

Informationssysteme im Bike-Sharing: Ein System Dynamics Ansatz

Patrick Vogel, Dirk Christian Mattfeld

*Institut für Wirtschaftsinformatik, Lehrstuhl für Decision Support,
Technische Universität Braunschweig
{p.vogel|d.mattfeld}@tu-bs.de*

1 Motivation

Klimaveränderungen, Begrenztheit fossiler Energieträger, hoher Platzbedarf und Lärmemissionen sind nur einige Faktoren dafür, dass das Auto als individuelles Verkehrsmittel in einer Krise steckt. Auch hat das Auto als Statussymbol bei jüngeren Generationen und bei Teilen der städtischen Bevölkerung an Bedeutung verloren. Der motorisierte Individualverkehr machte zwar im Jahr 2008 80 Prozent am Gesamtverkehrsaufkommen aus, jedoch wuchs der Anteil des Fahrradverkehrs und Öffentlichen Verkehrs (ÖV) seit dem Jahr 2002 (Canzler 2009).

Fahrräder tragen nicht zu Stau bei und verursachen keine Umweltverschmutzung. Weiterhin können damit Gebiete erreicht werden, die keine Anbindung an das ÖV-Netz haben. Nachteilig ist, dass die Benutzung des Fahrrads stark vom Wetter und der Topographie abhängig sowie eher für Kurzstrecken geeignet ist (DeMaio 2004). Eine umweltfreundliche, individuelle Mobilität im Stadtverkehr wird in den letzten Jahren verstärkt durch moderne Fahrradverleihsysteme, auch Bike-Sharing Systeme (BSS) genannt, ermöglicht, die eine Einwegnutzung des Fahrrades zulassen. Ein flächendeckender Zugang mit teils automatisierten Ausleihprozessen wird durch Informations- und Kommunikationstechnologie unterstützt (Bührmann 2008).

Wissenschaftliche Literatur zu BSS ist rar. Kürzlich erschienene Artikel haben einen starken Praxisbezug. Deshalb beschreibt der vorliegende Beitrag in Kapitel 2 BSS und deren Informationssysteme (IS), wobei der Fokus auf der Komponente der Leistungsbereitstellung liegt, da in BSS oft eine ungleiche Verteilung der Fahrräder zu beobachten ist. Die zugrundeliegenden Wirkungszusammenhänge der Leistungsbereitstellung in BSS werden im Weiteren erläutert. Wir sehen in diesem Beitrag von einer örtlichen Modellierung der Fahrradflüsse auf Stationsebene ab. Stattdessen betrachten wir das System auf einer aggregierten Ebene anhand eines System Dynamics Modells, um Aussagen über das Systemverhalten bezüglich der

Leistungsbereitstellung treffen zu können. Die räumliche und zeitliche Verteilung der Fahrräder ist in nachgelagerten Untersuchungen zu betrachten. Eine Simulation mit automatisch generierten Daten validiert die beschriebenen Zusammenhänge. Daraus lässt sich ableiten, dass eine Erweiterung des Informationssystems um eine Komponente zur automatisierten Repositionierung von Rädern sinnvoll ist. Kapitel 4 gibt eine Zusammenfassung und einen Ausblick.

2 Das Informationssystem im Bike-Sharing

In diesem Abschnitt wird das zugrundeliegende Informationssystem auf Basis des Dienstleistungsprozesses nach Mertens et al. (2005) vorgestellt. Dazu wird auf die Entwicklung von klassischen Fahrradverleihsystemen bis hin zu heutigen BSS eingegangen. Diese Systeme basieren auf einer hohen Servicequalität, die sich in einer hohen Lieferfähigkeit der Leihräder manifestiert. Die dafür erforderlichen Planungs- und Steuerungsprozesse zur Bereitstellung der Fahrräder sind in Bike-Sharing Informationssystemen zu unterstützen.

