen für Fernsehausstrahlungen

Imke Drave,¹ Timo Henrich,² Katrin Hölldobler,¹
Oliver Kautz,¹ Judith Michael,¹ Bernhard Rumpe¹

Abstract: Für die Gestaltung von audiovisuellen Medienangeboten wie Fernsehprogramm und Video-On-Demand Angeboten müssen Lizenzverträge abgeschlossen werden. Aus diesen Verträgen ergeben sich Vorgaben, die bei der Planung der Angebote eingehalten werden müssen. Mit wachsender Anzahl an Verträgen und Formulierungen innerhalb der Verträge und ohne eine Möglichkeit diese einheitlich bzw. formal zu beschreiben, besteht das Risiko von Fehlinterpretationen und daraus resultierenden Fehlplanungen, welche zu Nachverhandlungen oder Vertragsstrafen führen können. Diese Arbeit beschreibt eine Domänenspezifische Sprache (DSL), die die Modellierung solcher Restriktionen durch Endanwenderinnen ohne tieferliegende Informatikkenntnisse ermöglicht. Darüber hinaus wurde die Sprache genutzt um eine Verifikation von Planungen sowie die Berechnung von erlaubten Verplanungszeiträumen zu automatisieren. Der praktische Einsatz dieser DSL in der Programmplanung hat gezeigt, dass Missverständnisse im Bezug auf die Bedeutung einer Restriktion minimiert, die Ermittlung erlaubter Verplanungszeiträume automatisiert und somit das Risiko von Fehlplanungen deutlich reduziert werden konnte.

Keywords: Domänenspezifische Sprache; Programmplanung; Verifikation; Vertragliche Restriktionen

1 Einleitung

Motivation und Problemstellung. Die Planung von Fernsehausstrahlungen ist an eine hohe Anzahl vertraglicher Regularien gebunden, wie beispielsweise die Anzahl und/oder Zeiträume, zu denen Wiederholungen gespielt oder bestimmte Staffeln gestartet, bzw. auf welchen Sendern Filme gezeigt werden dürfen. Diese Regelungen sind durchwegs *komplex und spezifisch*. Eine hohe Anzahl an Verträgen führt zudem zu einer großen Restriktionsdichte, mit der die Sendeplanung zu kämpfen hat. Ein Verstoß gegen diese Regelungen, beispielsweise durch Fehlinterpretationen und daraus folgender Fehlplanung, kann zu Nachverhandlungen oder Vertragsstrafen führen.

Die sich aus den Verträgen ergebenden Restriktionen wurden zur formalen Beschreibung von Restriktionen *mündlich* oder in Form von *informellen Kommentaren* an die Programmplaner weitergegeben. Infolgedessen gab es *keine einheitliche Notation für die Restriktionen*, wodurch gleiche Restriktionen durch verschiedene Kommentare beschrieben werden aber auch der gleiche Kommentar von verschiedenen Personen unterschiedlich interpretiert

¹ Software Engineering, RWTH Aachen University, Aachen, Germany

² CBC Cologne Broadcasting Center GmbH, Cologne, Germany



werden konnte. Ohne eine formale Beschreibung war es zudem nicht möglich die *Einhaltung der Restriktionen automatisiert zu überprüfen* oder *potenzielle Verplanungszeiträume zu berechnen*. All dies erfolgte vor Entwicklung der im Folgenden erläuterten Domänenspezifische Sprache (DSL) und deren Infrastruktur *manuell* durch die Programmplaner, wodurch Fehlplanungen möglich waren. Fehlplanungen können eine Neuverhandlung der Lizenzverträge erfordern oder sogar zu Vertragsstrafen führen. Hinzu kommt, dass die *Komplexität* der Restriktionen mit einer wachsenden Anzahl an zusätzlichen audiovisuellen Angebotsmöglichkeiten stetig steigt. Hieraus hat sich zudem der Bedarf für eine formale Beschreibung mit festgelegter Semantik ergeben. Eine solche Beschreibung bietet die Möglichkeit zur automatisierten Überprüfung der Einhaltung der vertraglichen Restriktionen und Berechnung von Zeitfenstern, in denen eine Verwertung stattfinden darf.

Forschungsfragen. Die zuvor beschriebenen Probleme werfen die folgenden Forschungsfragen auf, die in diesem Papier beantwortet werden:

- Welche Anforderungen bestehen an eine DSL, die für die Beschreibung von Vertraglichen Restriktionen verwendet werden kann?
- Welche Syntax ist für diese DSL notwendig, um die Restriktionen durch Endanwenderinnen ohne tieferliegende Informatikkenntnisse beschreiben lassen zu können?
- Welche zusätzlichen Funktionalitäten sind notwendig, um die Programmplanung bei ihrer Planungstätigkeit zu unterstützen?

Hauptbeitrag dieser Arbeit. Diese Arbeit beschreibt eine DSL, die die Modellierung solcher Restriktionen durch Endanwenderinnen ohne tieferliegende Informatikkenntnisse ermöglicht. Neben den iterativ identifizierten *Anforderungen* an solch eine Sprache behandelt dieses Papier einen *kleinen Teil der wichtigsten Sprachelemente* der Restriktions-DSL sowie umgesetzte Funktionalitäten, die den *Arbeitsaufwand der Beteiligten reduziert*: Man kann beispielsweise die *Einhaltung* der Restriktionen in der Planungsphase *automatisiert überprüfen* oder während des Planungsprozesses *Vorschläge für Zeitfenster* erhalten, in denen eine Verwertung stattfinden darf, d.h. Zeitfenster, die keine Restriktionen verletzen. Der praktische Einsatz dieser DSL in der Programmplanung hat gezeigt, dass Missverständnisse in Bezug auf die Bedeutung einer Restriktion minimiert, die Ermittlung erlaubter Verplanungszeiträume automatisiert und somit das Risiko von Fehlplanungen deutlich reduziert werden konnte.

Aufbau. Der nächste Abschnitt geht genauer auf die Anwendungsdomäne ein und beschreibt die wichtigsten Begrifflichkeiten aus dem Bereich der Fernsehausstrahlung und Fernsehprogrammplanung. Abschnitt 3 fasst die wichtigsten Anforderungen an die entwickelte DSL zusammen und beschreibt daraus resultierende Designentscheidungen. Eine Teilmenge der wichtigsten Elemente der DSL wird in Abschnitt 4, durch Beispiele untermalt, erklärt. Abschnitt 5 geht genauer auf die Unterstützung des Planungsprozesses durch Verifikation von Planungszuständen sowie die Synthese der Verplanungsmöglichkeiten, d.h. den Vorschlag möglicher Zeitfenster, die keine Restriktionen verletzen, ein. Abschnitt 6 beschreibt verwandte Arbeiten aus diesem Themengebiet und zeigt den State-of-the-Art

dieses Forschungsbereichs auf. Der letzte Abschnitt fasst die Arbeit zusammen und bietet einen Ausblick auf mögliche Erweiterungen.

