

# VISUALISIERUNG UND BEARBEITUNG DER HISTORISCHEN ENTWICKLUNG VON LÄNDERN IN RAUM UND ZEIT MIT HISTOGLOBE

Marcus Kossatz, Volker Rodehorst

**Zusammenfassung:** Wenn wir verstehen möchten, warum die Welt ist, wie sie ist, müssen wir verstehen, wie sie sich entwickelt hat. Eine Visualisierung, die diese Geschichte der Länder, ihrer Namen und Grenzen aufzeigt, wäre dafür sehr wertvoll. Dieser Beitrag versucht die Grundlage für ein historisch-geographisches Informationssystem (HGIS) zu legen, mit dem dieser Wandel erkundet und bearbeitet werden kann. Die zeitliche Entwicklung ist durch historische Ereignisse, sogenannte *Hivents* (*Historical events*), gesteuert. Das vorgeschlagene Hivent-Modell basiert auf fünf grundlegenden Operationen, die alle möglichen Veränderungen von Ländern beschreiben: Vereinigung (*Unification*), Eingliederung (*Incorporation*), Aufteilung (*Separation*), Abspaltung (*Secession*) und Umbenennung (*Name Change*). Das Datenmodell und die zugehörige Benutzeroberfläche wurden in HistoGlobe, einem webbasierten HGIS, implementiert. Die Vision von HistoGlobe ist ein interaktiver historischer Weltatlas, der die Weltgeschichte auf einer Karte und mithilfe einer Zeitleiste erzählt.

**Schlüsselwörter:** HistoGlobe, historisch-geographische Informationssysteme, HGIS, ereignisorientierte räumlich-zeitliche Datenmodelle, historisch-geographische Operatoren, Web-GIS, quelloffene Software, CoffeeScript

## VISUALIZING AND EDITING THE HISTORICAL DEVELOPMENT OF COUNTRIES IN TIME AND SPACE WITH HISTOGLOBE

**Abstract:** To understand why the world is the way it is, we have to understand how it has developed. A visualization that shows the history of countries, their names and borders would be very valuable. This work tries to lay a foundation for a historical geographic information system (HGIS) that allows exploring and editing those changes. The temporal development is driven by so-called *Hivents* (*Historical events*). The proposed Hivent model is based on five fundamental operations that describe all possible changes of countries in time and space: unification, incorporation, separation, secession and name change. The data model and the user interface were implemented in HistoGlobe, a web-based HGIS. It is envisioned as an interactive historical world atlas that tells the worlds' history on a map using a timeline.

**Keywords:** HistoGlobe, historical geographic information system, HGIS, event-based spatio-temporal data models, historical-geographic operators, Web-GIS, open source software, CoffeeScript

### Autoren

M. Sc. Marcus Kossatz  
 Professur für Geoinformatik  
 Fakultät Umweltwissenschaften  
 Technische Universität Dresden  
 Helmholtzstraße 10  
 D-01069 Dresden  
 E: marcus.kossatz@tu-dresden.de

Prof. Dr.-Ing. Volker Rodehorst  
 Professur für Computer Vision in Engineering  
 Fakultät Medien  
 Bauhaus-Universität Weimar  
 Bauhausstraße 11  
 D-99423 Weimar  
 E: volker.rodehorst@uni-weimar.de

## 1 EINLEITUNG

Was wir unser Heimatland nennen, hat sich in der Geschichte oft verändert. Kaum eines der 193 Länder der Vereinten Nationen befindet sich in den selben Grenzen wie noch vor 100 Jahren. Sie haben sich in Raum und Zeit ausgebreitet. Es wäre faszinierend, diese Entwicklung auf einer Karte zu sehen. Wenn die Karte mit einer Zeitleiste kombiniert würde, könnte so der Zustand der Welt zu jedem Zeitpunkt der Geschichte betrachtet werden. So könnten wir sehen, wie sich unser Heimatland über 100, 200 oder gar 1000 Jahre verändert hat.

Es gibt historische Primärquellen, die einen Zeitpunkt der Geschichte beschreiben, zum Beispiel historische Karten, Verträge oder Tagebucheinträge. Es existiert aber kein allumfassender historischer Weltatlas, mit dem der Benutzer durch die Vergangenheit reisen und sehen kann, *wann, wo* und *was* sich verändert hat – und vor allem: *warum?*

Dieser Beitrag beschreibt eine Möglichkeit, einen solchen interaktiven historischen Weltatlas, der die Entwicklung von Ländern veranschaulicht, zu konzipieren und umzusetzen. Dafür müssen zwei grundsätzliche Fragen geklärt werden:

1. Welche Arten von historischen Veränderungen können in der Geschichte von Ländern in Raum und Zeit auftreten?
2. Wie können diese Veränderungen in einem Informationssystem modelliert, visualisiert und von Nutzern editiert werden?

Wenn diese Fragen geklärt werden, kann eine theoretische Grundlage für einen solchen interaktiven Weltatlas geschaffen werden. Dieses Datenmodell und die zugehörige Visualisierung wird dann in HistoGlobe umgesetzt.

## 2 GRUNDLAGEN

In diesem Kapitel wird der Begriff historisch-geographisches Informationssystem (HGIS) geklärt und existierende zugrunde liegende räumlich-zeitliche Datenmodelle vorgestellt. Das Kapitel schließt mit einer Vorstellung von HistoGlobe, dem im Rahmen der Forschungsarbeit benutzten und weiterentwickelten HGIS, ab.

### 2.1 HISTORISCH-GEOGRAPHISCHE INFORMATIONSSYSTEME

Raum und Zeit sind überall. Während Zeit objektiv mithilfe von Zeitstempeln beschrie-

ben werden kann, ist es schwer, Zeit subjektiv zu dimensionieren und zu begreifen. Für die räumlichen Dimensionen ist dies anders: Orte dieser Erde können sowohl mithilfe von geographischen Koordinaten exakt beschrieben als auch physisch erlebt und begriffen werden. Eine Kombination von Zeit und Raum in einem Informationssystem kann Rückschlüsse darüber zulassen, wann, wo, wie und warum sich etwas entwickelt hat. Für diesen Zweck wurden HGIS entwickelt (Gregory & Geddes 2014). Ihre Aufgabe ist es, Geschichte in ihren geographischen Kontext zu rücken und geographische Informationen dazu zu nutzen, die Vergangenheit zu beleuchten (vgl. Knowles & Hillier 2008). HGIS sind Werkzeuge der interdisziplinären Forschung zwischen der Geographie als Wissenschaft des Raums und der Geschichte als Wissenschaft der Zeit (Knowles & Hillier 2008).

HGIS sind noch nicht weit verbreitet, was Raza (2012) auf den Punkt bringt: „Es existieren keine funktionierenden zeitlichen GIS, [...] aufgrund der Komplexität, Raum und Zeit zu integrieren und aufgrund fehlender Standards“. Es gibt nur vereinzelte Projekte wie das Great Britain Historical GIS Project des British Ordnance Survey (Gregory & Southall 1994) oder das National Historical Geographic Information System der USA (Minnesota Population Center 2007).

In einem HGIS werden die drei räumlichen Dimensionen wie in gängigen GIS modelliert. Die Zeit kennt nur eine Dimension, zwei Richtungen und zwei Typen: Ereignisse, die an einem Zeitpunkt passieren und Prozesse, die in einem Zeitraum ablaufen (Solana 2014). Im Gegensatz zum Raum hat die Zeit keine intrinsische Form und damit keine intuitive Darstellung. Zyklische Zeit wird oft mithilfe einer Uhr visualisiert, lineare Zeit durch eine Zeitleiste (Frank 1998).

