

Konzept für die Abbildung von Berlin/Brandenburg in M3 — Schnelligkeit durch Größendilatation

Interner Report, Draft Version 0.2

Andreas Hoheisel *

5. Juni 2002

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	M3-Zeit	3
3	Anwendungsszenario	4
3.1	Zeitliche Skalen	5
3.2	Räumliche Skalen	6
4	Zeit und Raum in M3	7
5	Weiteres Vorgehen	10

*Fraunhofer-Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik (FIRST), Kekuléstraße 7, D-12489 Berlin Adlershof; E-Mail: andreas.hoheisel@first.fraunhofer.de

1 Einleitung

Das M3-System soll im Wesentlichen zwei Funktionen erfüllen:

- Es soll den Test der Nachhaltigkeit von regionalen Entwicklungsprozessen mit Hilfe wissenschaftlicher Simulationen ermöglichen, bei denen das Verhalten des einzelnen Menschen und der Gesellschaft berücksichtigt wird.
- Es hat eine didaktische Funktion, da die Akteure¹ im Zeitraffer mit den Konsequenzen ihres Handelns konfrontiert werden.

Beide Funktionen erfordern, dass in einem überschaubaren Zeitrahmen ($\approx 100 d$) auch längerfristige Prozesse ($\approx 100 a$) simuliert werden können. Um Aussagen über mögliche zukünftige Entwicklungen treffen zu können, muss die Zeit in der M3-Welt schneller als Echtzeit vergehen. Der genaue Zusammenhang zwischen realer Zeit und simulierter M3-Zeit kann je nach Aufgabenstellung und der in der Simulation zu betrachtenden Prozesse jedoch sehr unterschiedlich sein.

Aus technischer Sicht mag es kaum ein Problem darstellen, die Zeit in der simulierten Welt einfach im Zeitraffer ablaufen zu lassen. Die einzelnen Simulationsmodelle sind in der Regel darauf ausgelegt, große Zeitspannen möglichst schnell zu berechnen. Das Modell SWIM benötigt zum Beispiel etwa eine Sekunde, um die Prozesse eines Tages zu berechnen, der maximale Zeitfaktor (=simulierte Zeitspanne / reale Zeitspanne) beträgt hier also etwa $1 d/1 s = 86400$. Die obere Grenze für den maximalen Zeitfaktor aus Sicht des Modellserver wird vermutlich das Modell „Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre“ vorgeben. Auch die parallelisierte Version benötigt etwa 20 Minuten zur Berechnung eines Tages bei einer Auflösung von $2 km \times 2 km$ (≈ 2500 Zellen für Berlin und Umland, $100 km \times 100 km$). Das ergibt einen Zeitfaktor von $\approx 1 d/20 min = 72$. Durch gröbere Auflösung, Abstriche beim Chemiemodell und Portierung auf einen schnelleren Rechner kann der Zeitfaktor noch erhöht werden.

Da jedoch die Interaktion mit den Akteuren und die damit verbundene intuitive Visualisierung der simulierten Welt ein wichtiger Bestandteil der M3-Simulation ist, muss darauf geachtet werden, dass die Welt „spielbar“ bleibt. Die Geschwindigkeit von bewegten Objekten muss zum Beispiel zumindest in der Visualisierung ein realistisches Maß annehmen, damit die Akteure auch realitätsgetreu reagieren können. Trotzdem sollte die simulierte Welt möglichst in sich konsistent sein, das heißt auch, dass sich alle Prozesse auf die selbe Zeit beziehen. Es darf also zum Beispiel nicht passieren, dass man fünf Tage braucht, um morgens zur Arbeit zu fahren, oder dass im Wettermodell noch Frühling ist während das Agrarmodell schon

¹Als *Akteur* wird hier gleichermaßen der reale Mensch als auch seine virtuelle Repräsentation im MUVE bezeichnet

die Herbsternste berechnet. Alle Modelle sollen über die Zeit synchronisiert werden.