2 Begrifflichkeiten und Problemstellungen in der Fernsehdomäne

In diesem Abschnitt werden die Begrifflichkeiten aus dem Bereich der Fernsehausstrahlung und Fernsehprogrammplanung sowie die Fragestellungen, die zur Entwicklung einer DSL geführt haben, erläutert. Neben dem klassischen, über Fernsehgeräte abzurufendem Fernsehprogramm, hat inzwischen auch der Abruf von audiovisuellen Inhalten zu beliebigen Zeitpunkten (im Folgenden Video-On-Demand, kurz VOD) an Bedeutung gewonnen. Im Bezug auf audiovisuelle Medienangebote unterscheidet man zwischen dem linearen und dem nicht-linearen Bereich [Ha09]. Der lineare Bereich umfasst die klassische Ausstrahlung über Fernsehgeräte. Hierbei werden die verschiedenen Angebote wie Filme und Episoden zeitlich nacheinander zu vordefinierten Zeiten angeboten. Der nicht-lineare Bereich hingegen umfasst das On-Demand Angebot. Hierbei stehen audiovisuelle Angebote zeitgleich zum Abruf zur Verfügung.

Um ein audiovisuelles Medienangebot auszugestalten ist sowohl für den linearen als auch für den nicht-linearen Bereich der Erwerb von Lizenzen notwendig. Vertraglich werden hierbei die Rahmenbedingungen bzw. Restriktionen für die audiovisuellen Angebote festgelegt. Dies umfasst insbesondere 1) den Lizenzzeitraum, 2) die Anzahl der Ausstrahlungen (Runs) sowie Wiederholungen (Reruns), 3) die Anzahl und Länge der VOD Bereitstellungsmöglichkeiten sowie 4) die erlaubten Sender bzw. VOD Plattformen. Ausstrahlungen bzw. VOD Bereitstellungen dürfen nur innerhalb des Lizenzzeitraums stattfinden. Der Lizenzzeitraum definiert also den frühestmöglichen Start sowie das späteste erlaubte Ende einer Ausstrahlung bzw. Bereitstellung.

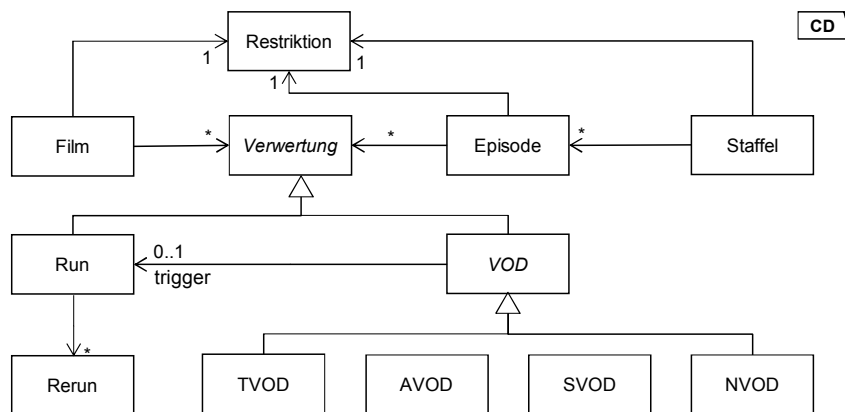


Abb. 1: Modell der Fernsehdomäne mit Fokus auf Verwertungen und deren Restriktionen

Sowohl die Ausstrahlungen im linearen Bereich als auch die Bereitstellung als VOD im nicht-linearen Bereich wird unter dem Begriff der Verwertung zusammengefasst. Eine Verwertung im nicht-linearen Bereich kann zudem abhängig von einer Verwertung im linearen Bereich sein. Ein typisches Beispiel hierfür ist die 7 tägige Bereitstellung als VOD im Anschluss an eine Ausstrahlung im linearen Bereich. In diesem Fall spricht man davon, dass die lineare Verwertung die nicht-lineare triggert. Bei VOD Verwertungen kann zwischen verschiedenen Finanzierungsvarianten unterschieden werden. So kann der Abruf gekauft werden (Transactional-VOD, kurz TVOD), durch Werbung (Advertising-VOD, kurz AVOD) oder durch ein Abonnement (Subscription-VOD, kurz SVOD) finanziert sein. Ebenfalls dem VOD Bereich zugerechnet wird Near-VOD (kurz NVOD). Hierbei wird die Ausstrahlung zeitversetzt zu festgesetzten Zeitpunkten angeboten, beispielsweise jede Viertelstunde. Der Zeitpunkt kann hierbei nicht komplett frei durch den Endverbraucher gewählt werden. Verwertungen gehören entweder zu Episoden, die wiederum zu einer Staffel gehören oder zu Sendungen, die nicht in Staffeln organisiert sind wie beispielsweise Filme oder Nachrichtensendungen (im Folgenden vereinfacht als Film bezeichnet). Jede Verplanung muss konform zu den im Lizenzvertrag festgelegten Bedingungen erfolgen. Entsprechend kann jedem Film, jeder Episode und sogar jeder Staffel eine Restriktion zugeordnet werden, die beschreibt welchen Einschränkungen die Verwertung genügen muss. Existiert sowohl für die Staffel als auch für die Episode eine Restriktion, so müssen beide Bedingungen erfüllt sein. Abbildung 1 visualisiert die zuvor erläuterten Begrifflichkeiten und Beziehungen in Form eines Klassendiagramms.

Für die Überprüfung, ob alle vertraglichen Bedingungen eingehalten werden, sowie für die Planung einer weiteren Verwertung, sind sowohl die *vergangenen Verwertungen* als auch der *aktuelle Planungsstand* relevant.

