

Versionierung von Nachhaltigkeitsberichten

Dilshodbek Kuryazov, Andreas Solsbach, Andreas Winter

Zusammenfassung Die Nachhaltigkeitsberichterstattung ist ein zentrales Instrument der Umweltkommunikation zur Dokumentation der Leistungen von Unternehmen bezogen auf soziale, ökonomische und ökologische Einflüsse. Nachhaltige Entwicklungen erfordern fortlaufende und kontinuierliche Betrachtungen dieser Einflussfaktoren, da deren Entwicklung und die in Nachhaltigkeitsberichten dargestellten Aktivitäten sich oftmals erst in den folgenden Jahren signifikant auswirken. Eine Versionierung der hierzu genutzten Modelle erlaubt die umfassende Analyse von Nachhaltigkeitsberichten über verschiedene Berichtszeiträume und ermöglicht die Darstellung von Änderungen und Verbesserungen dieser Einflussfaktoren. Dieser Beitrag motiviert und verwendet ein Verfahren zur Versionierung von Nachhaltigkeitsberichten unter Verwendung von Metamodell-generischer Delta-Speicherung. Hierzu werden Nachhaltigkeitsberichte gemäß eines individuell anpassbaren Metamodells repräsentiert. Unter Rückbezug auf dieses Metamodell werden Operationen zur Beschreibung der den versionierten Nachhaltigkeitsberichte definiert und genutzt. Unterschiede werden hierbei als Sequenz von ausführbaren Operationen dargestellt, die es ermöglichen, ältere Versionen aus neueren Nachhaltigkeitsberichten zu erhalten. Es wird skizziert, wie dieser Ansatz zur Versionierung von Nachhaltigkeitsberichten im Rahmen des STORM-Projekts angewendet werden kann.

Dilshodbek Kuryazov
Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg, e-mail: kuryazov@se.uni-oldenburg.de

Andreas Solsbach
Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg, e-mail: andreas.solsbach@informatik.uni-oldenburg.de

Andreas Winter
Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg, e-mail: winter@se.uni-oldenburg.de

1 Motivation

Die Nachhaltigkeitsberichterstattung stellt Unternehmen Techniken zur Darstellung ihrer Bemühungen um die Verbesserung sozialer, ökonomischer und ökologischer Einflüsse von Produkten und Produktionsprozessen bereit. Diese Techniken umfassen Verfahren zur Beobachtung, Messung, Nachverfolgung und Dokumentation unternehmerischer Leistungen. Ökologische Aspekte der Nachhaltigkeitsberichte folgen in der Regel standardisierten Leitfäden, wie z. B. der Global Reporting Initiative ([Global Reporting Initiative, 2000](#)), und beschreiben Indikatoren und Kriterien zu Energie, Biodiversität oder Emissionen. Inzwischen werden diese Daten von Investoren und diversen weiteren Interessengruppen im Zuge der nachhaltigen Unternehmensentwicklung nachgefragt.

Zur Nachhaltigkeitberichterstattung werden Informations-Managementsysteme eingesetzt, die umfangreiche Analysen aktueller und vergangener Nachhaltigkeitsdaten bereitstellen, und Entscheidungsträger bei der Einschätzung der Auswirkungen zukünftiger Aktivitäten unterstützen. Aktuell zeigt sich, dass Unternehmen Nachhaltigkeitsberichte vermehrt im Internet veröffentlichen ([Isenmann und Marx Gómez, 2008](#)). Durch den Einsatz von Web 2.0-Techniken wird ein intensiver Dialog mit personalisierten oder Zielgruppen-gerechten Nachhaltigkeitsberichten unterstützt. Nachhaltigkeitsberichte werden über die Zeit fortgeschrieben bzw. die die den Berichten zugrunde liegenden Daten werden aktualisiert. Zur Analyse der Änderungshistorie dieser Daten sind die entsprechenden Berichte und dort dokumentierten Daten zu versionieren. Diese Änderungen müssen jederzeit rückverfolgbar sein, um Änderungsursachen und Zeitpunkte ermitteln und bewerten zu können. Eine gezielte Versionierung dieser Daten ermöglicht die Analyse und Auswertung von Änderungshistorien, um so auch langfristige Einflüsse auf die Nachhaltigkeitsentwicklung zu erkennen und in der Entscheidungsfindung zu berücksichtigen.