Ein weiteres Problem das hier angesprochen werden soll, ist das des räumlichen Detaillierungsgrades und der Anzahl der Akteure in dem System. Im realen Berlin wohnen zur Zeit etwa 3,4 Millionen Einwohner. Die Anzahl der Akteure, die sich über das Internet in dem M3-System einloggen werden, um „Mensch zu spielen“ wird sich etwa im Bereich $10^3 - 10^4$ bewegen. Daher repräsentiert jeder Akteur im simulierten Berlin etwa 300 – 3000 Personen des realen Berlins. Zudem wird es nicht zu realisieren sein, Berlin/Brandenburg in seiner ganzen Komplexität und Größe abzubilden. Man wird sich auf die wesentlichen charakteristischen Merkmale eines jeden Bezirkes beschränken müssen. Es wird nicht möglich sein, jedes einzelne Haus, jede Straße und jedes Auto in M3 darstellen zu können.

Weitere Informationen zur M3-Simulation sind in *Rosé* [2002] und *Rosé et al.* [2001] zu finden. Das Konzept und die Geschichte der MUVES wird in *Jugel* [2001] beschrieben.

Als nächstes folgt ein kurzes Kapitel über die M3-Zeit, danach möchte ich für ein angenommenes Anwendungsszenario (Kapitel 3) ein Konzept für Zeit und Raum in M3 (Kapitel 4) vorschlagen, das oben genannte Aspekte berücksichtigt.

2 M3-Zeit

Die zeitliche Synchronisation des MUVES und der unterschiedlichen Modelle erfolgt durch die Bereitstellung einer zentralen Modellzeit, der so genannten *M3-Zeit*, welche die aktuelle Zeit der simulierten Welt angibt. Die M3-Zeit läuft, verglichen mit der realen Zeit, im Zeitraffer ab. Bei einer Skalierung von zum Beispiel 144:1 (*M3-Zeitfaktor* = 144) würden 24 Stunden simulierte M3-Zeit auf 10 Minuten Realzeit abgebildet. Da diese Zeitraffung in der Regel jedoch noch nicht ausreicht, um in einem überschaubaren Zeitraum langfristige Prozesse unter Einbindung von Akteuren zu simulieren, werden sogenannte *M3-Sprungtage* eingefügt. Wird zum Beispiel *M3-Sprungtage* = 7 gesetzt, so folgt aus Sicht der Akteure nach Sa., 1.1.2000, 23:59 Uhr direkt So., 9.1.2002, 00:00 Uhr — die sieben Tage dazwischen werden in der Spielzeit übersprungen. Aus Sicht der Simulationsmodelle läuft die Zeit jedoch weiterhin kontinuierlich ab, nur haben in der übersprungenen Zeitspanne die Akteure keine Möglichkeit interaktiv in das Geschehen einzugreifen (siehe Abbildung 1). Die bekannten Verhaltensmuster der Akteure aus vergangenen Tagen können dazu genutzt werden, um auch für die übersprungenen Tage eine Näherung für das Verhalten der simulierten Gesellschaft zu erhalten, ohne dass die Charakteristika des Tages- und Wochengangs vernachlässigt werden. Damit die Wochentage weiterhin aufeinanderfolgen, sollte *M3-Sprungtage* ein ganzzahliges Vielfaches von 7 betragen. Durch die