3 Anforderungen an die DSL und ihre Entwicklungsmethodik

Ziel der DSL ist die formale Beschreibung von vertraglichen Restriktionen. Zur Erreichung dieses Ziels wurde eine agile, an Scrum [G116] angelehnte Vorgehensweise gewählt. Die Entwicklung erfolgte in 2-3-wöchigen Sprints. In enger Zusammenarbeit mit dem Kunden konnte nach jedem Sprint das entstandene Inkrement des Produkts besprochen sowie neue bzw. veränderte Anforderungen identifiziert werden. Die Entwicklung der DSL erfolgte auch entlang der Domäne inkrementell. Zunächst wurden Modellierungselemente für die Formulierung von Restriktionen im linearen Bereich entwickelt. Hierzu wurden sukzessive die verschiedenen Möglichkeiten Ausstrahlungen bzw. Bereitstellungen einzuschränken identifiziert und die DSL hierfür umgesetzt. Anschließend wurde die DSL im weiteren Verlauf der Entwicklung auf den nicht-linearen Bereich ausgeweitet.

Neben der Anforderung, dass die in den aktuellen Verträgen vorhandenen Einschränkungen mithilfe der DSL ausgedrückt werden können, wurden zusammenfassend die folgenden weiteren Anforderungen an die DSL identifiziert.

1. Da die Modellierer nicht zwangsläufig einen technischen Hintergrund haben, sollen
 - a) mithilfe der DSL Restriktionen angelehnt an die natürliche Sprache formuliert werden können,
 - b) einfache Strukturen komplexer Logik vorgezogen werden und
 - c) Formatierung und Formulierungen bzw. Prioritäten einer Klammerung vorgezogen werden.
2. Es wird grundsätzlich in deutscher Sprache formuliert, teils gemischt mit englischen Fachbegriffen.
3. Die DSL soll die Grundannahme treffen, alles nicht explizit Verbotene, erlaubt sei.
4. Für die DSL vorgegeben und nicht durch diese veränderlich sind der Lizenzzeitraum, die erlaubten Sender bzw. Plattformen (im Folgenden unter dem Begriff *Nutzer* zusammengefasst) sowie die insgesamt maximal erlaubte Anzahl an Verwertungen und Wiederholungen.
5. Neben der reinen Formulierung von Restriktionen soll
 - a) eine Verifikation der aktuellen Planung anhand der Restriktionen sowie
 - b) eine Synthese aller möglichen Zeitfenster, in denen die Planung einer Verwertung möglich ist, realisiert werden.
6. Kompaktheit von Restriktionen soll durch die Definition von Syntactic Sugar und Defaults erreicht werden.

Durch die Anforderungen 1a und 1b war die Designentscheidung klar, dass weder eine mathematische noch eine OCL-basierte Notation verwendet wird. Stattdessen werden logische Operatoren wie Konjunktion, Disjunktion und Negation durch natürliche Sprache formuliert (vgl. Abschnitt 4).

Durch Anforderung 4 ergibt sich der Rahmen, innerhalb dessen Restriktionen die Verwertungen weiter beschränken können. Beispiele hierfür sind gesperrte Zeiträume innerhalb des Lizenzzeitraums, nur bestimmte Anzahlen (kleiner als die maximale Anzahl) erlaubter Verwertungen innerhalb bestimmter Zeiträume (z.B. "nur 3 Verwertungen im Januar") oder Zeitrahmen, innerhalb derer Runs stattfinden können (z.B. "72 Stunden nach dem Run").

4 Syntax der Sprache

Die Modelle der DSL heißen *Restriktionen*. Eine Restriktion besteht aus mehreren Alternativen, die mehrere Regeln beinhalten können. Die Restriktion kann als logische Disjunktion von konjugierten Regeln aufgefasst werden. Die Regeln sind syntaktisch in mehrere Arten klassifizierbar. Im Folgenden werden der allgemeine syntaktische Aufbau von Restriktionen, sowie die einzelnen Regelarten beschrieben.

1	Alternative 1:
2	Der 1. & 4. Run innerhalb von 01.01.2018 bis 30.06.2018 turnus immer von 20:00 bis
3	22:00 auf Nutzer XYZ
4	Alternative 2:
5	Alle Run innerhalb von 01.01.2018 bis 30.06.2018 turnus ohne auf Nutzer XYZ

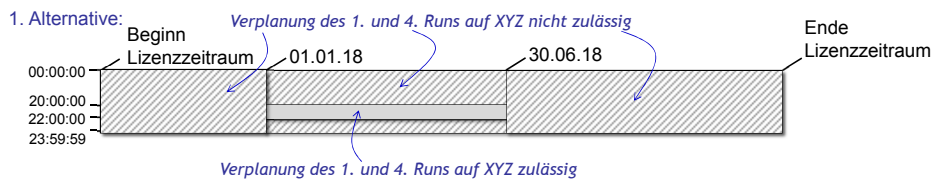


Abb. 2: Bezug im Was einer Regel.

1	Kein Run innerhalb von 30.06.2018 bis 31.12.2018 turnus ohne auf Nutzer XYZ
2	UND
3	Maximal 1 Run innerhalb von 01.01.2018 bis 31.12.2019 turnus jährlich von Januar
4	Beginn bis Februar Ende auf Nutzer XYZ

Abb. 3: Konjunktion von Regeln und genereller Aufbau von Restriktionen.

4.1 Allgemeiner Aufbau von Restriktionen

Wie in Abbildung 2 dargestellt, werden Disjunktionen über Alternativen beschrieben. Diese werden über das Schlüsselwort **Alternative** eingeleitet und können nummeriert werden. Konjunktionen werden durch das Schlüsselwort **UND**, das zwischen zwei Regeln gesetzt wird, gekennzeichnet. Ein Beispiel hierfür ist in Abbildung 3 zu sehen. Jede Regel aus den vier Teilen *Was*, *Wann*, *Zyklus* und *Wo*.

Was. Innerhalb des *Was* wird angegeben, welche Art der Verwertung mit der Restriktion eingeschränkt wird und ob eine bestimmte Verwertung oder die Anzahl der Verwertungen restringiert sind. Essentiell für den *Was*-Teil einer Regel ist die Art der restringierten Verwertung. Die Verwertungsart kann auf einen Spezifikator (**Der** oder **Alle**), oder einen Quantifikator (**Maximal** oder **Kein**) folgen.

Wann. Der *Wann*-Teil einer Regel gibt den Zeitraum an, der durch die Regel restringiert wird und wird durch das Schlüsselwort **innerhalb von** eingeleitet. Zum Beispiel wird in der ersten in Abbildung 2 dargestellten Regel der Zeitraum vom ersten Januar 2018 bis zum dreißigsten Juni 2018 restringiert.