Das *Sustainable Online Reporting Model (STORM)* ([Solsbach et al, 2011](#)) stellt ein dialogorientiertes Open-Source-System zur öffentlichen und privaten Nachhaltigkeits-Berichterstattung bereit. Zur Verwaltung der Berichte werden alle benötigten Informationen in einer relationalen Datenbank gespeichert. Die verschiedenen Berichte sind hierbei in unterschiedlichen Versionen abrufbar. Hierzu werden die geänderten bzw. fortgeschriebenen Daten mit entsprechenden Zeitmarken in die Datenbanktabellen eingepflegt. Die interne Repräsentation von STORM wurde nicht vor dem Hintergrund der effizienten Historisierung von Nachhaltigkeitsberichten erstellt. Hierdurch enthält die Datenbank vielfach redundante Datenbankeinträge, die sich oft nur in wenigen Attributen unterscheiden. Ebenso erfordert die Analyse der Versionshistorien umfangreiche und aufwändige Datenbankabfragen.

Diese Arbeit beschreibt die Anwendung eines *Metamodell-generischen, Operations-basierten Ansatzes* zur gezielten Versionierung von Nachhaltigkeitsmodellen ([Kuryazov et al, 2012](#)). Ausgehend von der konzeptionellen Modellierung der Berichte mittels Metamodellierung, werden für alle Modellierungskonzepte (insb. Klassen, Attribute, Assoziationen) standardisierte Operationen zum Anlegen (`add`), Löschen (`delete`) und Ändern (`change`) von Modellelementen bereitgestellt. Modelldifferenzen werden durch Folgen dieser Operationen beschrieben, und er-

lauben eine kontextsensitive Analyse der Modellunterschiede. Dieser Ansatz ist auf alle durch ein entsprechendes Metamodell definierten Domänen anwendbar.

Der Beitrag ist wie folgt strukturiert: Kapitel 2 skizziert das STORM-Projekt und beschreibt das hier genutzte Datenbankschema, das in überarbeiteter Form Ausgangspunkt zur Definition des im Folgenden genutzten Metamodells ist. Im Kapitel 3 wird der *Metamodell-generische, Operations-basierte Ansatz* zur Versionierung von Nachhaltigkeitsmodellen beispielhaft dargestellt. Ebenso werden verwandte Arbeiten zur Modellversionierung eingeordnet. Abschließend fasst Kapitel 4 die Ergebnisse zur Versionierung von Nachhaltigkeitsberichten zusammen.

2 Versionierung im STORM

Das interaktive Nachhaltigkeitsberichts-Managementsystem STORM (Solsbach et al, 2011) ermöglicht Anwendern, eine Vielzahl von Berichten aufzubereiten und sie im Netz zu veröffentlichen. STORM zielt hier insbesondere auch auf die Einbeziehung relevanter Stakeholder. Hierzu stellt STORM Verfahren zur kontinuierlichen Diskussion der Nachhaltigkeitsmodelle, der Berichte und der hieraus abgeleiteten Entscheidungen u. A. für Kunden, Verbraucher, Lieferanten, Mitarbeiter, Investoren und Aktionäre bereit. STORM kann als modulare, Web 2.0-basierte Referenz-Implementierung für die interaktive, Web-basierte Nachhaltigkeits-Berichterstattung aufgefasst werden, die an individuelle Anforderungen angepasst werden kann.

Als durchgehendes Beispiel dient in Abbildungen 1–3 ein kleiner Ausschnitt eines Nachhaltigkeitsberichtsmodells, das einer vereinfachten Version des in STORM genutzten Schemas entspricht. Abbildung 1 zeigt zwei Versionen des Nachhaltigkeitsberichts „Management approach to environmental responsibility“ in unterschiedlichen Zuständen (*new* und *in process*). Beide Berichte enthalten weitere Unterkapitel (*article*), die in Abbildung 2 konkretisiert werden.