2.1 Die Entwicklung des Bike-Sharing

DeMaio (2009) skizziert die Entwicklung des Bike-Sharing in drei Generationen: Die Idee Fahrräder für kurze innerstädtische Strecken einer breiten Masse zur Verfügung zu stellen, wurde im ersten BSS Mitte der 1960er Jahren in Amsterdam umgesetzt. Diese erste Generation startete mit speziell gekennzeichneten Rädern, die jedermann ohne vorherige Anmeldung ausleihen und an beliebigen Orten abstellen konnte. Das System brach durch Diebstahl und Vandalismus innerhalb weniger Tage zusammen. In der zweiten Generation wurden seit den 1990er Jahren robuste Räder eingesetzt. Die Entleiher erfolgte an Radstationen weiterhin anonym, dafür musste aber ein Münzpfand hinterlegt werden, was die Zahl der Diebstähle nicht sonderlich eingrenzte. Erst seit der heutigen dritten Generation werden elektronisch gesicherte Fahrräder bzw. Fahrradboxen verwendet. Die Nutzer müssen sich beim Ausleihvorgang zum Beispiel an einem Terminal oder mit einer Chipkarte am Rad identifizieren. Weiterhin werden Informations- und Telekommunikationssysteme zur besseren Überwachung der Räder und Nutzer eingesetzt. Zahlreiche BSS sind in Betrieb bzw. werden geplant. Derzeit zählt die Bike-Sharing World Map (MetroBike 2009) ungefähr 100 Systeme. Midgley (2009) spricht im Mai 2009 von ca. 80 Systemen mit insgesamt fast 70.000 Rädern und über 4.600 Stationen.

Hinsichtlich des Geschäftsmodells eines BSS identifiziert DeMaio (2009) unterschiedliche Konzepte anhand des Betreibers und somit eine kommerzielle oder nicht kommerzielle Ausrichtung des Systems. Betreiber sind Städte und Kommunen, Transportunternehmen, Universitäten, gemeinnützige Organisationen (non-

profit), Werbeunternehmen und kommerzielle Unternehmen. Weiterhin lassen sich stationsbasierte und stationslose BSS unterscheiden.

Im stationslosen „Call a bike“ des deutschen Transportunternehmens Deutsche Bahn wird ein zu entleihendes Fahrrad mittels eines Telefonanrufes freigeschaltet. Nach dem Abstellen des Rades an einer Straßenkreuzung wird der Standort telefonisch an Call a bike übermittelt. In diesem Modell entstehen dem Kunden in der Regel Kosten für die Entleiherung ab der ersten Minute (Call a bike 2009). Das zurzeit weltweit größte stationsbasierte BSS ist das „Vèlib“ in Paris. Das Marketingunternehmen JCDecaux betreibt ca. 1.450 Stationen mit 20.600 Leihrädern, die durch Vermietung von Werbeflächen an Stationen und Rädern finanziert werden. Dies gepaart mit der starken vertraglichen Bindung der Nutzer an JCDecaux‘ IS ermöglicht, dass die ersten 30 Minuten einer Fahrt kostenlos sind (Midgley 2009).

2.2 Konzeption von Informationssystemen für Bike-Sharing Systeme

Das zugrundeliegende IS auf Basis des Dienstleistungsprozesses nach Mertens et al. (2005) wird hier vorgestellt. Das „Citybike Wien“ wird als innovatives und erfolgreiches stationsbasiertes BSS zur Beschreibung des Dienstleistungsprozesses herangezogen. Da diese Systeme auf einer hohen Servicequalität basieren, die sich in einer hohen Verfügbarkeit der Leihfahräder manifestiert, wird detailliert auf den Bereich der Leistungsbereitstellung in BSS eingegangen.

Unterstützung von Dienstleistungsprozessen im Informationssystem

Eine Geschäftstransaktion besteht typischerweise aus verschiedenen Phasen (vgl. *Abbildung 1*), die durch IS unterstützt werden. Mit Werbung an 60 Stationen, ca. 630 Rädern und anderen Werbeflächen erzielt das Citybike Wien 98 Prozent der Einnahmen. Die erste Stunde einer Entleiherung ist kostenfrei (OBIS 2009).

Im Dienstleistungsprozess werden Marketingmaßnahmen, Informationen und Beratung auf einer Webseite realisiert, um potentielle Kunden anzusprechen. Hinzu kommen Werbetafeln für das Citybike sowie die auffällige gelbe und blaue Fahrradflotte mit Werbung an Speichen und Fahrradkörben (CBW 2009). Weiterhin muss dem Kunden die Leistung in Form eines freien Rades bereitgestellt werden, ohne dass eine vorherige Buchung erfolgt. Dazu werden Stationsfüllstände durch das IS aufgezeichnet. Die Ermittlung von Ausgleichen zur Vermeidung von leeren oder vollen Stationen erfolgt im Citybike manuell auf Basis von Standardsoftware und Expertenwissen (Dechant 2009). Auskünfte zur anschließenden Information und Beratung erteilen Terminals an den Verleihstationen.

Darüber hinaus sind Informationen zur Anmeldung, Entleiherung und Rückgabe auf der Homepage zu finden. Zur Vereinbarung und Durchführung einer Entleiherung ist eine Anmeldung im Citybike IS mit Hinterlegung der persönlichen Daten

sowie einer Kreditkarte, speziell erworbenen Citybike Card oder einer Citybike Tourist Card notwendig.