Zyklus. Mithilfe des *Zyklus* kann der angegebene Zeitraum zyklisch unterteilt werden. Mit der Angabe von Zyklen können Regeln in kompakter Form formuliert werden, die für mehrere äquidistant verteilte Zeitintervalle gelten sollen. Ein Beispiel hierfür ist ein Run, der auf einem bestimmten Nutzer nur zur Prime-Time, also zwischen 20:00 und 22:00 Uhr, ausgestrahlt werden darf. Alternative 1 in Abbildung 2 bildet diese Restriktion ab. Das einleitende Schlüsselwort ist in diesem Fall **turnus**. In diesem Beispiel müssen der erste Run

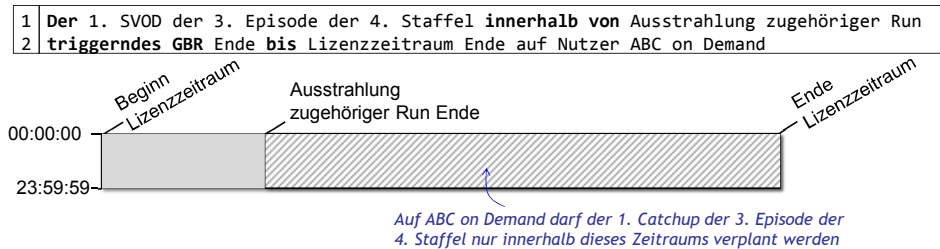


Abb. 4: Eine Restriktion mit einer Referenz auf die Verplanung eines triggernden Runs.

und der vierte Run in der ersten Jahreshälfte von 2018 an einem beliebigen Tag zwischen 20:00 und 22:00 Uhr verplant werden, falls sie auf dem Nutzer XYZ verplant werden. Eine Verplanung am 02.01.2018 um 18:00 Uhr auf dem Nutzer XYZ wäre beispielsweise nicht zulässig. Das Schlüsselwort *immer* schränkt den zulässigen Verplanungszeitraum auf die nachfolgend angegebene relative Zeitspanne ein (im Beispiel 20:00 bis 22:00 Uhr). Die relative Zeitspanne kann auch durch Daten, Wochentage oder Monate definiert werden. Ein Beispiel für letzteres ist die zweite Regel in Abbildung 3 (Zeile 3). Hier wird ein jährlicher-Zyklus angegeben, was bedeutet, dass die Regel jedes Jahr auf den angegebenen relativen Zeitraum (Anfang Januar bis Ende Februar) anzuwenden ist. Weitere mögliche Zyklen sind wöchentlich, monatlich oder täglich. Der Zyklus ohne bedeutet, dass die Regel den gesamten Wann-Zeitraum restringiert (vgl. Beispiel in Abbildung 2, Zeile 5).

Wo. Das *Wo* einer Regel beschreibt die Nutzer, auf denen Verplanungen durch die Regel eingeschränkt werden. Verplanungen auf Nutzern, die nicht durch den *Wo*-Teil einer Regel beschrieben werden, sind durch die Regel nicht restringiert. Über die Phrase *auf Nutzer* wird das Konstrukt eingeleitet. Anschließend müssen einzelne Nutzer oder Nutzergruppen beschrieben werden.

Trigger und zugehörig. Wie in Abschnitt 2 beschrieben, werden nicht-lineare Verwertungen häufig durch Ausstrahlungen im linearen Bereich getriggert. Die Verplanungen einer nicht-linearen Verwertung erfolgt dann in der Regel relativ zur Verplanung der zugehörigen triggernden linearen Verwertung. In Abbildung 4 ist ein Beispiel gezeigt, das das Ausstrahlungsende des triggernden Runs eines SVODs referenziert. Die Regel spezifiziert, dass das referenzierte SVOD nicht vor dem Ende der Ausstrahlung des zugehörigen triggernden Runs auf dem angegebenen Nutzer verplant werden darf. Zusätzlich kann die im *Was* referenzierte Verwertung durch Angabe eines Bezugs auf Runs, Episoden oder Staffeln weiter spezifiziert werden (vgl. Abbildung 4, der 3. Episode der 4. Staffel).

4.2 Arten von Regeln

Spezifizierende Regeln. Eine Regel gilt als *spezifizierend*, wenn der *Was*-Teil einer Regel einen Spezifikator beinhaltet. Ein Spezifikator wird über die Schlüsselwörter *Alle*, *Der*

1	SVOD zu maximal 2 Episoden gleichzeitig innerhalb von 01.01.2018 bis 30.06.2018 auf
2	Nutzer ABC on Demand

1	SVOD zu maximal 2 Runs gleichzeitig innerhalb von 01.01.2018 bis 30.06.2018 auf
2	unterschiedlichem Nutzer

Abb. 5: Beispiele einer Gleichzeitige-Verplanung und einer Gleichzeitige-Nutzer Regel.

oder Die eingeleitet. Ein Spezifikator kann eine durch &-getrennte Liste (vgl. Alternative 1 in Abbildung 2) oder eine Spanne (zum Beispiel 2.-6.) beinhalten. Weiterhin können mithilfe des Schlüsselwortes *Alle* alle Verwertungen, für die die Restriktion hinterlegt ist, restringiert werden. Beispiele für spezifizierende Regeln sind in Abbildung 2 sowie in Abbildung 4 dargestellt. Es gilt jeweils, dass die Verplanungen aller nicht referenzierten Verwertungen nicht restringiert sind.

Quantifizierende Regeln. Quantifizierende Regeln zeichnen sich durch einen *Quantifikator* zu Beginn des Was-Teils aus. Es gibt zwei solcher Quantifikatoren, *maximal* und *kein*. Nach dem Schlüsselwort *maximal* muss immer eine positive ganze Zahl stehen, wobei *Maximal 0* äquivalent zum Schlüsselwort *kein* ist. Beispiele für quantifizierende Regeln sind in Abbildung 3 dargestellt.

Gleichzeitige-Verplanung Regeln. *Gleichzeitige-Verplanung Regeln* restringieren die gleichzeitige Verplanung von Verwertungen. Im oberen Teil von Abbildung 5 ist ein Beispiel einer solchen Regel angegeben. Sie besagt, dass auf dem Nutzer *ABC on Demand* innerhalb des genannten Zeitraumes nur maximal zwei verschiedene Episoden gleichzeitig verplant werden dürfen. Auf allen anderen Nutzern, beziehungsweise außerhalb des angegebenen Zeitraums, ist die Verwertung der SVODs nicht restringiert.