Abbildung 2 referenziert zwei Unterkapitel des Nachhaltigkeitsberichts zu *Energy* und *Water*, die ebenfalls in unterschiedlichen Versionen mit unterschiedlichen Ursprungsdaten existieren. Diese Unterkapitel verweisen jeweils auf Indikatoren (*Indicator*) aus Abbildung 3.

Abbildung 3 zeigt verschiedene Indikatoren. Diese Indikatoren beziehen sich im Beispiel auf Umweltfaktoren zum Energie- und Wasserverbrauch. Diese Indikatoren

id	name	status	date	version	pred	article ^a
1	Management approach to environmental responsibility	in process	11.11.2012	2	2	1,2
2	Management approach to environmental responsibility	new	01.11.2012	1	-	3,4

^a article verweist auf Tabelle Article in Abbildung 2.

Abbildung 1 Beispiel: Nachhaltigkeitsbericht (Report)

id	title	text	status	date	version	pred	indicator ^{bc}
1	Energy	Energy consumption is saved by using new energy sources	in process	11.11.2012	2	3	1
2	Water	Reduce water consumption achieved by optimization	in process	15.10.2012	2	4	2
3	Energy	Energy consumption is saved by using new energy sources	new	01.11.2012	1	-	3
4	Water	Reduce water consumption achieved by optimization	new	05.10.2012	1	-	4

^b indicator verweist auf Tabelle Indikator in Abbildung 3.

^c Artikel können durchaus auch auf mehrere Indikatoren verweisen.

Abbildung 2 Beispiel: Nachhaltigkeitsbericht (Article)

wurden ebenfalls zu verschiedenen Zeitpunkten erhoben. Analysen über die zeitliche Entwicklung dieser Werte ermöglichen es, die Auswirkungen von Nachhaltigkeitsaktivitäten zu erkennen, zu beurteilen und auch im Rahmen fortgeschriebener Nachhaltigkeitsberichte zu dokumentieren.

Die Versionierung dieser Daten erfolgt durch Attribute zur Speicherung des Änderungsdatums (`date`), der Versionsnummer (`version`) und der Angabe einer Referenz auf das entsprechende Vorgängerdatum (`pred`: predecessor). In den beiden hier betrachteten Versionen des Nachhaltigkeitsberichts wurden nur wenige Daten geändert; der größte Teil der abgelegten Informationen blieb unverändert. Letztlich änderten sich nur die Werte der Indikatoren EN3 und EN8. Die Änderung dieser Werte führte dann auch zu entsprechenden Anpassungen in der Versionierung. Im Falle umfangreicher Änderungen in einzelnen Versionen, führt dieses — bei Verwendung der aktuell in STORM genutzten Datenrepräsentation zur Versionierung — zu häufig wiederholten und redundanten Daten und zu vermehrten Null-Werten in der STORM Datenbank.

Das in STORM genutzte Datenbank-Schema ist (vereinfacht) in Abbildung 4 dargestellt. Nachhaltigkeitsberichte (Report) enthalten Kapitel (Article), die Indikatoren (Indicator) enthalten. Alle Instanzen dieser Klassen sind versio-

id	indicator	name	value	date	version	pred
1	EN3	Direct energy consumption in thousand megawatt hours	7.921	11.11.2012	2	3
2	EN8	Total water withdrawal by source in thousand cubic meters	2.220	15.10.2012	2	4
3	EN3	Direct energy consumption in thousand megawatt hours	8.688	01.11.2012	1	-
4	EN8	Total water withdrawal by source in thousand cubic meters	2.440	05.10.2012	1	-

Abbildung 3 Beispiel: Nachhaltigkeitsbericht (Indicator)

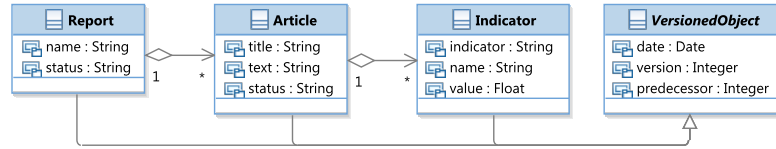


Abbildung 4 Schema für Nachhaltigkeitsberichte

niert, so dass sie mit einer Versionsnummer (*version*), einem Erstellungsdatum (*date*) und einer Referenz auf das Vorgängerdatum (*predecessor*) attribuiert werden können. Die in STORM derzeit realisierte Datenhaltung ist an das Schema des GRI-Rahmenwerks (G3) der [Global Reporting Initiative \(2000\)](#) angelehnt.