### 2.2 RÄUMLICH-ZEITLICHE DATENMODELLE

HGIS basieren auf räumlich-zeitlichen Datenmodellen, die es erlauben, die Veränderung von Geobjekten über die Zeit verfolgen zu können.

Das Snapshot-Modell (Langran 1988) basiert auf der Grundidee von historischen Karten: Sie zeigen und speichern den kompletten Zustand der Welt zu einem be-

stimmten Zeitpunkt, einem Schnappschuss. Dieses älteste und einfachste Datenmodell hat jedoch den großen Nachteil, dass der Zustand der Welt nur an den Zeitpunkten der Schnappschüsse beschrieben werden kann, jedoch keine Information zu anderen Zeitpunkten vorliegt.

Dieses Problem löst das eventbasierte räumlich-zeitliche Datenmodell ESTDM (Peuquet 1995). Es wird ein Ausgangszustand mit einem Schnappschuss definiert. Ab diesem Zeitpunkt werden die durch Ereignisse hervorgerufenen diskreten Veränderungen relativ zum vorherigen Zustand gespeichert. Bei vollständiger Information ist es so möglich, eine Aussage zum Status an jedem beliebigen Zeitpunkt zu treffen: Es ist der Ausgangszustand und die Akkumulation aller bis dahin gespeicherten Ereignisse. Das Datenmodell wurde ursprünglich für Rasterdaten konzipiert, eine Anpassung an das Vektormodell sieht Peuquet (1988) als komplizierte Aufgabe, [...] da die Integrität räumlicher Topologie über die gesamte Zeit aufrechterhalten werden muss.

Das History-Graph-Modell (Renolen 1996) versucht dieses Problem zu lösen. Jedes Geobjekt befindet sich in genau einem der drei Zustände:

1. *Statisch*, wenn es sich momentan nicht verändert (*Objekt-Version*).
2. In *Transition*, wenn das Objekt sich momentan verändert.
3. *Nicht aktiv*.

Außerdem definiert das History-Graph-Modell sechs verschiedene räumlich-zeitliche Operationen:

1. Erzeugung (*Creation*)
2. Veränderung (*Alteration*)
3. Zusammenführung (*Merge*)
4. Aufteilung (*Split*)
5. Beendigung (*Cessation*)
6. Wiederbelebung (*Reincarnation*)

Das Datenmodell kann als eine Ergänzung des ESTDM von Peuquet (1995) angesehen werden. Es erlaubt eine Visualisierung der Geschichte der Geobjekte mithilfe eines Graphen (Abbildung 1).

### 2.3 HISTOGLOBE

HistoGlobe ist ein webbasiertes HGIS, das historische Entwicklungen und Ereignisse auf einer Weltkarte mithilfe einer Zeitleiste darstellt. Das Ziel ist ein interaktiver historischer Weltatlas, der im schulischen Kontext zum Lehren und Lernen der Geschichte

dient. Auch im universitären Kontext soll HistoGlobe zur Erforschung von Phänomenen im Spannungsfeld zwischen Geschichte, Geographie und Informatik nützlich sein.

Das HistoGlobe-Projekt wurde 2010 an der Bauhaus-Universität Weimar gegründet. In Zusammenarbeit mit einer Schule in Jena entstand im Zeitraum von Oktober 2014 bis Mai 2015 eine Visualisierung der Geschichte Europas ab 1871 mit dem Fokus auf den Kalten Krieg in Europa ab 1945. Dieser Prototyp ist in Abbildung 2 zu sehen.

### 3 HIVENT-MODELL

Das Datenmodell, das in der Forschungsarbeit für HistoGlobe entwickelt wurde, orientiert sich stark am History-Graph-Modell und konkretisiert dieses für den Anwendungsfall der Geschichte von Ländern in Raum und Zeit.

#### 3.1 ELEMENTE

Das zentrale Element des Datenmodells ist das *Hivent* (*Historical event*). Es repräsentiert ein signifikantes historisches Ereignis, das zu einem Zeitpunkt und an einem Ort stattfand. In diesem Anwendungsfall liegt

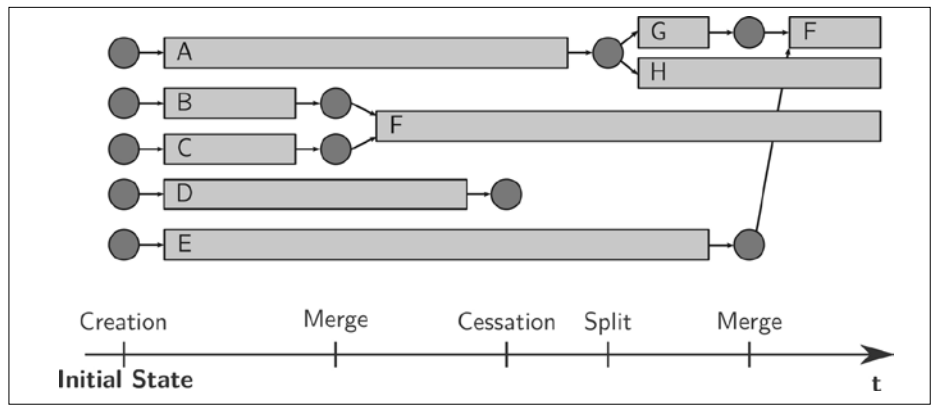


Abbildung 1: Das History-Graph-Modell (nach Renolen 1996)

der Fokus auf Ereignissen, die Auswirkungen auf die geopolitische Situation haben, z. B. Friedensverträge.

Die eigentlichen Entitäten, die auf der Karte dargestellt werden, sind die *Areas*. Sie modellieren ein identisches aktuelles oder historisches Land und haben zwei Namen: einen langen *FormalName* (z. B. „Bundesrepublik Deutschland“) und einen kurzen *CommonName* (z. B. „Deutschland“). Außerdem hat jede *Area* ein *Territory*, modelliert durch ein Polypolygon.

*Areas* können sich durch *Historical-Changes* über die Zeit verändern. Sie re-

präsentieren eine diskrete Zustandsänderung einer oder mehrerer *Areas*. Ein *HistoricalChange* gehört zu genau einem *Hivent* und besteht aus einer Menge an eingehenden (alten) *Areas*, die in dieser Veränderung inaktiv werden, die ausgehenden (neuen) *Areas*, die aktiv werden, und eine Menge von *Areas*, deren Names oder Territories aktualisiert werden.