Gleichzeitige-Nutzer Regeln. *Gleichzeitige-Nutzer Regeln* restringieren die gleichzeitige Verwertung auf unterschiedlichen Nutzern. Im unteren Teil von Abbildung 5 werden SVODs auf unterschiedlichen Nutzern restringiert. Ist diese Regel hinterlegt, dann dürfen auf unterschiedlichen Nutzern im angegebenen Zeitraum gleichzeitig maximal zwei SVODs verplant werden. Auf diesen beliebigen zwei Nutzern dürfen jedoch beliebig viele Verwertungen verplant werden.

5 Interpretationen von Restriktionen

Dieser Abschnitt behandelt die Verifikation von Planungszuständen und die Synthese von möglichen Verwertungsfenstern zur Unterstützung des Verplanungsvorgangs.

Um die Begriffe Verifikation und Synthese genauer zu erläutern, benötigt man das Konzept des *Planungszustands*, welches auf Verplanungstypen, Zeitfenstern und Mengen von Nutzern basiert. Diese Begriffe werden in Unterabschnitt 5.1 eingeführt. Zur Synthese werden elementare Operationen auf Zeitfenstermengen benötigt, welche in Unterabschnitt 5.2

Verwertung	Verplanungstyp	Zeitfenster	Nutzer
1	SVOD	[01.01.2019 00:00:00 - 28.02.2019 23:59:59]	Sender1
2	AVOD	[01.02.2019 00:00:00 - 31.03.2019 23:59:59]	Sender2
3	SVOD	[01.01.2019 00:00:00 - 31.12.2019 23:59:59]	Sender1

Abb. 6: Beispiel für einen Verplanungszustand in tabellarischer Darstellung

präsentiert werden. Anschließend beschreibt Unterabschnitt 5.3 den Verifikations- und den Synthesealgorithmus.

5.1 Verplanungstypen, Zeitfenster, Nutzer, Verplanungszustände

Die Menge der möglichen *Verplanungstypen* ist gleich der Menge der Verwertungstypen Run, SVOD, AVOD, TVOD, NVOD, Rerun. Verplanungstypen werden genutzt, um zu spezifizieren, mit welchem Typen eine Verwertung verplant wird.

Ein Zeitpunkt ist ein bis auf Sekundenebene voll-spezifiziertes Datum. Ein *Zeitfenster* besteht aus einem Startzeitpunkt und einem Endzeitpunkt, wobei der Startzeitpunkt vor dem Endzeitpunkt liegt. Ein Zeitfenster repräsentiert die Menge aller Zeitpunkte zwischen (und inklusive) Startzeitpunkt und des Endzeitpunkt. Beispielsweise beschreibt [01.01.2019 00:00:00 - 31.12.2019 23:59:59] das Zeitfenster, das am 01.01.2019 um Mitternacht beginnt und in der letzten Sekunde des Jahres 2019 endet. Zeitfenster werden genutzt, um zu spezifizieren, in welchem Zeitraum eine Verwertung verplant wird.

Die Menge der *Nutzer* beinhaltet alle möglichen Sender für Fernsehausstrahlungen. Ein Nutzer kann verwendet werden, um zu spezifizieren, auf welchem Sender eine Verwertung verplant wird.

Ein *Planungszustand* über einer endlichen Menge von Verwertungen ist eine Zuordnung, die jeder Verwertung der Menge einen Verplanungstypen, ein Zeitfenster und einen Nutzer zuordnet. Abbildung 6 zeigt ein Beispiel für einen Verplanungszustand in tabellarischer Darstellung. So ist zum Beispiel die Verwertung 3 als SVOD im Zeitfenster [01.01.2019 00:00:00 - 31.12.2019 23:59:59] auf dem Nutzer Sender1 verplant.

5.2 Elementare Operationen auf Zeitfenstermengen

Der Synthesealgorithmus basiert auf den elementaren Operationen des Schnitts, der Vereinigung und der Differenz von Mengen paarweise disjunkter Zeitfenster. Eine Menge von Zeitfenstern (im Folgenden auch Zeitfenstermenge genannt) repräsentiert die Vereinigung der Mengen der Zeitpunkte, die durch die Zeitfenster der Menge repräsentiert werden. Zwei Zeitfenster werden *disjunkt* genannt, wenn jeder Zeitpunkt, der durch das eine Zeitfenster

repräsentiert wird, ungleich zu jedem Zeitpunkt ist, der durch das andere Zeitfenster repräsentiert wird. Die Darstellung einer Menge von Zeitpunkten durch die kleinste Menge von paarweise disjunkten Zeitfenstern, die genau die Menge der Zeitpunkte repräsentiert, ist eine kanonische Darstellungsform.

Die *Vereinigung* zweier Zeitfenstermengen ist die kleinste Menge paarweise disjunkter Zeitfenster, die alle Zeitpunkte repräsentiert, die von mindestens einer der beiden Zeitfenstermengen repräsentiert werden. Der *Schnitt* zweier Zeitfenstermengen ist analog definiert. Die *Differenz* von einer Zeitfenstermenge zu einer anderen Zeitfenstermenge ist die kleinste Menge paarweise disjunkter Zeitfenster, die genau die Menge der Zeitpunkte der ersten Menge repräsentiert, die nicht durch die zweite Menge repräsentiert werden.

5.3 Verifikation und Synthese

Die *Verifikation* eines Planungszustands bezüglich einer Restriktion ist die Überprüfung, ob der Planungszustand die in der Restriktion spezifizierten Einschränkungen erfüllt.

Restriktionen beschränken die möglichen Verplanungen von Verwertungen. Jede Restriktion besteht aus einer Menge von Alternativen. Jede Alternative besteht aus einer Menge von Regeln. Ein Verplanungszustand erfüllt eine Restriktion genau dann, wenn der Verplanungszustand mindestens eine der Alternativen erfüllt. Ein Verplanungszustand erfüllt eine Alternative genau dann, wenn der Verplanungszustand jede Regel der Alternative erfüllt. Um zu überprüfen, ob ein Verplanungszustand eine Restriktion erfüllt, muss also geprüft werden, ob der Verplanungszustand jede Regel mindestens einer Alternative erfüllt.