Die Nachhaltigkeitsberichterstattung ist eine kontinuierliche Aktivität, in der über einen langen Zeitraum Daten gesammelt, aktualisiert und analysiert werden. Umfasst die STORM-Datenbank eine umfangreiche Sammlung von Nachhaltigkeitsberichten in sehr vielen Versionen, wird die hier genutzte Datenbank sehr groß und Analysen unnötig aufwendig. Es ist folglich erstrebenswert, sowohl die Speicherung als auch die Analyse der Nachhaltigkeitsdaten effizient zu gestalten. Da aus der Analyse der Entwicklung der Nachhaltigkeitsmodelle zentrale Aussagen über Effekte, und insbesondere über die Erfolge der Beeinflussung der Nachhaltigkeitsparameter abgeleitet werden können, ist auch die Analyse und Visualisierung der Versionshistorie effizient zu gestalten, so dass hier z. B. Effekte auf einzelne Indikatoren oder Indikatorgruppen systematisch und verlustfrei ermittelt werden können.

[Arndt et al \(2006\)](#) schlagen ein XML-Schema zur Repräsentation von Nachhaltigkeitsberichten basierend auf den GRI-Rahmenwerk [Global Reporting Initiative \(2000\)](#) vor. Hierzu passende XML-Dokumente könnten mittels Text-basierter Differenzverfahren z. B. ([Berliner, 1990](#)) auf Modelldifferenzen überprüft und versioniert werden. Im Vergleich zu textbasierten Versionierungstechniken, bei denen Änderungen vom Inhalt unabhängig repräsentiert werden, erfordert eine effizient analysierbare Datenstruktur zur Versionierung von Nachhaltigkeitsdaten eine kontextbezogene Repräsentation, die eine gezielte Differenzenbestimmung für einzelne, modellierte Inhalte ermöglicht. Für die Nachhaltigkeitsberichterstattung kann eine Modell-basierte Versionierung entlang des Schemas in [Abbildung 4](#), direkt bezogen auf konkrete *Reports*, *Articles* und *Indicators* erfolgen. Die Versionierung von Nachhaltigkeitsberichten und deren Analyse sollte daher eher analog zu modellbasierten Versionierungsansätzen (vgl. z. B. ([Kuryazov et al, 2012](#)), ([Cicchetti et al, 2007](#)), ([Schmidt und Gloetzner, 2008](#))) erfolgen, bei der gezielt die Änderung einzelner Modellierungselemente in ihrem Modellierungskontext abgebildet werden. Die Inhalte der Nachhaltigkeitsberichte werden hierzu als *Nachhaltigkeitsmodell* aufgefasst, das in verschiedenen Versionen vorliegt. Im Gegensatz zu der bislang in STORM genutzten Versionierung sollte ein solcher Modell-basierter Versionierungsansatz redundantes Speichern von Modelldaten vermeiden und lediglich die tatsächlich geänderten Modellelemente repräsentieren.

3 Versionierung mit Operator-basierter Δ -Speicherung

Entsprechend der in Kapitel 2 skizzierten Anforderungen an die Versionierung von Nachhaltigkeitsberichten wird im Folgenden ein neuer Ansatz zur Versionierung durch Modelldifferenzen (Δ -Speicherung) vorgestellt (vgl. (Kuryazov et al, 2012)). Dieser Ansatz kann als *Metamodell-generisch* und *Operator-basiert* klassifiziert werden, d. h. Modellinstanzen, hier Modelle von Nachhaltigkeitsdaten, folgen einem Metamodell, hier einer Überarbeitung des (vereinfachten) STORM-Datenbankschemas, und Modelldifferenzen werden mittels Folgen standardisierter Operationen beschrieben. Diese Folgen von Operationen, die durch Modell-Transformationen realisiert werden können, beschreiben lediglich die nötigen Änderungen des Ursprungsmodells zur Erreichung des Zielmodells, so dass Modellinformationen möglichst nicht redundant vorgehalten werden müssen.