Eine *Area* wird eindeutig durch ihren *FormalName* identifiziert. Das bedeutet, dass sobald dieser sich ändert, eine neue *Area* entsteht. Ändert sich nur der *CommonName*, bleibt die Identität

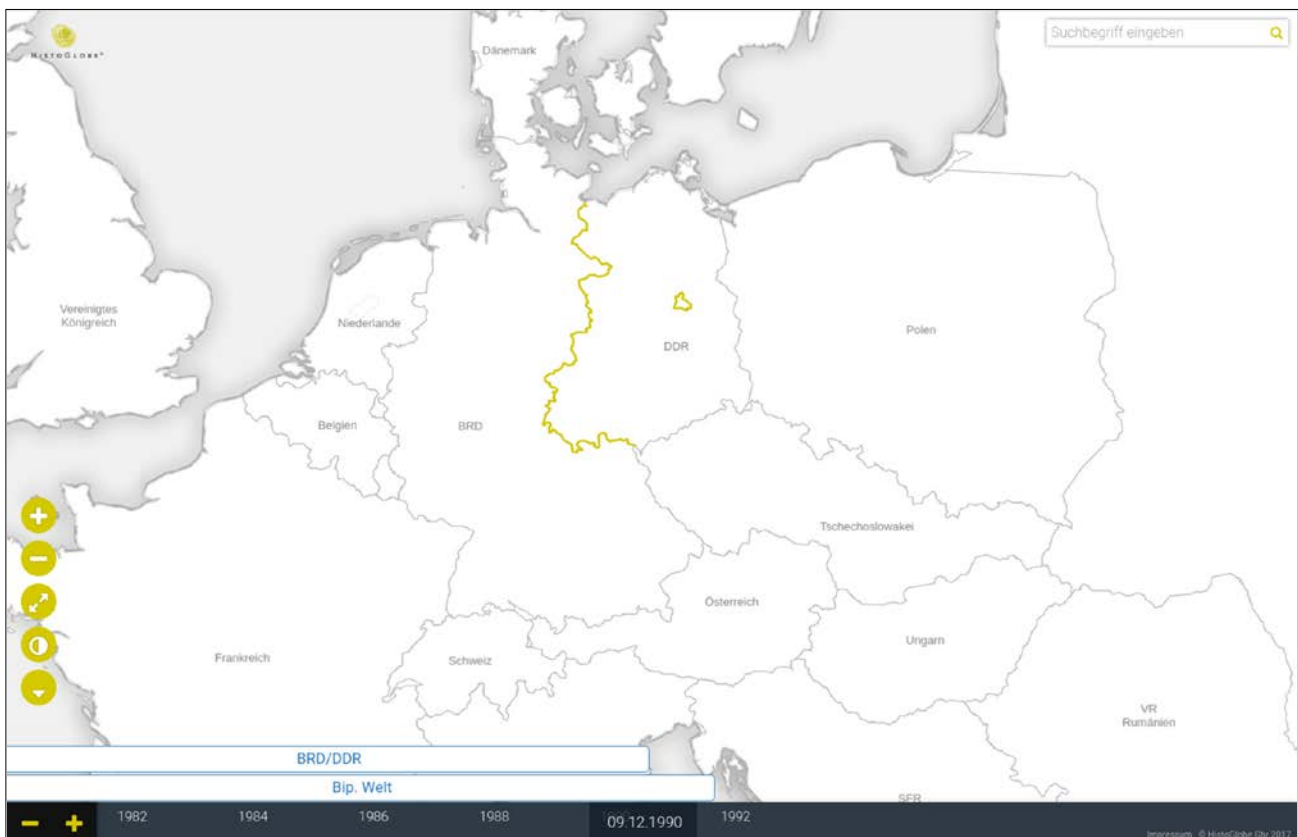


Abbildung 2: HistoGlobe. Das Projekt für Schulen 2014/15 visualisiert die Geschichte Europas ab 1871 ([www.histoglobe.com](http://www.histoglobe.com)).

erhalten (siehe Operation *NameChange* in 3.3).

Die Territories der Areas sind nicht unabhängig: Ändert sich ein Territory, so ändern sich damit einhergehend auch diese aller benachbarten Areas.

### 3.2 VORBEDINGUNGEN

Das Hivent-Modell für die Geschichte von Ländern auf der Erde basiert auf fünf Axiomen (X) und zwei Annahmen (A):

- X1) Die Größe der Erdoberfläche ist konstant und ändert sich nicht über die Zeit.
- X2) Jede Area befindet sich direkt auf der Erdoberfläche.
- X3) Das räumlich-zeitliche System wird am Zeitpunkt  $t_0$  initialisiert. An diesem Zeitpunkt existiert genau eine Area. Sie wird als Universum mit dem Symbol  $\Omega$  bezeichnet. Ihr Territory umfasst die komplette Oberfläche der Erde.
- X4) An jedem Zeitpunkt  $t_i \geq t_0$  können mehrere HistoricalChanges eingeführt werden.
- X5) An jedem Zeitpunkt  $t_i \geq t_0$  ist jeder Punkt auf der Erdoberfläche von exakt einem Territory von exakt einer Area bedeckt.

Diese Axiome garantieren eine konsistente Erdoberfläche, die zu jeder Zeit vollständig durch Areas bedeckt ist. Jeder HistoricalChange muss zwingend die räumliche Integrität auf der Karte sicherstellen. Das bedeutet, dass die Größe der Territories aller eingehenden Areas exakt so groß ist wie die aller ausgehenden Areas.

Als erster HistoricalChange werden, ebenfalls zum Zeitpunkt  $t_0$ , alle Gewässer  $W$  aus  $\Omega$  herausgelöst. Alles, was nun in  $\Omega$  übrig bleibt, ist Land, das von Territories der Areas benutzt werden kann. Es werden nun noch zwei zusätzliche Annahmen formuliert:

- A1) Das Territory einer Area endet an der Küstenlinie.
- A2) Die Küstenlinien haben sich über die Zeit nicht verändert.

Die erste Annahme reduziert das Territory einer Area auf seine Landesfläche und missachtet sowohl den Luftraum als auch die Hoheitsgewässer. Die zweite Annahme ist eine starke Einschränkung: Die Veränderung von Küstenlinien geschieht durch langfristige geographische Prozesse. Um das Datenmodell einfach zu halten, werden diese vorerst ausgeschlossen. Damit wird

das Hivent-Modell vereinfacht: Alle Transitionen haben die Länge null und somit sind alle Areas im System statische Objekte, die aufgrund von diskreten Ereignissen verändert werden. Eine Area ist entweder aktiv, wenn sie zum ausgewählten Zeitpunkt historisch existiert, oder inaktiv, wenn nicht. In weiterführenden Arbeiten gilt es, diese Vereinfachung aufzulösen und auch langfristige Prozesse zu unterstützen.

### 3.3 HIVENT-OPERATIONEN

Aufbauend auf den Vorbedingungen werden fünf historisch-geographische Operationen definiert, die durch HistoricalChanges ausgeführt werden. Diese stellen symmetrische historische Beziehungen zwischen den Areas in Form von Vorgängern und Nachfolgern her. Das bedeutet: Wenn Area  $X$  Vorgänger von Area  $Y$  ist, so ist  $Y$  automatisch Nachfolger von  $X$ .

**UNI (Unification):** Eine Menge alter Areas vereinigt sich zu einer neuen Area. Das Territory dieser neuen Area ist die geometrische Vereinigung aller alten Areas. Diese werden allesamt historische Vorgänger der neuen Area. Beispiel: Die Gründung der Sowjetunion 1992.

**INC (Incorporation):** Eine Menge alter Areas gliedert sich in eine aktive Area ein. Das Territory dieser Area wird um das aller alten Areas vergrößert. Diese werden ebenfalls historische Vorgänger der aktiven Area. Beispiel: Die deutsche Wiedervereinigung 1990, bei der das Territory der DDR zum Geltungsbereich des Grundgesetzes der BRD beiträgt.

**SEP (Separation):** Als Gegenstück zur Unification teilt sich eine alte Area in mehrere neue auf. Das Territory der neuen Areas geht aus dem der alten hervor und muss neu definiert werden. Die alte Area wird Vorgänger aller neuen Areas. Beispiel: Die Auflösung der Tschechoslowakei 1993 in die Tschechische und Slowakische Republik.