Die *Synthese* der Verplanungsmöglichkeiten für eine Verwertung bezüglich eines Planungszustands, eines Nutzers und einer Restriktion ist die Berechnung der kleinsten Zeitfenstermenge, die alle Zeitpunkte repräsentiert in der die Verwertung auf dem Nutzer verplant werden könnte, sodass der entstehende Verplanungszustand die Restriktion erfüllt. Jedes Zeitfenster in der berechneten Zeitfenstermenge ist durch den für die Verwertung hinterlegten Lizenzzeitraum beschränkt.

In der Synthese wird für jede Regel eine Zeitfenstermenge berechnet, die alle Zeitpunkte repräsentiert, zu denen eine Verplanung der gegebenen Verwertung auf dem gegebenen Nutzer bezüglich des gegebenen Verplanungszustands und der Regel möglich ist. Die Zeitfenstermenge für eine Alternative ergibt sich aus dem Schnitt der Zeitfenstermengen der Regeln der Alternative. Die Zeitfenstermenge für eine Restriktion ergibt sich aus der Vereinigung der Zeitfenstermengen der Alternativen der Restriktion. Vor der Synthese für eine Regel wird zunächst geprüft, ob der Verplanungszustand die Regel erfüllt. Falls dies nicht der Fall ist, dann kann keine Verplanung der zu verplanenden Verwertung einen validen Planungszustand ergeben. Somit wird in diesem Fall die leere Menge zurückgegeben. Bei der Beschreibung der SyntheseprozEDUREN vernachlässigen wir die Beschreibung der

1	Maximal 3 Run innerhalb von 01.01.2019 bis 31.12.2019 auf Nutzer Sender1, Sender2
---	---

Abb. 7: Eine quantifizierende Regel.

Verifikationen, die vorab durchgeführt werden. Wir beschränken die Beschreibungen somit auf den Fall, dass der gegebene Planungszustand die Regel erfüllt.

5.3.1 Verifikation und Synthese für quantifizierende Regeln

Jede quantifizierende Regel beschränkt die maximale Anzahl A an Verplanungen von Verwertungen aus einer Verwertungsmenge V in einer Zeitfenstermenge Z auf einer Menge von Nutzern N .

Beispielsweise sagt die in Abbildung 7 dargestellte Regel aus, dass maximal drei Runs innerhalb des Zeitfensters vom 01.01.2019 bis zum 31.12.2019 auf den Nutzern Sender1 oder Sender2 verplant werden dürfen.

Zur Verifikation, ob ein Verplanungszustand die Regel erfüllt, wird

- unter den in der Regel referenzierten Verwertungen aus der Menge V ,
- die in einem der Zeitfenster aus der Zeitfenstermenge Z verplant sind,
- die Anzahl der Verwertungen gezählt, die
- auf einem Nutzer aus N verplant sind
- und geprüft, ob die gezählte Anzahl kleiner oder gleich der Maximalanzahl A ist.

Zur Synthese wird zunächst geprüft, ob die gegebene Verwertung in der Menge der referenzierten Verwertungen V enthalten ist und ob der gegebene Nutzer in der Menge der Nutzer N enthalten ist. Ist dies nicht der Fall, dann restringiert die Regel die Verplanung der gegebenen Verwertung auf dem gegebenen Nutzer nicht. Somit wird der Lizenzzeitraum der Verwertung zurückgegeben. Ansonsten wird die Anzahl der verplanten Verwertungen aus der Menge V gezählt, die in einem Zeitfenster aus der Menge Z auf einem Nutzer aus der Menge N verplant wurden. Ist diese Anzahl nicht kleiner als die Maximalanzahl A , so darf die gegebene Verwertung nicht mehr in den Zeitfenstern der Menge Z auf dem angegebenen Nutzer verplant werden, da die Regel ansonsten nicht mehr erfüllt wäre. In diesem Fall gibt die Synthese die Differenz vom Lizenzzeitraum der gegebenen Verwertung zu der Zeitfenstermenge Z zurück. Ansonsten gibt die Synthese den Lizenzzeitraum zurück.

5.3.2 Verifikation und Synthese für spezifizierende Regeln

Jede spezifizierende Regel beschränkt die Verplanung von Verwertungen aus einer Verwertungsmenge V auf einer Zeitfenstermenge Z für eine Menge von Nutzern N . Die

1 Die 2., 3. Verwertung innerhalb von 01.01.2019 bis 31.12.2019 auf Nutzer Sender1, Sender2

Abb. 8: Eine spezifizierende Regel.

Verplanungsmöglichkeiten auf den Nutzern, die nicht in der Menge N enthalten sind, werden nicht eingeschränkt.

Beispielsweise sagt die in Abbildung 8 dargestellte Regel aus, dass für die zweite und für die dritte Verwertung gilt, dass sie innerhalb des Jahres 2019 verplant werden müssen, falls sie auf Sender1 oder Sender2 verplant werden. Die Verplanung auf anderen Nutzern ist uneingeschränkt.

Zur Verifikation, ob ein Verplanungszustand die Regel erfüllt, wird

- für jede in der Regel referenzierten Verwertung aus der Menge V überprüft,
- ob sie innerhalb eines der Zeitfenster aus der Menge Z verplant ist, falls
- sie auf einem Nutzer aus der Menge N verplant ist.

Zur Synthese wird zunächst geprüft, ob die gegebene Verwertung in der Menge der referenzierten Verwertungen V enthalten ist und ob der gegebene Nutzer in der Menge der Nutzer N enthalten ist. Ist dies nicht der Fall, dann restringiert die Regel die Verplanung der gegebenen Verwertung auf dem gegebenen Nutzer nicht. Somit wird der Lizenzzeitraum der Verwertung zurückgegeben. Ansonsten wird die Zeitfenstermenge Z zurückgegeben.

5.3.3 Verifikation und Synthese für gleichzeitige-Verplanung Regeln

Jede gleichzeitige-Verplanung Regel beschränkt die maximale Anzahl A an Verplanungen von Verwertungen aus einer Verwertungsmenge V , die innerhalb der Zeitfenster aus einer Zeitfenstermenge Z auf den Nutzern aus einer Nutzermenge N gleichzeitig verplant sein dürfen.

Zum Beispiel sagt die in Abbildung 9 abgebildete Regel aus, dass auf den Nutzern Sender1 und Sender2 keine SVOD innerhalb des Jahres 2019 gleichzeitig verplant sein dürfen.

Zur Verifikation, ob ein Verplanungszustand die Regel erfüllt, wird

- für die in der Regel referenzierten Verwertungen aus der Menge V ,
- die in einem der Zeitfenster aus der Menge Z und
- auf einem Nutzer aus der Menge N verplant sind,
- die größte Anzahl an Verwertungen bestimmt, dessen Planungszeiträume sich paarweise überschneiden
- und geprüft, ob die gezählte Anzahl kleiner oder gleich der Maximalanzahl A ist.