Zur Repräsentation von Operator-basierten Modelldifferenzen werden zwei Differenzspeicherungen unterschieden: *Vorwärtsdeltas* beschreiben solche Transformationen, die angewandt auf ein älteres Modell, eine neuere Version errechnen. Umgekehrt wird durch Anwendung eines *Rückwärtsdeltas* aus einer neueren Modellversion eine frühere Version bestimmt. In Modellversionierungssystemen werden üblicherweise Rückwärtsdeltas verwendet, da hier die zumeist genutzte, aktuelle Modellversion direkt vorliegt. Bei einer Speicherung durch Vorwärtsdeltas müsste sie durch Anwendung aller Modelltransformationen aus dem initialen Modell berechnet werden. Der im Folgenden beschriebene Ansatz funktioniert sowohl für Vorwärts- als auch Rückwärtsdeltas, wird aber entlang der Rückwärtsdeltas beschrieben. Um alle Modellversionen bzw. deren Transformationen analog zu repräsentieren, wird auch das der Versionierung zugrunde liegende Ursprungsmodell (d. h. bei Rückwärtsdeltas, die aktuelle Modellversion) als Transformation vom leeren Modell repräsentiert. Modellversionen bestehen daher ausschließlich aus Folgen von Transformationen über dem Metamodell der Modellierungssprache.

Versionskontrollverfahren wie z. B. RCS (Tichy, 1985), CVS (Vesperman, 2003), Git (Loeliger, 2009) und Subversion (Collins-Sussman et al, 2004) zielen auf die Verwaltung Text-basierter Dokumente. Zur Differenzenberechnung wird hier `diff` (Hunt und McIlroy, 1976) oder eine Variante verwendet. Aufgrund der reinen Textorientierung sind diese Ansätze nur bedingt zur Modellversionierung geeignet. Im Gegensatz zu Text-basierten Versionierungsansätzen berücksichtigen Modell-basierte Versionierungsansätze die Modellierungskonzepte durch Rückbezug auf die hier genutzten Metamodelle: Cicchetti, Di Ruscio, und Pierantonio (2007) charakterisieren ihren Ansatz zwar als *Metamodell unabhängig*, nutzen aber Differenzmodelle, die durch ein deterministisches Verfahren aus dem relevanten Metamodell abgeleitet werden. Modelldifferenzen werden hier ebenfalls durch Operationen dargestellt, die auf ATL-Transformationen (Jouault und Kurtev, 2006) abgebildet werden. Alanen und Porres (2003) nutzen ebenfalls ein Operations-basiertes Verfahren zum Berechnen, Vereinigen und Mischen von Modelldifferenzen. Ein Graph-basierter Ansatz zur Verwaltung von Modelldifferenzen wird in SiDiff (Schmidt und Gloetzer, 2008) verwendet. Modelldifferenzen werden hier aus standardisierten Graphen mit Hilfe geeigneter Graphalgorithmen errechnet. Diese Graphen enthalten Rück-

bezüge auf die im Metamodell der Modellierung definierten Typen der einzelnen Modellierungskonstrukte, so dass auch hiermit eine kontextbezogene Modelldifferenz vorliegt.

Generell können Modelländerungen auf drei Basis-Operationen zurückgeführt werden (vgl hierzu auch (Cicchetti et al, 2007) und (Schmidt und Gloetzner, 2008)). Jedes Modellelement kann *angelegt* (add) oder *gelöscht* (delete) werden, und jede Eigenschaft eines Modellelements kann *geändert* (change) werden. Zur Vereinfachung bei der Modellerstellung werden die Eigenschaften der Modellelemente beim Anlegen mit den entsprechenden Werten parametrisiert. Ein generischer Ansatz zur Modellversionierung muss daher bei vorliegendem Metamodell diese Operatoren für alle Modellkonzepte des Metamodells und alle dort definierten Attribute inkl. der benötigten Rollen in Assoziationen bereitstellen.