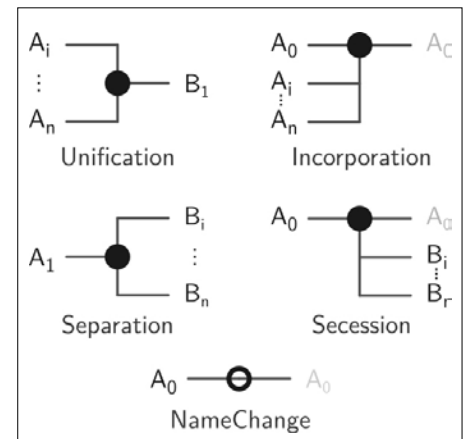


Abbildung 3: Historisch-geographische Hivent-Operationen

**SEC (Secession):** Aus einer aktiven Area werden mehrere neue Areas abgespalten. Für jede dieser Areas muss das Territory definiert werden. Diese Operation ist das Gegenstück zur Incorporation und hat alle neuen Areas als Nachfolger der aktiven Area. Beispiel: Die Unabhängigkeit des Kosovo von Serbien im Jahr 2008.

**NCH (NameChange):** Der CommonName einer Area ändert sich, aber der FormalName und damit die Identität bleiben erhalten. Beispiel: Im Mai 2016 hat die Tschechische Republik ihren offiziell gebräuchlichen Namen auf „Tschechien“ festgelegt.

In einem Hivent können mehrere Hivent-Operationen am selben Zeitpunkt, aber hintereinander stattfinden. So wurde beispielsweise in der deutschen Wiedervereinigung 1990 die DDR in die BRD eingegliedert (INC). Gleichzeitig wurde die BRD nicht mehr „Westdeutschland“ genannt, sondern nur noch „Deutschland“. Dies ist eine Änderung des CommonNames (NCH).

### 3.4 HISTOGRAPH

Auf Basis der Hivent-Operationen wurde eine Visualisierung der Geschichte der Län-

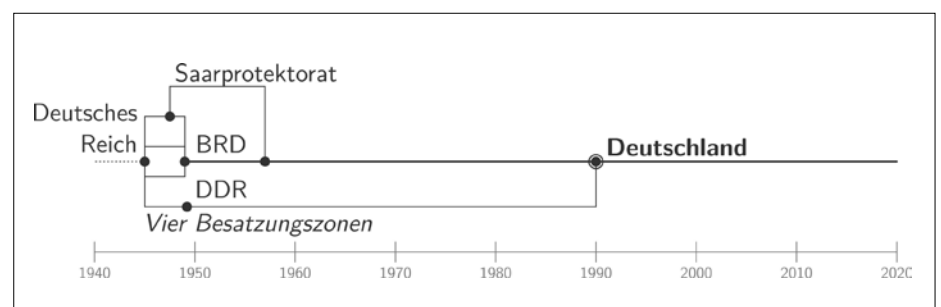


Abbildung 4: Der HistoGraph am Beispiel der Deutschen Geschichte ab 1945

der auf einer Zeitleiste entwickelt, der *HistoGraph*. Dieser passt das *History-Graph-Modell* an die Hivent-Operationen dieses Datenmodells an.

Der Graph ist horizontal ausgerichtet, die x-Achse ist die Zeitleiste. Die horizontalen Kanten des Graphen repräsentieren die Areas, die Knoten die Hivents, welche die Areas verändern. Sie werden an dem zugehörigen Zeitpunkt auf der Zeitleiste markiert. Wenn eine Kante gerade durch einen Knoten hindurchführt, wird die Identität der Area erhalten. Wird die Identität beendet, knickt die Kante der Area zum Zeitpunkt des Hivents rechtwinklig ab und führt in den Hivent-Knoten hinein. Die neuen Areas treten aus dem Knoten hervor.

Die fünf Operationen werden wie in Abbildung 3 gezeigt visualisiert. Durch den Graphen kann die Geschichte einer Area mit ihren Vorgängern und Nachfolgern zurückverfolgt werden. Dies wird beim Beispiel der deutschen Geschichte in Abbildung 4 deutlich. Sie ist maßgeblich durch sechs historische Ereignisse gekennzeichnet, die in diesem Beispiel sichtbar werden:

1. Das Berliner Abkommen (1945) besiegelt das Ende des Deutschen Reichs und teilt es in vier Besatzungszonen auf (SEP).
2. Das Saar-Protektorat wird 1946 aus der französischen Besatzungszone herausgelöst (SEC).
3. 1949 wird die Bundesrepublik Deutschland aus den drei westlichen Besatzungszonen gegründet (UNI).
4. Im selben Jahr entsteht die Deutsche Demokratische Republik aus der sowjetischen Besatzungszone (UNI). Dies ist ein Sonderfall, da es sich um eine Änderung der Identität einer Area unter Beibehaltung des Territory handelt (siehe Abschnitt 4.3).
5. Im Vertrag von Luxemburg 1956 wird die Wiedervereinigung des Saarprotektorats mit der Bundesrepublik vereinbart (INC).
6. Am 3. Oktober 1990 vollzieht sich die Deutsche Wiedervereinigung (INC+NCH). Der Graph in Abbildung 4 visualisiert nur direkte Vorgänger bzw. Nachfolger des heutigen Deutschlands. Die weiteren historischen Beziehungen dieser Länder, z.B. die übrigen Nachfolger des Deutschen Reichs, werden nicht visualisiert, um den Graphen übersichtlich zu halten.

#### 4 DATENBEARBEITUNG

Die Hivent-Operationen sind eine Kollektion, mit der sich auf unterer Ebene geopolitische Änderungen von Ländern über die Zeit beschreiben lassen. Ziel der Forschungsarbeit ist es aber auch, eine Bearbeitung der Daten über die historische Entwicklung der Länder zu ermöglichen.

##### 4.1 EDIT-OPERATIONEN

Dazu wurden im Verlauf der Arbeit zahlreiche Interviews mit Forschern und Studierenden im Bereich Digital Humanities des Scholars' Lab der University of Virginia in Charlottesville, VA (USA) durchgeführt. Diese Interviews offenbarten, dass die Hivent-Operationen für die Editierung der Geschichte durch Anwender nur bedingt nutzbar sind. So ist beispielsweise die Erstellung eines neuen Landes oder die Verschiebung von Grenzen zwischen zwei Ländern, z.B. durch einen Friedensvertrag, sehr umständlich. Daher wurden mithilfe der Interviews sechs für den Menschen verständliche Edit-Operationen entwickelt, welche die Bearbeitung der Geschichte der Länder vereinfacht:

-  **CRE (Create):** Erstelle ein neues Land auf der Karte.
-  **MRG (Merge):** Führe zwei oder mehr existierende Länder zu einem neuen zusammen.
-  **SPL (Split):** Teile ein Land in mehrere neue Länder auf.
-  **CHB (Change Borders):** Verschiebe die Grenzen zwischen zwei Ländern.
-  **REN (Rename):** Benenne ein Land um.
-  **DEL (Delete):** Lösche ein Land von der Karte.