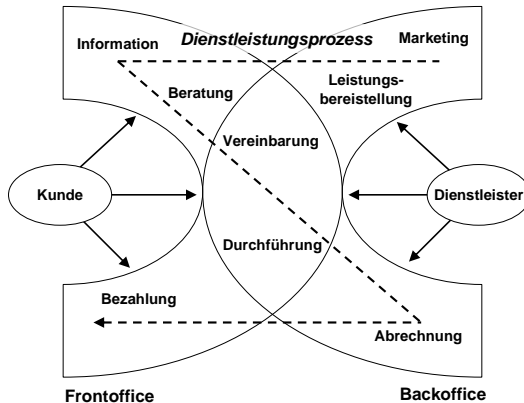


Abbildung 1: Phasen des Dienstleistungsprozesses (Mertens et al. (2005))

Der Entleiherprozess beginnt an einem Stationsterminal durch Authentifizierung des Nutzers mittels Karte und einem Passwort. Die Nummer der Fahrradbox eines verfügbaren Rades wird gedrückt und an der Box selbst bestätigt. Damit ist das Rad freigegeben und der Entleihvorgang abgeschlossen. Bei Rückgabe des Rads wird die Ausleihzeit festgestellt und die automatische Abbuchung der Beträge für die in Anspruch genommene Leistung erfolgt per Bankeinzug. Somit wird jede Fahrt mit Start- und Zielstation sowie der Ausleihdauer im IS protokolliert.

Ohne eine hohe Lieferfähigkeit ist die Sicherstellung eines effizienten Betriebes des BSS nicht möglich. Das Informationssystem im Bike-Sharing soll die Leistungsbereitstellung geeignet unterstützen. Deshalb wird im Folgenden detailliert auf die Komponente der Leistungsbereitstellung in BSS eingegangen.

Leistungsbereitstellung im Bike-Sharing

Die Aufgabe der Leistungsbereitstellung im Bike-Sharing liegt darin, dem Kunden freie Räder zur Entleiher bzw. freie Boxen zur Rückgabe bereitzustellen und zerfällt in strategische und operative Maßnahmen. Warum die Leistungsbereitstellung eine entscheidende Komponente im Bike-Sharing darstellt und weshalb hohe Anforderungen an die Planung und Steuerung der Leistungsbereitstellung gestellt werden, ist im Folgenden beschrieben. Im Weiteren bezeichnen wir die Leistungsbereitstellung auch als Lieferfähigkeit des BSS.

Bei der Planung und Implementierung eines stationsbasierten BSS ist darauf zu achten, dass Stationen in ausreichender Anzahl an geeigneten Orten platziert werden. Die Entfernung zu beliebten Orten sollte bei etwa 300-500 Meter liegen. Dadurch erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für Kunden ein freies Fahrrad zu finden und nicht weit entfernt von ihrem Ziel wieder abzustellen (Bührmann 2007).

Im operativen Betrieb ist die Lieferfähigkeit anhand der ungewissen zukünftigen Bedarfe anzupassen. Dazu ist zum Beispiel ein verbrauchsgesteuertes Vorgehen möglich, bei dem aus der beobachteten Nachfrage zukünftige Bedarfe abgeleitet werden. Weiterhin sind Preisgestaltungsmechanismen zur Steuerung der Nachfrage denkbar (Mertens et al. 2005).

BSS müssen einer konstanten Überwachung und Weiterentwicklung im operationalen Betrieb in Bezug auf die Marktbedingungen unterliegen, da eine hohe Dynamik in BSS vorliegt. In Gebieten in denen mehr Räder entliehen als zurück gebracht werden oder umgekehrt kommt es zu einem stetigen Ungleichgewicht an Fahrrädern, wie z. B. an selten angefahrenen hoch gelegenen Stationen. Das Ungleichgewicht kann aber auch zeitlich begrenzt sein, wie z. B. einsetzender Regen oder eine hohe Rückgaberate an einer am Stadtrand gelegenen S-Bahnstation am Morgen und hoher Entleihrate am Nachmittag (DeMaio 2009).

Die Dynamik, die durch Einwegnutzung und kurze Ausleihzeiten entsteht, beeinträchtigt die Lieferfähigkeit von Rädern bzw. freien Boxen und hat damit Auswirkungen auf die Kundenzufriedenheit. Es entstehen leere oder volle Stationen an denen kein Fahrrad entliehen oder zurückgegeben werden kann. Beide Zustände haben einen negativen Effekt auf die Zufriedenheit des Kunden. Somit ist der überwachte und gesteuerte Betrieb eines BSS unabdinglich, um ein hohes Maß an Servicequalität sicherzustellen (Bühmann 2008).