Ausgehend vom Metamodell zur Definition der (vereinfachten) STORM-Nachhaltigkeitsberichte aus Abbildung 4 skizziert Abbildung 5 alle Operationen zur Versionierung dieser Berichte. Diese Operationen sind in Interfaces zusammengefasst, die aus einem gegebenen Metamodell der zu versionierenden Modelle automatisch generiert werden können. Die Interfaces `MVSReport`, `MVSArticle` und `MVSIndicator` zur Versionierung der STORM-Nachhaltigkeitsberichte stellen `add` und `delete`-Operationen für Berichte (`Report`), Kapitel (`Article`) und Indikatoren (`Indicator`) sowie `change`-Operationen der in Abbildung 4 definierten Attribute bereit. Darüber hinaus wird die Einbettung von Indikatoren in Artikel und die Zusammenfassung von Artikeln zu Berichten unter Berücksichtigung der im Metamodell definierten Sichtbarkeiten auf entsprechende Operatoren abgebildet. Diese Interfaces werden durch die entsprechenden Klassen des Metamodells implementiert, wobei die `add`-Operationen als Konstruktoren aufgefasst werden.

Im Beispiel werden Änderungen von Werten (unabhängig von der Versionierung) mit dem Änderungsdatum protokolliert, so dass diese Informationen durch ein eigenes Interface `MVSDatedObject` abgebildet werden. Die Verwaltungsinformationen zu Versionen, die in der Klasse `VersionedObject` in Abbildung 4 modelliert sind, werden aufgrund der Deltaspeicherung nicht weiter benötigt (Attribut `Predecessor`) bzw. in das Versionsdokument verlagert.

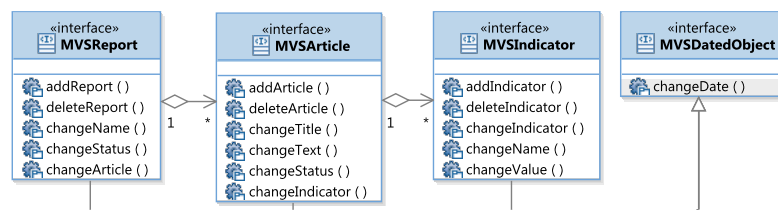


Abbildung 5 Metamodell der Änderungsoperationen

Mit Hilfe der in Abbildung 5 definierten Operationen können alle Änderungen zwischen STORM-Nachhaltigkeitsberichten durch Folgen von Operatoranwendungen dargestellt werden. Diese Operatorfolgen sind auf einem bestehenden Modell ausführbar, so dass die Anwendung einer solchen Operatorfolge auf dieses Modell (bei Rückwärtsdelta-Speicherung) die vorhergehende Modellversion liefert.

Die Implementierung dieser Operationen kann durch jeden beliebigen Modelltransformationsansatz wie z. B. ATL (ATLAS Transformation Language) (Jouault und Kurtev, 2006), AGG (Algebraic Graph Transformation) (Taentzer, 2000), oder FUJABA (Nickel et al, 2000) erfolgen. Die aktuelle Implementierung des Ansatzes basiert auf VIATRA 2. Differenzen zwischen STORM-Nachhaltigkeitsberichten werden hierbei auf Aufrufe entsprechender VIATRA-Modelltransformationen abgebildet. Im Rahmen der Bachelor-Arbeit (Bauer, 2013) wird derzeit eine Umsetzung mit ATL (Jouault und Kurtev, 2006) entwickelt.

Die Abbildungen 6 und 7 zeigen die beiden Versionen des STORM-Nachhaltigkeitsberichts aus Abbildung 1–3 als Modelldifferenzen über die in Abbildung 5 definierten Operationen. Die aktuelle Version des Nachhaltigkeitsberichts ist als Differenz zum leeren Modell in Abbildung 6 dargestellt. Mittels entsprechender `add`-Operationen werden die benötigten Indikatoren (Zeilen 1–6), Kapitel (Zeilen 7–12) und der Nachhaltigkeitsbericht (Zeile 13–15) angelegt.

Die erste Version des Nachhaltigkeitsberichts kann durch zusätzliche Anwendung der Operationen in Abbildung 7 errechnet werden. Alle Operationen beziehen sich hier auf Objekte, die bereits im aktuellen Bericht angelegt wurden, und beziehen sich ausschließlich auf die Änderung tatsächlich geänderter Objekte.