##### 4.2 EDIT-WORKFLOW

Die verschiedenen Edit-Operationen benötigen die Eingabe von Informationen durch den Nutzer. Diese geschehen in einem einheitlichen Arbeitsfluss in vier Schritten:

1. Auswahl der Areas, die verändert werden.
2. Erstellung der Territories für jede neue Area.

3. Erstellung der Names für jede neue Area.

4. Hinzufügen der Operation zu einem Hivent und Eingabe der Hintergrundinformationen (Name, Datum, Ort, Beschreibung, Bilder, ...).

Jede der sechs Operationen verhält sich unterschiedlich in den ersten drei Schritten. Der vierte Schritt ist für alle gleich. Tabelle 1 zeigt für jede Operation, wie viele Areas ausgewählt und wie viele neue Territories und FormalNames bzw. CommonNames vergeben werden können bzw. müssen.

	1. Anzahl Areas	2. Anzahl Territories	3. Anzahl Names
	-	1	1
	2+	-1	1
	1	2+	2+
	2	1 <sup>2</sup>	-
	1	-	1
	1	-	-

<sup>1</sup> Die Territories der Areas aus Schritt 1 werden automatisch vereinigt.

<sup>2</sup> Mit der Definition eines neuen Territories wird das andere automatisch ermittelt.

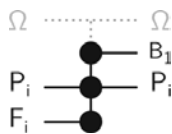
**Tabelle 1:** Übersicht der Eingaben pro Operation und Schritt

##### 4.3 UMWANDLUNG IN HIVENT-OPERATIONEN

Wenn der Nutzer eine der Edit-Operationen ausführt, werden diese intern in die Hivent-Operationen übersetzt. Diese Umwandlung findet nach folgenden Regeln statt:

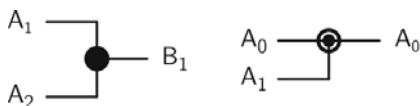
1. **CRE** → **SEC+INC**  
Der Nutzer erstellt die neue Area  $B_1$  mit dem Territory  $T$ . Ein Teil von  $T$  war vorher in  $\Omega$  unerschlossenes Gebiet. Dieser Teil wird als  $B_1$  aus  $\Omega$  herausgelöst (SEC). Der restliche Teil von  $T$  bedeckt einige Areas teilweise ( $P$ ) – dieser Teil wird aus  $P$  herausgelöst (SEC) und in

$B_1$  eingeführt (INC). Einige Areas  $F$  werden von  $T$  komplett überlagert. Diese werden vollständig in  $B_1$  eingeführt (INC).



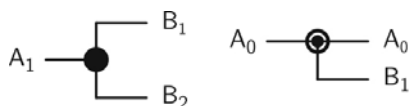
## 2. MRG $\rightarrow$ (UNI | INC) +NCH?

Mehrere Areas  $A_i$  werden zusammengeführt. Wenn diese neue Area einen FormalName bekommt, der sich von allen Namen  $A_i$  unterscheidet, so ist es eine neue Area  $B_1$  (UNI). Bekommt die zusammengeführte Area denselben FormalName wie eine der eingehenden Areas  $A_0$ , so wird diese Existenz fortgeführt und die übrigen eingehenden Areas  $A_i$  in  $A_0$  eingeführt (UNI). Zusätzlich kann sich der CommonName der Area ändern (NCH).



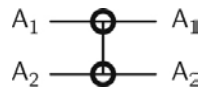
## 3. SPL $\rightarrow$ (SEP | SEC) +NCH?

Eine eingehende Area  $A_1$  wird in mehrere ausgehende Areas  $B_i$  aufgeteilt. Wenn alle  $B_i$  einen neuen FormalName unterschiedlich von  $A_1$  bekommen, so wird  $A_1$  komplett aufgeteilt (SEP). Anderenfalls wird die Existenz der eingehenden Area – nun  $A_0$  – mit einem neuen kleineren Territory weitergeführt und die übrigen ausgehenden Areas werden von  $A_0$  abgespalten (SEC). Zusätzlich kann sich der CommonName der Area  $A_0$  ändern (NCH).



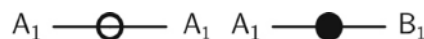
## 4. CHB $\rightarrow$ SEC+INC

Zwei benachbarte eingehende Areas  $A_1$  und  $A_2$  werden ausgewählt und ihre gemeinsame Grenze wird verschoben. Daraus entsteht eine symmetrische Änderung der Territories von  $A_1$  und  $A_2$ . Der Teil des Territories, der vorher zu  $A_1$  gehörte und nun an  $A_2$  abgetreten wird, wird zuerst aus  $A_1$  herausgelöst (SEC) und zum selben Zeitpunkt, aber nachfolgend, in  $A_2$  eingeführt (INC). Für den Teil des Territories, der von  $A_2$  zu  $A_1$  abgetreten wird, passiert das Gegenteil.



## 5. REN $\rightarrow$ NCH | UNI

Eine Area  $A_1$  wird umbenannt. Wenn sich nur der CommonName ändert, so ist es eine einfache Namensänderung (NCH) und die Identität von  $A_1$  bleibt erhalten. Ändert sich allerdings der FormalName, so ändert sich auch die Identität. Dies geschieht durch eine Unification von  $A_1$  mit sich selbst, und der Entstehung der komplett neuen Area  $B_1$  (UNI).



## 6. DEL $\rightarrow$ INC

Eine Area  $A_1$  wird gelöscht, indem ihr Territory mit dem Universum  $\Omega$  vereinigt wird.



## 5 UMSETZUNG

Die Kapitel 3 und 4 stellen das Datenmodell inklusive der systemseitigen Hivent- und der nutzerseitigen Edit-Operationen vor. Damit ist es möglich, die Geschichte von Ländern in Raum und Zeit sowohl zu modellieren als auch zu editieren. In HistoGlobe wurde dieses Modell implementiert. Außerdem wurde die Benutzeroberfläche um einen Editiermodus erweitert.

## 5.2 ENTWICKLUNGSPROZESS

Die Oberfläche wurde, angelehnt an das Prinzip des *Human-Centered Design*, gemeinsam mit potenziellen Nutzern des HGIS im Scholars' Lab entwickelt. Im Verlauf der Arbeit wurden zuerst Papierprototypen in zwei Iterationen und anschließend drei Mock-up-Prototypen der Benutzeroberfläche entwickelt. So entstand der in Abschnitt 4.2 vorgestellte Arbeitsfluss. Dieser wurde in der finalen Version der Oberfläche als *Edit Mode* von HistoGlobe implementiert. Abbildung 5 zeigt das fiktive Beispiel der Unabhängigkeit Schottlands.

Nach dem Start des Edit Modes wird die Edit-Operation SPL ausgewählt. Im ersten Schritt selektiert der Nutzer das Vereinigte Königreich. Anschließend wird das Territory der Area in zwei Teile geteilt. Dazu kann der Nutzer mithilfe eines Zeichenwerkzeugs ein Polygon um die Fläche des Landes zeichnen, die heraus-

getrennt werden soll. Im Hintergrund wird aus der Schnittmenge beider Polygone das Territory Schottlands ermittelt. Der übrige Teil der ursprünglichen Area wird als übriges Territory des Vereinigten Königreichs verwendet.

Im dritten Schritt vergibt der Nutzer den neuen Areas den CommonName und FormalName. Mithilfe von Autovervollständigung können bereits im System befindliche Namen ausgewählt werden, wie in diesem Fall das Vereinigte Königreich. So wird entschieden, ob die Identität einer Area fortgeführt wird oder es sich um komplett neue Areas handelt.