Zwei sich nicht ausschließende Maßnahmen zur besseren Verteilung, und damit einhergehenden Erhöhung der Servicequalität, sind in BSS denkbar. Dies sind kundenseitige Verteilungen in Form von Anreizen und unternehmensseitige Verteilungen durch Repositionierung. Durch Anreize wird der Kunde ermutigt, bestimmte Stationen anzufahren. Im Vèlib System erhält man z. B. bei der Rückgabe an hochgelegenen Stationen 15 Minuten mehr Ausleihzeit, da ein erhöhter Kraftaufwand zur Erreichung solcher Stationen notwendig ist (DeMaio 2009). Bei der Repositionierung werden Ungleichgewichte aufgehoben, indem Räder vom Personal umverteilt werden. DeMaio (2009) schätzt die operationellen Kosten beim Vèlib auf drei US Dollar pro repositioniertem Rad.

In großen Verleihsystemen ist die Echtzeit-Verfügbarkeit der Räder im Internet dargestellt (Midgley 2009). Dies mag Kunden dazu bewegen, nicht leere Stationen für eine Entleiherung anzusteuern. Bei der Rückgabe des Rads ist aber nicht unbedingt davon auszugehen, dass die Kunden Zugriff auf das Internet haben. Außerdem ist die in dieser Situation erforderliche Rückgabe an einer nahegelegenen anderen Station weg- und zeitaufwändig.

3 Modellierung der Leistungsbereitstellung in Bike-Sharing Systemen mit System Dynamics

System Dynamics umfasst Methoden zur Beschreibung der Struktur und des Verhaltens von Systemen in sich veränderndem Umfeld. Dabei bietet System Dyna-

mics eine gemeinsame Basis, die immer dann angewendet werden kann, wenn man verstehen und beeinflussen möchte, wie sich Systemstrukturen und -verhalten über die Zeit hinweg entwickeln (Forrester 1991).

System Dynamics eignet sich als Instrument zur Beschreibung des Verhaltens von BSS, da die Abbildung der Leistungsbereitstellung die folgenden Eigenschaften nach Strohecker (2007) erfüllt: Bei der Leistungsbereitstellung sind Entwicklungsverläufe über die Zeit zu betrachten. Weiterhin sind in den Wirkungszusammenhängen Rückkopplungen auszumachen, die ausgleichende oder verstärkende Effekte mit kurz- und langfristigen Auswirkungen hervorrufen. Insbesondere weist Georgantzas (2008) daraufhin, die mit System Dynamics ermittelten Wirkungszusammenhänge als Grundlage für IS Fragestellungen heranzuziehen. Dabei kann System Dynamics zur geeigneten Konzeption von IS hinsichtlich der Abbildung dynamischer Komponenten beitragen.

Bei der Modellierung mit System Dynamics folgen wir dem Prozess nach Sterman (2006). Dieser beginnt mit der verbalen Beschreibung eines Problems, für das Ursachen und mögliche Lösungen zu finden sind. In BSS tritt eine ungleiche Verteilung von Fahrrädern durch die Dynamik des Systems auf, die mittels Repositionierung ausgeglichen werden kann. Daraus ist die Struktur des Problems zur Identifizierung von Ursachen abzuleiten und in einem Lager- und Flussdiagramm darzustellen. Hier sind die identifizierten Wirkungszusammenhänge von Servicequalität und Lieferfähigkeit geeignet abzubilden. In einem nächsten Schritt werden anhand des Modells Simulationsexperimente mit unterschiedlichem Repositionierungsaufwand durchgeführt. Aus der Simulation lassen sich Richtlinien ableiten, ob und welche Entscheidungsregeln oder Strategien in der echten Welt umgesetzt werden können.

3.1 Problembeschreibung

Zwischen den Faktoren Qualität, Zufriedenheit und Unternehmenserfolg existiert ein allgemein anerkannter Zusammenhang. Die transaktionsspezifische Zufriedenheit einer Dienstleistung resultiert aus der wahrgenommenen Qualität dieser Dienstleistung. Die Zufriedenheit hat wiederum einen positiven Effekt auf den Unternehmenserfolg (Kaiser 2004). Somit ist die Sicherstellung einer gewissen Servicequalität durch eine hohe Lieferfähigkeit, also die Bereitstellung von Rädern, zur Erreichung einer hohen Kundenzufriedenheit und dem damit einhergehenden Unternehmenserfolg in BSS maßgeblich. Zur Beschreibung des Verhaltens eines Fahrradverleihsystems auf einer aggregierten Ebene werden daher die beiden Schlüsselvariablen Lieferfähigkeit und Servicequalität erläutert. Umfangreiche numerische Untersuchungen zur Beschreibung des räumlich zeitlichen Systemverhaltens wären von Nöten, die bisher nicht erfolgt sind. Deshalb zeigen wir Analogien zur bereits untersuchten kapazitierten Produktionsplanung auf und treffen anhand dieser Annahmen für BSS.