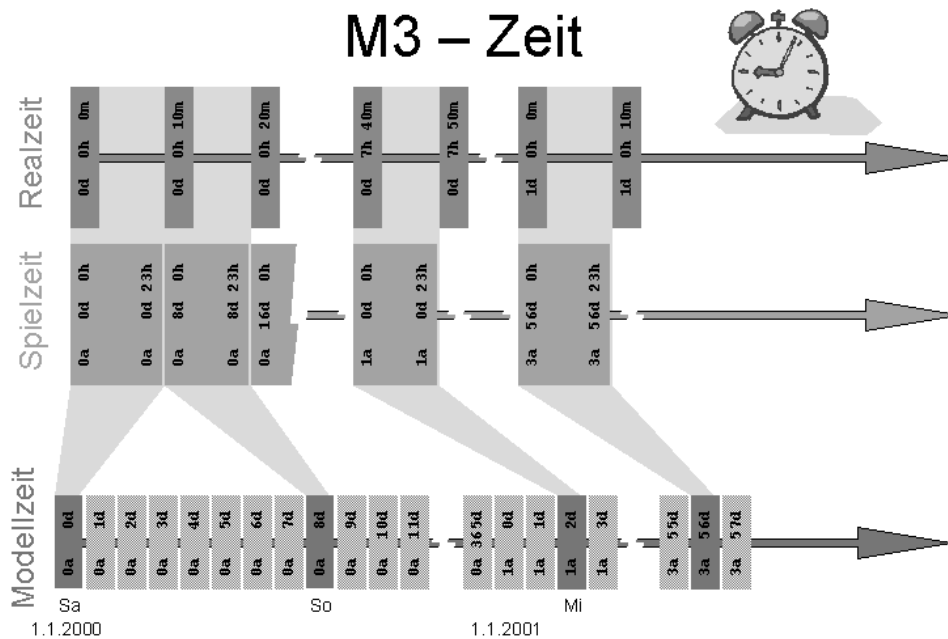


Abbildung 1: Die M3-Zeit mit unterschiedlichem Verlauf von Modell-, Spiel- und Realzeit für $Zeitfaktor = 144$ und $Sprungtage = 7$. Nur jeder achte Tag Modellzeit wird auf die Spielzeit abgebildet. Ein Tag Spielzeit entspricht 10 Minuten Realzeit.

Parameter $M3\text{-Zeitfaktor}$ und $M3\text{-Sprungtage}$ wird das $M3\text{-Zeitmodell}$ festgelegt. Im Folgenden bezeichnet t_R die Realzeit, t_S die Spielzeit und t_M die Modellzeit. Für $t_M \gg 1d$ gilt dann folgende Näherung:

$$t_M = t_R \times \text{Zeitfaktor} \times (1 + \text{Sprungtage}) \quad (1)$$

3 Anwendungsszenario

Die M3-Simulation soll zur Bearbeitung verschiedenster wissenschaftlicher Fragestellungen dienen, für die das M3-System jeweils speziell angepasst bzw. konfiguriert wird. Im Folgenden wird ein mögliches Anwendungsszenario des M3-Systems angenommen und es werden die Rahmenbedingungen für die Konfiguration eines geeigneten Zeit- und Raummodells abgeleitet.

3.1 Zeitliche Skalen

Angenommen sei zunächst eine Fragestellung, bei der langfristige Trends verschiedener Zustandsvariablen untersucht werden sollen. Diese Zustands-

variablen können zum Beispiel Indikatoren sein, welche Aussagen zur Nachhaltigkeit von simulierten Entwicklungsstrategien ermöglichen. Die zu untersuchende Zeitspanne umfasst mehrere Generationen und liegt in der Größenordnung von $100 a$.

Angenommen sei weiterhin, dass ein Teil dieser langfristigen Trends auf spontane Aktionen und kurzfristigen Reaktionen von Akteuren zurückzuführen sind. Als kurzfristig sei hier eine Reaktion angesehen, die innerhalb von Sekunden bis Minuten nach Eintreffen eines Ereignisses erfolgt. Eine solche Reaktion könnte zum Beispiel das (virtuelle) Umfahren eines Staus sein, nachdem man festgestellt hat, dass die Straße vor einem verstopft ist. Simulierte Zeitspannen in der Größenordnung von $60 s$ müssen also von dem System noch aufgelöst und über die Benutzerschnittstelle wahrgenommen werden können.

Die Personen, die sich in die M3-Simulation als Akteure einloggen, versprechen sich durch ihre Teilnahme in der Regel einen gewissen Unterhaltungswert. Zudem sollen die Akteure aus den Konsequenzen ihres Handelns lernen können; die Simulation sollte sich also möglichst schnell entwickeln, ohne zu viel Realzeit in Anspruch zu nehmen. Aus der Erfahrung anderer Onlinespiele (MUDs, EverQuest etc.) scheint eine Zeitdauer von $\approx 100 d$ Realzeit realistisch, während der sich der Akteur regelmäßig für etwa $1 - 3 h$ pro Tag in die Simulation einloggt, um dort sein virtuelles Leben zu leben. Diese $100 d$ Realzeit sollten etwa der virtuellen Lebenserwartung des Akteurs ($\approx 80 a$) entsprechen. Anschließend (nach seinem virtuellen Tod) kann sich der Akteur wieder mit einem neuen Avatar bei der kontinuierlich weiterlaufenden Simulation anmelden und (zum Beispiel als Säugling) von vorne beginnen.