1	SVOD zu maximal θ Runs pro Episode gleichzeitig
2	innerhalb von 01.01.2019 bis 31.12.2019
3	auf Nutzer Sender1, Sender2

Abb. 9: Eine gleichzeitige-Verplanung Regel.

Zur Synthese wird zunächst geprüft, ob die gegebene Verwertung in der Menge der referenzierten Verwertungen V enthalten ist und ob der gegebene Nutzer in der Menge der Nutzer N enthalten ist. Ist dies nicht der Fall, dann restringiert die Regel die Verplanung der gegebenen Verwertung auf dem gegebenen Nutzer nicht. Somit wird der Lizenzzeitraum der Verwertung zurückgegeben. Ansonsten wird für jede Teilmenge der Größe A der Verwertungen aus V , die in einem der Zeitfenster aus Z auf einem Nutzer aus N verplant sind, der Schnitt der Planungszeiträume der Verwertungen der Teilmenge gebildet. Falls der Schnitt der Planungszeiträume der Verwertungen einer Teilmenge leer ist, dann gibt es kein Zeitfenster an dem die A Verwertungen der Teilmenge gleichzeitig verplant sind. Ansonsten ist der Schnitt ein Zeitfenster, an dem alle A Verwertungen der Teilmenge gleichzeitig verplant sind. Eine Verplanung der angefragten Verwertung auf dem angefragten Nutzer ist in diesem Zeitfenster daher nicht mehr zulässig. Es wird das Resultat zurückgegeben, das entsteht, wenn man die wie oben berechneten Schnitte sukzessive vom Lizenzzeitraum der gegebenen Verwertung subtrahiert.

5.3.4 Verifikation und Synthese für gleichzeitige-Nutzer Regeln

Jede gleichzeitige-Nutzer Regel beschränkt die maximale Anzahl A von Verplanung von Verwertungen aus einer Verwertungsmenge V , die innerhalb der Zeitfenster aus einer Zeitfenstermenge Z gleichzeitig auf unterschiedlichen Nutzern verplant werden dürfen.

Beispielsweise sagt die in Abbildung 10 dargestellte Regel aus, dass maximal eine Verwertung innerhalb des Jahres 2019 gleichzeitig auf unterschiedlichen Nutzern verplant sein darf. Sind also zwei Verwertungen innerhalb des Jahres 2019 gleichzeitig verplant, dann müssen diese auf demselben Nutzer verplant sein.

Zur Verifikation, ob ein Verplanungszustand die Regel erfüllt, wird

- für die in der Regel referenzierten Verwertungen aus der Menge V ,
- die in einem der Zeitfenster aus der Menge Z verplant sind,
- die größte Anzahl an Verwertungen bestimmt, dessen Planungszeiträume sich paarweise überschneiden und Nutzer sich paarweise unterscheiden
- und geprüft, ob die gezählte Anzahl kleiner oder gleich der Maximalanzahl A ist.

Zur Synthese wird zunächst geprüft, ob die gegebene Verwertung in der Menge der referenzierten Verwertungen V enthalten ist. Ist dies nicht der Fall, dann restringiert die Regel die Verplanung der gegebenen Verwertung nicht. Somit wird der Lizenzzeitraum

1	SVOD zu maximal 1 Runs pro Episode gleichzeitig
2	innerhalb von 01.01.2019 bis 31.12.2019
3	auf unterschiedlichen Nutzern

Abb. 10: Eine gleichzeitige-Nutzer Regel.

der Verwertung zurückgegeben. Ansonsten wird für jede Teilmenge der Größe A der Verwertungen aus V , die in einem der Zeiträume aus Z paarweise auf verschiedenen Nutzern verplant sind, der Schnitt der Planungszeiträume der Verwertungen der Teilmenge gebildet. Falls der Schnitt einer Teilmenge leer ist, dann gibt es kein Zeitfenster an dem die A Verwertungen der Teilmenge gleichzeitig verplant sind. Ansonsten ist der Schnitt ein Zeitfenster, an dem alle A Verwertungen der Teilmenge gleichzeitig verplant sind. Eine Verplanung der angefragten Verwertung auf dem angefragten Nutzer in diesem Zeitfenster ist dann nicht mehr zulässig, falls alle Verwertungen der Teilmenge nicht auf dem angefragten Nutzer verplant sind. Es wird das Resultat zurückgegeben, das entsteht, wenn man die wie oben berechneten Schnitte sukzessive vom Lizenzzeitraum subtrahiert.

6 Verwandte Arbeiten

Es existiert eine Reihe von wissenschaftlichen Arbeiten, die *Gesetzestexte mit Hilfe von DSLs* für unterschiedliche Zwecke darstellen. Insbesondere die Themen Steuergesetze und Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) sind hier weiter verbreitet. [En01] beschreibt eine Methode zur systematischen Übersetzung von (neuen) Rechtsvorschriften in die Prozesse der *Dutch Tax and Customs Administration* (DTCA in Dutch: Belastingdienst) unter Verwendung einer erweiterten UML/OCL-Sprachvariante. [Ag18] nutzt eine Erweiterung der Open Digital Rights Language (ODRL) [Gr18] zur Darstellung digitaler Rechte sowie gesetzlicher Verpflichtungen aus unterschiedlichen Rechtsvorschriften. Die Spezifikation von Datenschutzerklärung wird in [Ca19] durch eine DSL ermöglicht, die Statements aus Excel bzw. natürlichsprachlichem Text extrahiert und dann in tabellarischer, graphischer und textueller Form darstellen kann. Auch die Darstellung von Gesetzestexten durch Ontologien ist ein stark erforschter Bereich [E116; Mo10].

Im Zusammenhang mit dieser Arbeit ist jedoch insbesondere die Definition von *Vertragsbestandteilen* von Interesse. Auch hier gibt es Arbeiten insbesondere zu intelligenten Verträgen im Themengebiet Blockchain [FN16; MMN17], die bereits stark mit natürlicher Sprache arbeiten. [JR18] ermöglicht die Modellierung von vertraglichen RAM- Anforderungen für die Generierung von Berechnungsmodellen im Zusammenhang mit den Ausschreibungsunterlagen für die Lieferung oder Wartung großer und komplexer technischer Systeme mittels einer DSL, die stark an die natürliche Sprache angelehnt ist. [Hv11] hingegen hat eine Vertrags-Spezifikationssprache entwickelt, die stark mit mathematischen Konstrukten arbeitet und Code-nahe ist. [GM05] beschäftigt sich mit der Verletzung von Vertragsbedingungen ebenso unter Verwendung einer formalen Vertragsspezifikationssprache. Nach unseren bisherigen Recherchen gibt es jedoch keine DSL, die sich mit dem Themengebiet

Fernsehausstrahlung und -programmplanung beschäftigt hat und durch Endanwenderinnen ohne tieferliegende Informatikkenntnisse verwendet werden kann.