Im letzten Schritt fügt der Nutzer die Edit-Operation einem neu erstellten Hivent unter Eingabe des Namens, Datums, Orts und der Beschreibung hinzu.

Damit wäre die hypothetische Abspaltung Schottlands vom Vereinigten Königreich im Jahr 2018 ausgeführt. Das Ergebnis ist im letzten Bild von Abbildung 5 sichtbar.

## 5.3 IMPLEMENTIERUNG

HistoGlobe ist ein webbasiertes Informationssystem mit einem Client- und einem Server-Teil. Letzterer besteht aus einer PostgreSQL-Datenbank mit dem PostGIS-Plugin, vor allem zur Unterstützung der Booleschen Mengenoperatoren für die Polygone im HGIS. Die Schnittstelle zum Client ist in GeoDjango mit Python implementiert. Clientseitig handelt es sich um eine vollständig interaktive Benutzeroberfläche, implementiert in CoffeeScript, einer Meta-Sprache für JavaScript, die eine klassenbasierte und objektorientierte Programmierung erlaubt. Dies ermöglicht die Entwicklung einer vollständig modularen und konfigurierbaren Oberfläche.

Im implementierten Datenmodell repräsentiert die Klasse `Area` die semantische Ebene. Der räumliche Aspekt wird durch ein `AreaTerritory` modelliert und der thematische durch den `AreaName`. In der zeitlichen Dimension beschreibt das `Hivent` das historische Ereignis. Es kann mehr als eine `EditOperation` des Nutzers besitzen. Diese werden in jeweils eine `HiventOperation` umgewandelt, die wiederum speichert, welche eingehenden Areas deaktiviert werden (`OldArea`), welche ausgehenden Areas aktiviert werden (`NewArea`) und welche sich aktualisieren (`UpdateArea`). Die Funktionsweise wird

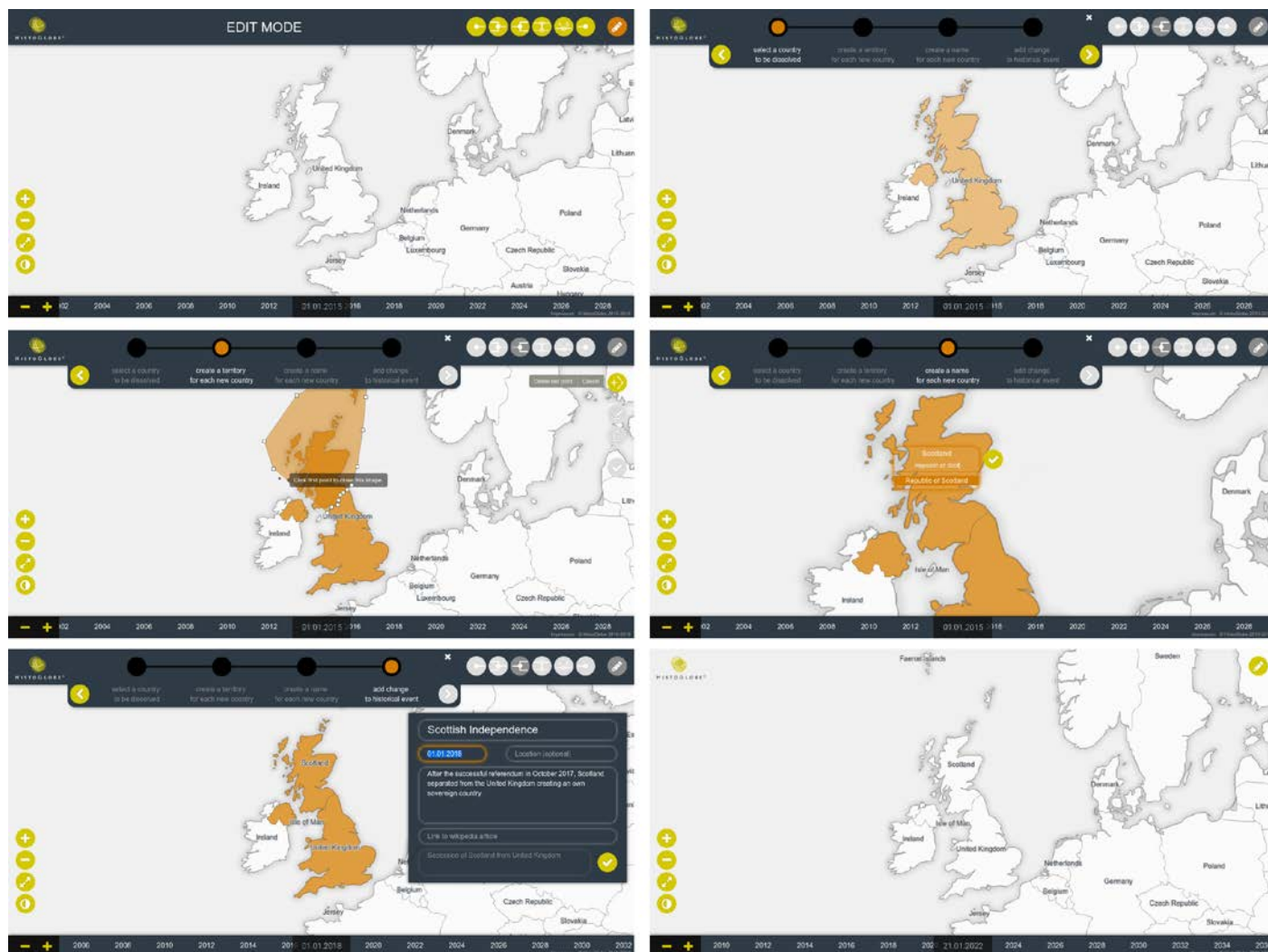


Abbildung 5: Der Edit Mode von HistoGlobe am fiktiven Beispiel der Unabhängigkeit Schottlands

in Abbildung 6 am Beispiel der deutschen Wiedervereinigung 1990 deutlich.

Die Hauptfunktion der Visualisierung ist die Darstellung der Veränderungen. Wird die Zeitleiste bewegt, ändert sich das **NowDate**, das aktuelle Datum der Visualisierung, gespeichert im **TimeController**.

Der **HiventController** ist der Kern der Implementierung des ereignisbasierten Modells. Seine Funktionsweise wird in Abbildung 7 deutlich: In einer doppelt verketteten Liste werden chronologisch Referenzen zu jedem **Hivent** im System gespeichert. Außerdem merkt sich der **HiventController** das letzte **NowDate** und einen Zeiger auf das letzte ausgeführte **Hivent**. Er ist beim **TimeController** als Zuhörer angemeldet. Meldet dieser nun ein neues **NowDate**, so überprüft der **HiventController** für den Nachfolger des letztmalig ausgeführten **Hivents**, ob sein Datum (**Hivent.date**) zwischen dem alten und

dem neuen **NowDate** liegt. Wenn ja, so muss dieses **Hivent** „passieren“. Es wird jede **EditOperation**, die dem **Hivent** zugeordnet ist, auf der Karte ausgeführt. Der Zeiger zum letzten **Hivent** wird aktualisiert und es wird auch für dessen Nachfolger überprüft, ob das **Hivent** im Zeitrahmen zwischen dem alten und dem neuen **NowDate** liegt. Diese Rekursion wird so lange ausgeführt, bis der Nachfolger des letzten **Hivents** außerhalb dieses Zeitrahmens liegt. Wird die Zeitleiste rückwärts verschoben, wird jeweils der Vorgänger des aktuellen **Hivents** überprüft und die doppelt verkettete Liste in negativer Richtung rekursiv überprüft.