	Modellzeit	Spielzeit	Realzeit
Gesamte Simulation	$> 100 a$		
Auflösung		$< 60 s$	$\approx 1 s$
Lebenserwartung	$\approx 80 a$		$\approx 100 d$
Zeitschritt SWIM	$1 d$		$\approx 1 s$
Zeitschritt FourC	$1 d$?
Zeitschritt WGEN	$1 d$		$\approx 0.1 s$
Zeitschritt Impact	$1 h$		$\approx 1 s$
Zeitschritt REWIMET	$1 d$		$\approx 20 min$
Zeitschritt Mobility	$1 s$?
Vergleich: Die Sims [®]		$1 min$	$\approx 1 s$

3.2 Räumliche Skalen

Zur Zeit beschränkt sich das Simulationsgebiet des Prototyps der M3-Simulation auf eine Fläche von $2 km \times 2 km$ um den Berliner Alexanderplatz. Alle Objekte (Gebäude, Straßen, Akteure etc.) werden in Originalgröße darge-

stellt, ein realitätsgetreuer Detaillierungsgrad wird angestrebt.

Hier soll nun ein Anwendungsszenario angenommen werden, bei dem zunächst ganz Berlin und im einem späteren Schritt zusätzlich Brandenburg als Simulationsgebiet hinzukommt. Für Berlin ist somit bei Annahme eines rechteckigen Simulationsgebiets eine Fläche von etwa $50\text{ km} \times 40\text{ km} = 2000\text{ km}^2$, für Berlin/Brandenburg von etwa $240\text{ km} \times 250\text{ km} = 60000\text{ km}^2$ erforderlich. Für solch großen Simulationsgebiete wird sich ein Detaillierungsgrad von 1:1 nicht realisieren lassen. Hier kommt es darauf an, nur die wesentlichen und charakteristischen Eigenschaften und Objekte des Simulationsgebiets zu erfassen und durch eine technisch realisierbare Anzahl von Objekten im MUVE zu repräsentieren.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Anzahl von Objekten in der realen und in der simulierten Welt unter der Annahme, dass ca. 1/1000 der real existierenden Objekte simuliert werden und etwa $10^3 - 10^4$ Akteure an der Simulation teilnehmen. Die Zahlen für die reale Welt stammen überwiegend aus *Statistisches Landesamt Berlin* [2001].

	Realität	MUVE
Einwohner Berlin	3.387×10^6	$10^3 - 10^4$
Einwohner Berlin/Brandenburg	5.988×10^6	$10^3 - 10^4$
Privathaushalte Berlin	1.8228×10^6	$\approx 600 - 6000$
öffentliche Straßen Berlin	5319.6 km	?
Bus-Linienlängen Berlin	2672.4 km	?
U-Bahn-Linienlängen Berlin	180.1 km	?
Straßenbahn-Linienlängen Berlin	$431,6\text{ km}$?
Kraftfahrzeuge Berlin	1.3842×10^6	≈ 1000
darunter PKW/Kombi	1.1920×10^6	≈ 1000
LKW	86.1×10^3	≈ 100
Busse	2.4×10^3	$\approx 2(?)$
Krafträder	80.0×10^3	≈ 100
Betriebe Berlin		
verarbeitendes Gewerbe	926	≈ 1
Bauhauptgewerbe	4246	≈ 4
Ausbaugewerbe	980	≈ 1
Handwerk	18914	≈ 20
Wohngebäude Berlin	296×10^3	≈ 300
Wohnungen Berlin	1863×10^3	$\approx 600 - 6000$
Wohnungen Brandenburg	1236×10^3	
Wohnfläche je Wohnung (Berlin)	69 m^2	

4 Zeit und Raum in M3

Zur räumlichen Abbildung der Realität auf ein Simulationsgebiet mit geringerem Detaillierungsgrad und einer reduzierten Anzahl von Objekten kommen zwei verschiedene Lösungen in Betracht:

1. **Schrumpfung des Simulationsgebiets:** Man reduziert die Anzahl der Objekte, indem man die Objekte in ihrer Größe nicht verändert, aber dafür das Simulationsgebiet zusammenschrumpfen lässt. Sei Δs eine Strecke in der realen Welt und $\Delta s'$ die dazugehörige Strecke in der simulierten Welt. Bei $\Delta s/\Delta s' = 10$ müssen zum Beispiel für Berlin nur die wichtigsten Gebäude eines jeden Bezirkes ausgewählt und in einem $5\text{ km} \times 4\text{ km} = 20\text{ km}^2$ großen Berlin platziert werden. Um die selbe Bebauungsdichte zu erreichen, benötigt man somit in der Simulation $2000\text{ km}^2/20\text{ km}^2 = (\Delta s/\Delta s')^2 = 100$ mal weniger Gebäude als im realen Berlin, es genügt also, nur jedes 100ste Gebäude zu modellieren. Da die eingebundenen Simulationsmodelle jedoch auf den realen Koordinaten rechnen, müssen für die räumliche Zuordnung jeweils Koordinatentransformationen durchgeführt werden. Vernachlässigt man den Bereich der Sprungtage, dann gilt für die Zeiten $\Delta t_M = \Delta t_S = \text{Zeitfaktor} \times \Delta t_R$. Die virtuelle Geschwindigkeit im MUVE beträgt: $v_S = \Delta s'/\Delta t_S$. Diese wird am Bildschirm dargestellt als $v_R = \Delta s'/\Delta t_R = v_S \times \text{Zeitfaktor}$. Die Geschwindigkeit eines Objektes erscheint somit in der Visualisierung schneller, als die tatsächlich im MUVE gegebene Geschwindigkeit. Aus Sicht der Modelle haben Objekte die Geschwindigkeit $v_M = \Delta s/\Delta t_M = v_S \times (\Delta s/\Delta s')$.
2. **Größendilatation:** Ein anderer Ansatz ist es, das Simulationsgebiet unverändert zu lassen, dafür jedoch die Objekte im MUVE vergrößert abzubilden. Sei d die Länge eines Objekts in der Realität. Die Länge des entsprechenden Objekts im MUVE ist dann $d' = d \times \text{Dilatation}$. Bei $d'/d = 10$ benötigen wir auch hier nur ein hundertstel der Objekte pro Fläche für die selbe Belegung, da jedes der Objekte eine $(d'/d)^2 = 100$ mal größere Fläche einnimmt. Wenn alle Objekte gleichermaßen vergrößert werden, wird in der Visualisierung des MUVEs diese Größendilatation nicht bemerkbar sein, da kein absolutes Größenmaß vorhanden ist und die Größe eines Objektes nur durch den Vergleich mit anderen Objekten bestimmt werden kann. Nur die zurückgelegten Strecken und die Entfernungen zwischen den Objekten erscheinen in Relation zur Objektgröße verkleinert. Die Geschwindigkeiten berechnen sich folgendermaßen: Ein Objekt hat im MUVE die Geschwindigkeit $v_S = \Delta s/\Delta t_S$. Außerhalb der Sprungtage hat das Objekt aus Sicht der Modelle die selbe Geschwindigkeit: $v_M = \Delta s/\Delta t_M = v_S$. Auf dem Bildschirm ist die absolute Geschwindigkeit $v_R = \Delta s/\Delta t_R = v_S \times \text{Zeitfaktor}$. Relativ zur Größe des Objekts er-

scheint die Geschwindigkeit jedoch wie $v_R^{rel} = v_S \times \frac{Zeitfaktor}{Dilatation}$. Ein kurzes Beispiel soll dies erläutern: Sei $Zeitfaktor = 20$ und $Dilatation = 10$. Ein realer Würfel mit der Kantenlänge $d = 1\text{ m}$ und der Geschwindigkeit $v_M = 1\text{ m/s}$ bewegt sich dann um eine Kantenlänge pro Sekunde vorwärts. Die Repräsentation dieses Würfels im MUVE hat dann bezüglich der M3-Zeit auch eine Geschwindigkeit von $v_S = 1\text{ m/s}$. Da die M3-Zeit jedoch 20-mal so schnell vergeht wie die Realzeit, hat der Würfel bei der Visualisierung auf dem Bildschirm eine Geschwindigkeit von $v_R = 20\text{ m/s}$. Da dieser Würfel nun jedoch auch 10 m lang ist, bewegt er sich 2 Kantenlängen pro Sekunde (Realzeit), die Geschwindigkeit erscheint also nur doppelt so schnell.