7 Zusammenfassung

In diesem Papier haben wir eine DSL zur Spezifikation von vertraglichen Restriktionen im Bereich der linearen und nicht-linearen audiovisuellen Medienangebote vorgestellt. Die DSL wurde zu drei verschiedenen Zwecken entwickelt: 1. Formale Beschreibung der Bedingungen die sich aus Lizenzverträgen für audiovisuelle Medien ergeben, 2. Verifikation der Planung von Verwertungen im linearen und nicht-linearen Bereich im Hinblick auf die Erfüllung der vertraglich festgelegten Bedingungen und 3. Synthese von Zeitfenstern für zu verplanende Verwertungen basierend auf den spezifizierten Restriktionen und dem aktuellen Planungsstand bzw. der Verwertungshistorie. Die DSL befindet sich beim Kunden im produktiven Einsatz und erleichtert die Arbeitsaufgaben sowohl für die Beteiligten der Abteilung, die die Einschränkungen aus den Vertragstexten entnimmt, als auch für die Programmplaner. Die DSL hat es ermöglicht, dass Einschränkungen nun einheitlich formuliert werden können sowie die Überprüfung der Einhaltung automatisiert erfolgen kann. Darüber hinaus wurde zur Unterstützung der Programmplanung die Synthese der Verplanungsmöglichkeiten realisiert, mithilfe derer sich die Programmplaner mögliche Verplanungszeiträume berechnen lassen können.

Durch den iterativen, agilen Entwicklungsprozess konnte die DSL bereits in sehr frühen Stadien dem Kunden zur Verfügung gestellt, vom Kunden evaluiert und Kundenfeedback in die weitere DSL-Entwicklung einbezogen werden. Die frühe Mitgestaltung durch den Kunden hat dazu geführt, dass die Sprache gut für den gewünschten Anwendungszweck geeignet ist. Dem gegenüber konnte festgestellt werden, dass bei einer sehr frühen Nutzung erster Versionen der DSL, Änderungen von bereits entwickelter Funktionalität mit höheren Kosten und höherem Widerstand verbunden sind.

Mithilfe der DSL lassen sich bereits viele Varianten an Restriktionen, wie sie in den Lizenzverträgen von audiovisuellen Medien auftreten, formulieren. Ein Aspekt, der bislang nicht unterstützt wird, ist die Planung von Werbeeinblendungen, die eigenen Restriktionen unterliegen. Die hier in ihren wichtigsten Zügen vorgestellte DSL bietet einen guten Ausgangspunkt um diese Form der Restriktionen ebenfalls in einer DSL abzubilden.

Literatur

- [Ag18] Agarwal, S.; Steyskal, S.; Antunovic, F.; Kirrane, S.: Legislative Compliance Assessment: Framework, Model and GDPR Instantiation. In (Medina, M.; Mitrakas, A.; Rannenber, K.; Schweighofer, E.; Tsouroulas, N., Hrsg.): Privacy Technologies and Policy. Springer International Publishing, S. 131–149, 2018, ISBN: 978-3-030-02547-2.

- [Ca19] Caramujo, J.; Rodrigues da Silva, A.; Monfared, S.; Ribeiro, A.; Calado, P.; Breaux, T.: RSL-IL4Privacy: a domain-specific language for the rigorous specification of privacy policies. *Requirements Engineering* 24/1, S. 1–26, 2019.
- [El16] El Ghosh, M.; Naja, H.; Abdulrab, H.; Khalil, M.: Towards a Middle-out Approach for Building Legal Domain Reference Ontology. *International Journal of Knowledge Engineering* 2/3, S. 109–114, 2016.
- [En01] van Engers, T. M.; Gerrits, R.; Boekenoogen, M.; Glassée, E.; Kordelaar, P.: POWER: Using UML/OCL for Modeling Legislation - an Application Report. In: *Proceedings of the 8th International Conference on Artificial Intelligence and Law. ICAIL '01*, ACM, S. 157–167, 2001, ISBN: 1-58113-368-5.
- [FN16] Frantz, C. K.; Nowostawski, M.: From Institutions to Code: Towards Automated Generation of Smart Contracts. In: *IEEE 1st International Workshops on Foundations and Applications of Self* Systems (FAS*W)*. S. 210–215, 2016.
- [G116] Gloger, B.: *Scrum: Produkte zuverlässig und schnell entwickeln*. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2016.
- [GM05] Governatori, G.; Milosevic, Z.: Dealing with contract violations: formalism and domain specific language. In: *Ninth IEEE International EDOC Enterprise Computing Conference (EDOC'05)*. S. 46–57, 2005.
- [Gr18] Group, W. O. C.: *ODRL Information Model 2.2*, 2018, URL: <https://www.w3.org/TR/odr1-model/>.
- [Ha09] Hasebrink, U.: *Lineares und nicht-lineares Fernsehen aus der Zuschauerperspektive: Spezifika, Abgrenzungen und Übergänge*. Hans-Bredow-Institut für Medienforschung an der Universität Hamburg, 2009.
- [Hv11] Hvitved, T.: *Contract Formalisation and Modular Implementation of Domain-Specific Languages*, PhD Thesis, University of Copenhagen, 2011.
- [JR18] Joanni, A.; Ratiu, D.: Modeling and Valuation of Contractual RAM Requirements Using Domain-Specific Languages. In: *2018 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)*. S. 1–6, 2018.
- [MMN17] Magazzeni, D.; McBurney, P.; Nash, W.: Validation and Verification of Smart Contracts: A Research Agenda. *Computer* 50/9, S. 50–57, 2017.
- [Mo10] Mommers, L.: *Ontologies in the Legal Domain*. In (Poli, R.; Seibt, J., Hrsg.): *Theory and Applications of Ontology: Philosophical Perspectives*. Springer Netherlands, Dordrecht, S. 265–276, 2010, ISBN: 978-90-481-8845-1.