Die Repräsentation der beiden Versionen der Nachhaltigkeitsberichte aus Abbildungen 1–2 durch Modelltransformationen erfolgt ausschließlich durch Anwendung von in Abbildung 5 definierten Operationen. Hierbei werden ausschließlich die nötigen Änderungen aufgeführt. Unveränderte Modellobjekte und Attributbelegungen werden in der Modelldifferenz nicht erwähnt. Durch die direkte Adressie-

```

1  Indicator in1 = addIndicator("EN3",
2    "Direct energy consumption in thousand megawatt hours",
3    7.921,11.11.2012);
4  Indicator in2 = addIndicator("EN8",
5    "Total water withdrawal by source in thousand cubic meters",
6    2.220,15.10.2012);
7  Article ar1 = addArticle("Energy",
8    "Energy consumption is saved by using new energy sources",
9    "in process",11.11.2012,in1);
10 Article ar2 = addArticle("Water",
11   "Reduce water consumption achieved by optimization",
12   "in process",15.10.2012,in3);
13 Report rp1 = addReport
14   ("Management approach to environmental responsibility",
15   "in process",11.11.2012,(ar1,ar2));

```

Abbildung 6 Aktuelle Version des Nachhaltigkeitsberichts (Version 2)


```

1  in1 .changeValue (8.688);
2  in1 .changeDate (01.11.2012);
3  in2 .changeValue (2.440);
4  in2 .changeDate (05.10.2012);
5  ar1 .changeStatus ("new");
6  ar1 .changeDate (01.11.2012);
7  ar2 .changeStatus ("new");
8  ar2 .changeDate (05.10.2012);
9  rp1 .changeStatus ("new");
10 rp1 .changeDate (01.11.2012);

```

Abbildung 7 Vorhergehende Version des Nachhaltigkeitsberichts (Version 1)

ung ist es ferner möglich, direkt die Belegung einzelner Modellkomponenten zu verfolgen. Zur Ermittlung des Werteverlaufs z. B. des Wertes des Indikators EN3 sind lediglich alle Definitionen des `value`-Attributs des Objekts `in1` zu betrachten (vgl. Abbildung 8). Änderungshistorien können folglich durch Konkatenation der relevanten Modelldifferenzen und Selektion der interessierenden Modellelemente ermittelt und visuell aufbereitet werden.

```

1  Indicator in1 = addIndicator("EN3",
2     "Direct energy consumption in thousand megawatt hours",
3     7.921,11.11.2012);
4  in1 .changeValue (8.688);

```

Abbildung 8 Änderungshistorie des Indikators EN3

4 Zusammenfassung

In diesem Papier wurde ein Metamodell-generischer, Operator-basierter Ansatz zur Modellversionierung auf die Versionierung von Nachhaltigkeitsberichten im STORM-Projekt angewandt.

Hierdurch werden Methoden und Techniken zur Speicherung von Modelldifferenzen durch Transformationsfolgen bereitgestellt. Die hierzu nötigen Transformationen können aus dem, dem Modellierungsansatz zugrunde liegenden, Metamodell abgeleitet und mittels Modelltransformationsansätze implementiert werden. Die resultierenden Modelldifferenzen erlauben, im Gegensatz zur Text-basierten Differenzberechnung eine präzise Adressierung der jeweils geänderten Modellelemente und ermöglichen somit auch eine gezielte Analyse der Änderungshistorie der Modellversionen. Hierdurch kann Stakeholdern im Rahmen der Nachhaltigkeitsberichterstattung ein Mittel an die Hand gegeben werden, auch die Auswertung der

Nachhaltigkeitsparameter über einen längeren Zeitraum zu überwachen und hieraus Erkenntnisse für weitere Nachhaltigkeitsaktivitäten abzuleiten. Der Grad der Unterstützung bei der Auswertung historischer Nachhaltigkeitsdaten muss aber noch in weiteren prototypischen Implementierungen in STORM validiert werden.