Die Ausführung der Veränderungen ist Aufgabe jeder **HiventOperation**, die zu einer **EditOperation** gehört: Jede **OldArea** wird von der Karte gelöscht, jede **NewArea** hinzugefügt und für jede **UpdateArea** wird der **CommonName** bzw. das **Territory** auf der Karte aktualisiert.

Wird die Zeitleiste nach hinten bewegt, werden **NewArea** und **OldArea** und die **FormalNames**, **CommonNames** und **Territories** in einer **UpdateArea** ausgetauscht.

## 6 ERGEBNISSE

Dieser Beitrag hat ein räumlich-zeitliches Datenmodell für die Visualisierung der historischen Entwicklung von Ländern auf der Welt vorgestellt und dessen Umsetzung in HistoGlobe skizziert. Die beiden ursprünglichen Forschungsfragen werden unter der folgenden Annahme beantwortet: Es gibt gesichertes Wissen über historische Ereignisse und über den Verlauf historischer Grenzen und jedes Ereignis mit seinen resultierenden Veränderungen der Territories und Names ist in einer Datenbasis vorhanden.

Auf Basis der Vorbedingungen in Abschnitt 3.2 lässt sich aus geographischer Sicht eine historische Veränderung von Ländern auf Vereinigung und Aufteilung zurück-

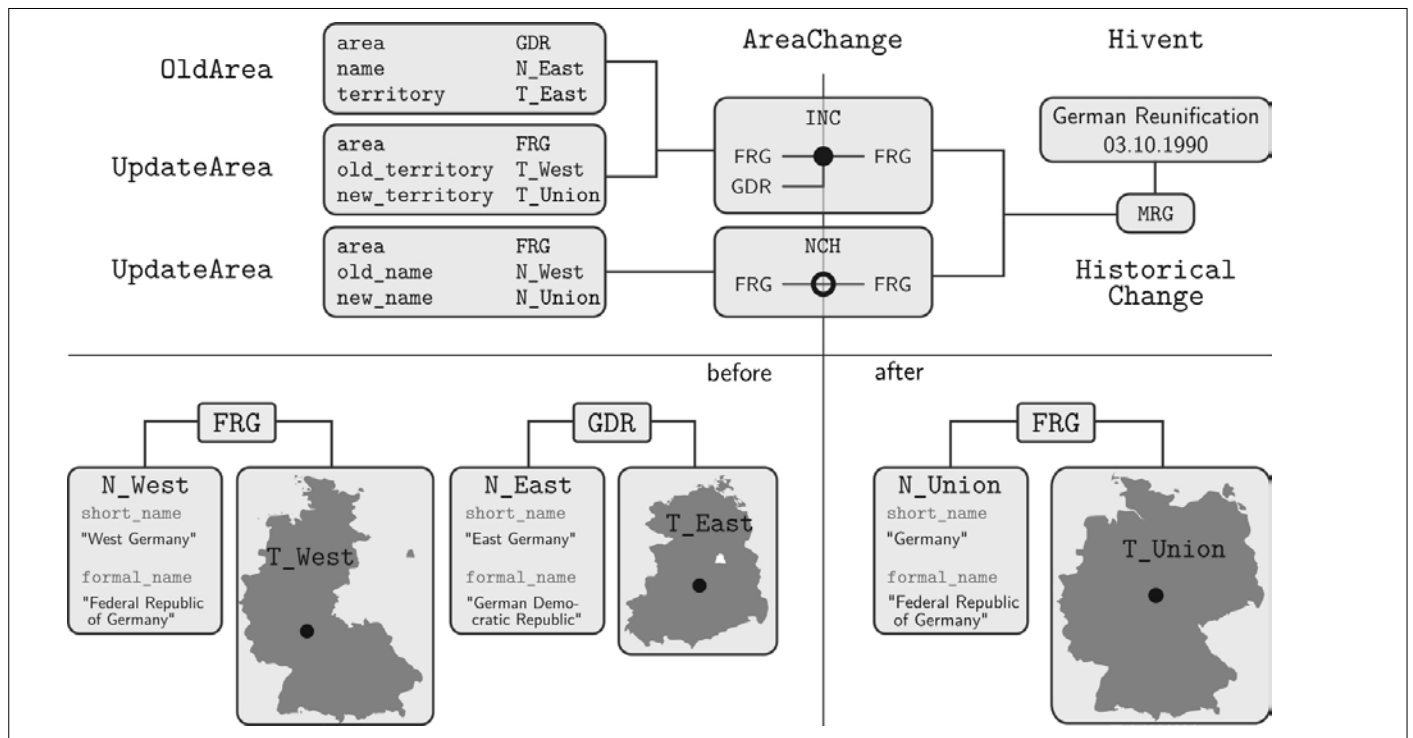


Abbildung 6: Visualisierung des Datenmodells am Beispiel der deutschen Wiedervereinigung am 3. Oktober 1990

führen. Aus historischer Sicht muss noch unterschieden werden, ob die Identität eines Landes weitergeführt wird oder komplett neue Länder entstehen. Außerdem können sich FormalName, CommonName und Territory eines Landes unabhängig voneinander verändern. Somit lassen sich alle historisch-geographischen Veränderungen mithilfe von fünf grundlegenden Operationen beschreiben: Unification, Incorporation, Separation, Secession und NameChange. Die historischen Veränderungen können mithilfe einer Zeitleiste und einer Karte oder einem Graphen dargestellt werden. Das Hivent-Modell ist sehr kompakt, da es nur fünf Operationen benötigt. Eine Schwäche ist aber, dass die Existenz einer Area nicht zu einem späteren Zeitpunkt fortgeführt werden kann. Damit lässt sich der seltene Fall der Reinkarnation eines Landes nicht abbilden.

Die sechs Edit-Operationen sind durch Interviews und Studien im nutzerzentrierten Entwicklungsprozess entstanden und bilden nachweislich die Grundlage für eine sehr gut verständliche und benutzbare Oberfläche.

Der HistoGraph, vorgestellt in Abschnitt 3.4., wurde nicht implementiert, da es zu viele ungelöste konzeptuelle Probleme gibt: Der Umgang mit nah beieinanderliegenden Hivents oder überlappenden Ländernamen sind zukünftige Forschungs-

fragen im Bereich der Informationsvisualisierung.

Weiterhin kann die Visualisierung noch verbessert werden: Es wäre möglich, mithilfe von WebGL einen Globus zu erstellen und die historischen Veränderungen darauf zu visualisieren.

Ein weiteres offenes Problem sind rückwirkende Aktualisierungen: Ereignisse, die nicht am Ende der Zeitleiste eingeführt werden, haben Einflüsse auf alle späteren, bereits im System befindlichen Ereignisse und können Konflikte hervorrufen. Diese Konflikte müssen zwingend aufgelöst werden, um die Integrität und Konsistenz der Daten sicherzustellen. Dies deckt sich mit dem Ausblick von Peuquet (1995), dass die Anpassung des rasterbasierten ESTDM auf Vektordaten nicht trivial ist.

Zusätzlich ist es nicht möglich, langfristige geographische Prozesse in diesem ereignisbasierten Datenmodell darzustellen. Somit ist es nur schwer möglich, zum Beispiel die kontinuierliche Veränderung von Küstenlinien und damit von Land und Wasser zu modellieren.