Es bleibt noch zu untersuchen, inwiefern auch die Masse und andere physikalischen Eigenschaften der Objekte entsprechend skaliert werden müssen. Ob dies erforderlich ist, hängt von der Art der in der Simulation berücksichtigten Prozesse ab an denen MUVE-Objekte beteiligt sind.

Bei beiden Ansätzen muss der veränderte Einfluss eines jeden Objekts berücksichtigt werden. Schadstoffemissionen müssen zum Beispiel hochgerechnet werden, die Anzahl der Dimensionen (Punkt, Fläche, Raum), auf die sich die Emissionen verteilen, sind dabei zu beachten.

In diesem Konzept soll nur der 2. Ansatz (Größendilatation) weiter verfolgt werden, da er einige Vorteile gegenüber dem 1. Ansatz bietet. Ein für die Simulation wichtiger Punkt ist, dass bei dem 2. Ansatz die Modelle und das MUVE das selbe Koordinatensystem verwenden können und die Geschwindigkeiten von Objekten aus Sicht der Modelle und des MUVEs identisch sind. Das hat insbesondere auch Vorteile für die Experten-Benutzerschnittstelle bei der dann zur flächenhaften Visualisierung von Zustandsgrößen mit einer Art GIS direkt auf die Daten im MUVE zugegriffen werden kann. Zudem wird die Repräsentanz der Objekte durch deren Größe hervorgehoben (1 Gebäude steht für 100 Gebäude, hat dafür auch eine 100-mal so große Grundfläche). Voraussetzung für diesen Ansatz ist jedoch, dass Objekte nach Belieben skaliert werden können und dies keinen negativen Einfluss auf die Visualisierung hat. Es ist zu beachten, dass Texturen und Bounding-Boxen entsprechend der Größendilatation mitskaliert werden müssen.

Damit für die Akteure das System „spielbar“ bleibt, sollten sich die Objekte in der Visualisierung maximal doppelt so schnell wie in der Realität bewegen. Das kann durch folgende Faustformel erreicht werden:

$$Dilatation \leq Zeitfaktor \leq (2 \times Dilatation) \quad (2)$$

Schauen wir uns nun an, in welchem Bereich der Zeitfaktor für die in Kapitel 3 gesetzten Rahmenbedingungen liegen kann. Aufgrund der Bedingung,

dass eine virtuelle Lebenserwartung von $80 a$ Modellzeit auf $100 d$ Realzeit abgebildet werden soll, ergibt sich nach Gleichung 1 folgender Zusammenhang:

$$\frac{80 a}{100 d} \approx 300 \approx \text{Zeitfaktor} \times (1 + \text{Sprungtage}) \quad (3)$$

Durch die Gleichungen 2 und 3 wird die Anzahl von möglichen Kombinationen schon wesentlich eingeschränkt:

Sprungtage	Zeitfaktor	Dilatation	Objekte/Fläche (1=Realität)
0	300	150 – 300	1/22500 – 1/90000
7	38	19 – 38	1/361 – 1/1444
14	20	10 – 20	1/100 – 1/400
21	14	7 – 14	1/49 – 1/196
28	10	5 – 10	1/25 – 1/100
35	8	4 – 8	1/16 – 1/64

Einen Detaillierungsgrad von $1/1000$ wird somit durch die Kombination $\text{Sprungtage} = 7$, $\text{Zeitfaktor} = 38$ und $\text{Dilatation} = 31.6$ erreicht. Um diese Zahlen handhabbarer zu gestalten wähle ich:

Sprungtage	=	7
Zeitfaktor	=	40
Dilatation	=	32

Falls die Objekte auf einer Fläche angeordnet sind, ergibt sich ein Detaillierungsgrad von $1/1024$ Objekten pro Fläche, das heißt, jedes Objekt im MUVE repräsentiert 1024 Objekte in der Realität. Eine mittlere Lebenserwartung von $80 a$ wird in einer Realzeit von etwa $90 d$ simuliert. Die Geschwindigkeit von Objekten erscheint in der Visualisierung 1.25-mal so schnell. Pro Sekunde Realzeit vergehen $40 s$ Spielzeit — Aktionen und Reaktionen in dieser Größenordnung können noch aufgelöst werden. Während jedes achten Tages haben die Akteure die Möglichkeit, interaktiv in die Simulation einzugreifen, das entspricht etwa 46 Tage/Jahr. Ein simulierter Tag vergeht in 36 Minuten Realzeit.