Der hier vorgestellte Ansatz zur Modellversionierung wurde auch für UML-Aktivitätsdiagramme angewandt (Kuryazov et al, 2012). Hierdurch wird die Übertragbarkeit des Ansatzes sowohl hinsichtlich anderer Modellierungssprachen, als auch hinsichtlich der Verwendung weiterer Transformationsansätze motiviert.

Danksagung: Andreas Solsbach wird finanziert durch den Europäischen Fond für regionale Entwicklung im Projekt „IT-for-Green: Environment, Energy and Resource Management with BUIS 2.0“ (W/O III 80119242). Dilshodbek Kuryazov ist Stipendiat des Erasmus Mundus TARGET II Programms. Die hier vorgestellte Arbeit ist Teil der *ExploIT Dynamics* Forschungsperspektive der Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg.

Literatur

- Alanen M, Porres I (2003) Difference and union of models. In: Stevens P, Whittle J, Booch G (eds) UML 2003, Springer, LNCS, vol 2863, pp 2–17
- Arndt HK, Isenmann R, Brosowski J, Thiessen I, Marx Gómez J (2006) Sustainability reporting using the extensible business reporting language (xbrl). In: Tochtermann K, Scharl A (eds) EnviroInfo 2006, Managing Environmental Knowledge, Shaker, pp 75–82
- Bauer A (2013) Describing changes in Activity Diagrams. Bachelor thesis, University of Oldenburg, to appear
- Berliner B (1990) CVS II: Parallelizing software development
- Cicchetti A, Di Ruscio D, Pierantonio A (2007) A metamodel independent approach to difference representation. *Journal of Object Technology* 6(9):165–185
- Collins-Sussman B, Fitzpatrick BW, Michael PC (2004) *Version Control with Subversion*. O’Reilly
- Global Reporting Initiative (2000) *Sustainability Reporting Guidelines, Version 1.3*. Tech. rep., Global Strategic Alliances, URL <https://www.globalreporting.org/resource/library/G3.1-Sustainability-Reporting-Guidelines.pdf>
- Hunt JW, McIlroy MD (1976) An algorithm for differential file comparison. Tech. Rep. CSTR 41, Bell Laboratories, Murray Hill
- Isenmann R, Marx Gómez J (2008) *Internetbasierte Nachhaltigkeitsberichterstattung: Maßgeschneiderte Stakeholder-Kommunikation mit IT*. Schmidt, Berlin
- Jouault F, Kurtev I (2006) Transforming models with ATL. In: *Models 2005, Workshops*, Springer, Berlin, LNCS, vol 3844, pp 128–138
- Kuryazov D, Jelschen J, Winter A (2012) Describing Modeling Delta By Model Transformation. *Softwaretechnik Trends, International Workshop on Comparison and Versioning of Software Models (CVSM 2012)* 32(4)

- Loeliger J (2009) Version Control with Git. O'Reilly
- Nickel U, Niere J, Zündorf A (2000) The fujaba environment. In: Proceedings of the 22nd international conference on Software engineering, ACM, New York, ICSE '00, pp 742–745, URL <http://doi.acm.org/10.1145/337180.337620>
- Schmidt M, Gloetzner T (2008) Constructing difference tools for models using the sidiff framework. In: Companion of the 30th international conference on Software engineering, ACM, New York, ICSE Companion '08, pp 947–948, URL <http://doi.acm.org/10.1145/1370175.1370201>
- Solsbach A, Süpke D, Wagner vom Berg B, Marx Gómez J (2011) Sustainable on-line reporting model: A web based sustainability reporting software. In: Golinska P, Fertsch M, Marx-Gómez J (eds) Information Technologies in Environmental Engineering, Springer, Berlin, pp 165–177
- Taentzer G (2000) Agg: A tool environment for algebraic graph transformation. In: Proceedings of the International Workshop on Applications of Graph Transformations with Industrial Relevance, Springer, London, AGTIVE '99, pp 481–488, URL <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=646676.702002>
- Tichy WF (1985) RSC – A System for Version Control. Software, Practice, Experience 15:637–654, URL <http://dx.doi.org/10.1002/spe.4380150703>
- Vesperman J (2003) Essential CVS. O'Reilly