Ein anderes großes Problem ist, dass es keinen frei zugänglichen Datensatz über die historische Entwicklung von Ländern auf der Erde gibt. Auch das Problem der effektiven und effizienten Datenerfassung mit dem Edit Mode von HistoGlobe muss an-

gegangen werden. Dazu ist es zum Beispiel auch nötig, eine Import-Funktion für Geodaten bereitzustellen, um existierende Territories, z. B. als GeoJSON oder als Shapefiles einzubinden.

Das größte Problem ist jedoch, dass die Annahme vollständigen Wissens grundlegend falsch ist: Unsicherheit und Unstimmigkeit sind hauptsächliche Probleme der Geschichtsschreibung (Andrews & Burke 2007): Primärquellen sind voreingenommen bezüglich des Autors der Quelle, können die Wirklichkeit nicht vollständig und exakt widerspiegeln und sich mit anderen Quellen widersprechen. Historische Karten sind ungenau und deren Verarbeitung ist komplex: Sie treten als Rastergrafik auf, müssen daher georeferenziert werden. Anschließend müssen die benötigten Grenzen extrahiert und vektorisiert werden. In diesem Prozess treten systematische Fehler auf, die nicht zu verhindern sind, da jeder der involvierten Prozesse fehlerbehaftet ist.

Generell ist die Akquise von objektiven historischen Daten unmöglich. Da HGIS auf Primärquellen beruhen, wird dieses grundsätzliche Problem vererbt: Es gibt keine komplette historische Wahrheit, die visualisiert werden kann. Damit ist auch das Hivent-Modell unvollständig, da es die komplexe Realität nur ungenügend abbil-



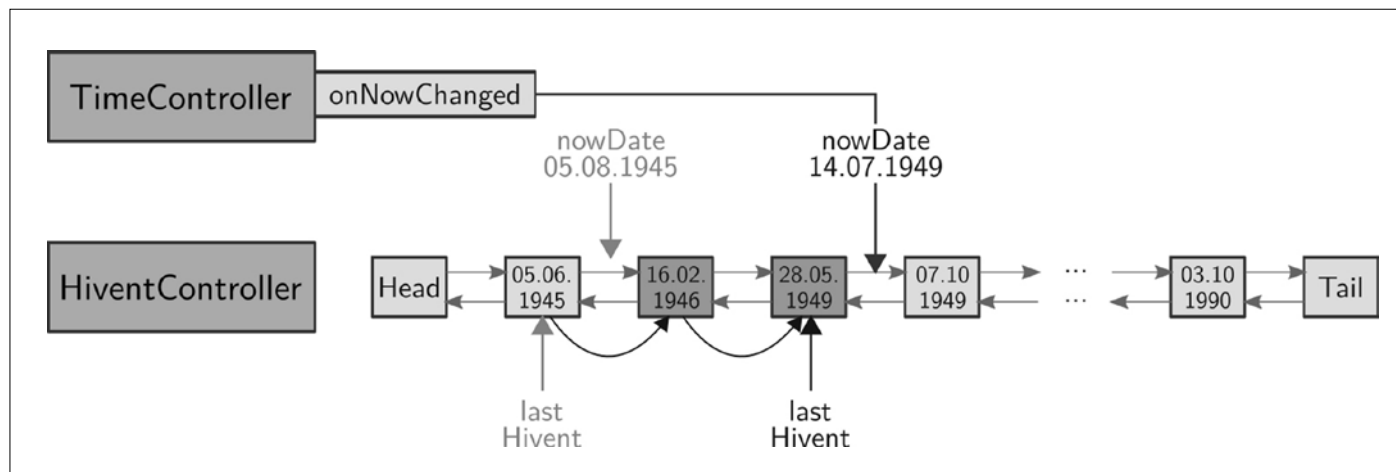


Abbildung 7: Funktionsweise des HiventControllers bei Änderung des aktuellen Datums NowDate in der Visualisierung

den kann: Verschiedene Sichten auf die Geschichte, konkurrierende Namen, unsichere Grenzverläufe oder die Unklarheit über die Souveränität mancher Regionen auf der Welt können nicht im Datenmodell abgebildet werden. Dies ist eine unvollständige Liste offener Fragen und Probleme, für die Lösungsansätze gefunden werden müssen, um ein effektives HGIS erstellen zu können, das mit der Subjektivität von Geschichte umgehen kann.

Damit ist das aktuelle Hivent-Modell nur bedingt geeignet, um ein HGIS als interaktiven historischen Weltatlas aufzubauen. Wenn HistoGlobe noch um Analyse-Funktionen erweitert würde, könnte es auch zur Beantwortung wichtiger Forschungsfragen hilfreich sein, zum Beispiel zur Entwicklung

von Krisenherden oder Zusammenhängen zwischen wirtschaftlicher und außenpolitischer Entwicklung. Damit könnte ein faszinierender interaktiver historischer Weltatlas aufgebaut werden, der in der historischen und geographischen Forschung wertvolle Erkenntnisse liefern kann.

von Krisenherden oder Zusammenhängen zwischen wirtschaftlicher und außenpolitischer Entwicklung. Damit könnte ein faszinierender interaktiver historischer Weltatlas aufgebaut werden, der in der historischen und geographischen Forschung wertvolle Erkenntnisse liefern kann.

## Literatur

Andrews, T.; Burke, F. (2007): What Does It Mean to Think Historically? <http://historians.org/publications-and-directories/perspectives-on-history/january-2007/what-does-it-mean-to-think-historically>, Zugriff: 11/2016.

Bolstad, P. (2008): GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems. 3. Aufl. Eider Press, Saint Paul, MN.

Frank, A. U. (1998): Different Types of Times in GIS. In: Egenhofer, M. J.; Golledge, R. G. (Eds.): Spatial and Temporal Reasoning in Geographic Information Systems. Oxford University Press, New York, S. 40-62.

Gregory, I. N.; Geddes, A. (2014): Toward Spatial Humanities: Historical GIS and Spatial History. The Spatial Humanities, Indiana University Press, Bloomington, IN.

Gregory, I. N.; Southall, H. R. (1994): Great Britain Historical Geographical Information System (GBHGIS). University of Portsmouth. <http://www.port.ac.uk/research/gbhgis/>, Zugriff: 11/2016.

Knowles, A. K.; Hillier A. (2008): Placing History: How Maps, Spatial Data, and GIS are Changing Historical Scholarship. Esri Press, Redlands, CA.

Langran, G. E. (1988): A Framework for Temporal Geographic Information Systems. In: Cartographica, 25, S. 8.

Minnesota Population Center, University of Minnesota (2007): Welcome to NHGIS. <https://www.nhgis.org/>, Zugriff: 11/2016.

Peuquet, D. J.; Duan N. (1995): An Event-Based

Spatiotemporal Data Model for Temporal Analysis of Geographical Data. In: International Journal of Geographical Information Systems, 9 (1), S. 7-24.

Raza, A. (2012): Working with Spatio-Temporal Data Type. In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXIX-B2. S. 5-10.

Renolen, A. (1996): History Graphs: Conceptual Modeling of Spatio-Temporal Data. In: GIS Frontiers in Business and Science, 2, S. 34.

Solana, A. C. (2014): Spatio-Temporal Narratives: Historical GIS and the Study of Global Trading Networks (1500-1800). Cambridge Scholars Publisher, Newcastle upon Tyne, UK.