Während der Sprungtage berechnen die Modelle die Zustandsvariablen der dazwischenliegenden Tage. Falls diese Berechnungen zu viel Zeit in Anspruch nehmen, müssen hierfür geeignete Näherungslösungen gefunden werden (insbesondere für die rechenintensiven Modelle REWIMET und Mobility). Hierfür können Zustandsvariablen zum Beispiel zusätzlich über den Raum gemittelt werden. Damit die Modelle auf Dauer mit der M3-Zeit mithalten können, müssen sie einen Tag Modellzeit innerhalb von $270 s$ Realzeit berechnen können. Falls das MUVE direkt zum Anfang des Tages von einem Modell zwingend aktuelle Zustandsvariablen benötigt, kann es notwendig werden, die Zeit im MUVE solange anzuhalten, bis das entsprechende

Modell alle Sprungtage berechnet hat.

5 Weiteres Vorgehen

Ziel der nächsten Version von M3 sollte es sein, eine attraktive virtuelle Umgebung zu erschaffen, die das reale Berlin/Brandenburg in seinen charakteristischen Grundzügen realitätsnah widerspiegelt. Diese Version von M3 sollte meiner Meinung nach insbesondere dazu dienen, eine große Anzahl von Akteuren für die Simulation zu gewinnen und die technische Machbarkeit von M3 zu demonstrieren. Dadurch wird eine Basis für die nachfolgende Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen geschaffen.

Konkret sind für die Abbildung von Berlin/Brandenburg in M3 noch folgende Arbeitsschritte zu leisten:

- Ein stark reduziertes Straßennetz für Berlin aus den realen Straßennetzdaten ableiten. Als Kriterium für die Auswahl relevanter Straßen kann eine Klassifizierung nach der Größe dienen.
- Ein entsprechend reduziertes S/U- und Straßenbahnnetz analog zum Straßennetz entwerfen.
- Alle darzustellenden Objekte in der Größe 32:1 skalieren.
- Einen detaillierten Flächennutzungsplan für das Simulationsgebiet gemäß der realen Flächennutzung in Berlin festlegen.
- Für Berlin charakteristische Gebäude (z. B. Brandenburger Tor, Fernsehturm, Reichstag, Museumsinsel etc.) modellieren und im Simulationsgebiet platzieren.
- Simulationsmodelle entsprechend dem Simulationsgebiet und der MUVE-Objekte parametrisieren.
- Hinzufügen von mit Modellen verknüpften Objekten, insbesondere falls das Hinzufügen während der Simulation nicht möglich ist (z. B. landwirtschaftliche Felder, Wald, Flüsse etc.)
- Auf Grundlage des Flächennutzungsplans weitere Objekte, wie zum Beispiel Wohnhäuser, Fabriken, Theater, Kneipen, Bäume, Einkaufszentren etc. zur Simulation hinzufügen. Das kann sukzessive auch während der Simulation von den Akteuren selber durchgeführt werden.
- Erweiterung des Simulationsgebiets um Brandenburg.

Literatur

- Jugel, M. L.**, Enhancing MUVes: Connecting virtual objects with environmental simulation, in *Proceedings of the International Conference on Virtual Worlds and Simulation*, Phoenix, Arizona, January 2001.
- Rosé, H.**, M3-Project — Actor based simulation in virtual worlds, in *Proceedings of the Biennial meeting of the International Environmental Modelling and Software Society*, Lugano, Switzerland, June 2002.
- Rosé, H., A. Hoheisel, P. Frank, T. Aßelmeyer-Maluga, B. Kwella, D. Skrobotz und A. Sydow**, Interaktive Simulationsmodelle zur Entwicklung und Analyse von Nachhaltigkeitsstrategien, in *Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit — Wege zur Diagnose und Therapie von Nachhaltigkeitsdefiziten*, herausgegeben von A. Grunwald, R. Coenen, J. Nitsch, A. Sydow, und P. Wiedemann, 341–360, Edition Sigma, 2001.
- Statistisches Landesamt Berlin (Hrsg.), *Die kleine Berlin-Statistik 2001*, Berliner Statistik, Statistisches Landesamt Berlin, Berlin, 2001.