Lieferfähigkeit

Aufgrund der Einwegnutzung und kurzen Ausleihzeiten in BSS kommt es zu einem Ungleichgewicht in der Verteilung der Fahrräder. Das Nutzungsverhalten eines Kunden lässt sich durch Wahrscheinlichkeiten für Entleihungen und Rückgaben an bestimmten Stationen ausdrücken. Es ist davon auszugehen, dass ein neu hinzukommender Nutzer das bisher verursachte Ungleichgewicht nicht durch seine Entleihungen und Rückgaben ausgleichen kann. Je höher die Anzahl der Nutzer im System ist, desto höher ist die absolute Anzahl an Entleihung bzw. Rückgaben. Sind Größe und Füllgrad einer Station nicht fest gegeben, können Puffergrößen anhand einer Lagerhaltungspolitik (Günther 2002) so an die Kundenanzahl angepasst werden, dass erfolglose Entleihungen und Rückgaben unwahrscheinlich sind. Besteht die Infrastruktur des Systems aus einer nicht veränderlichen Stationsanzahl, -größe und Fahrradanzahl, nehmen wir an, dass die Verfügbarkeit der Räder, also die Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Entleihung, nichtlinear mit der Anzahl der anfragenden Nutzer im System abnimmt, da das Ungleichgewicht zunimmt. Dieser Zusammenhang wird aus der kapazitierten Produktionsplanung abgeleitet. Hier ist bei der aggregierten Planung ein nichtlinearer Zusammenhang zwischen der Auslastung des Systems und den Durchlaufzeiten zu beobachten, der durch Warteschlangen an den kapazitierten Produktionsressourcen entsteht.

Karmarkar (1989) entwickelte für diesen Zusammenhang eine nichtlineare „clearing function“. Diese passen wir auf BSS an. Die Karmarkar-Funktion gibt den Output X eines Produktionssystems unter der Auslastung W (work-in-process) an. Dabei ist der maximale Output und somit die Kapazität des Systems durch C und die Losgröße durch K gegeben.

$$X = \frac{CW}{K + W}$$

Im Kontext eines BSS fassen wir K als Repositionierungsauslastung mit $K = C - R$ auf, wobei R die Anzahl repositionierter Fahrräder darstellt. Durch die Repositionierungen wird die Kapazität des Systems um K erweitert:

$$X = \frac{(C + K)W}{K + W}$$

Weiterhin ergibt sich die Auslastung des Systems aus der vorhandenen Kapazität und anfragenden Nutzern N zu $W = C - N$:

$$X = \frac{(C + K)(C - N)}{K + C - N}$$

Durch eine Normierung erhält man die Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Entleihung unter einer bestimmten Auslastung:

$$X = \frac{(C + K)(C - N)}{C(K + C - N)}$$

In *Abbildung 2 links* ist die Lieferfähigkeit für unterschiedlichen Repositionierungsaufwand bei einer gegebenen Kapazität von 100 Fahrrädern dargestellt.

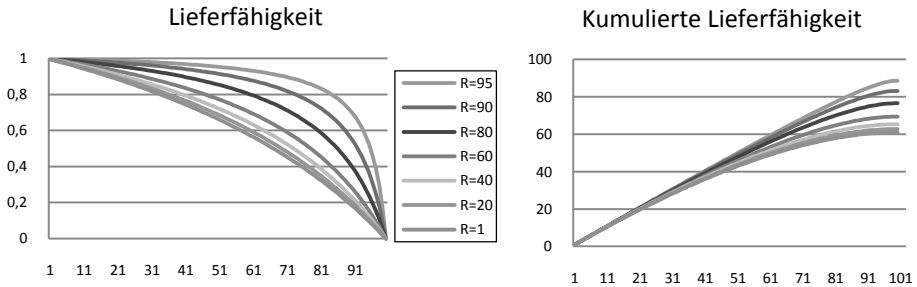


Abbildung 2: Lieferfähigkeit und kumulierte Lieferfähigkeit für unterschiedlichen Repositionierungsaufwand bei einer Kapazität von 100 Fahrrädern

Auf der x-Achse ist die Anzahl der anfragenden Nutzer abgetragen und auf der y-Achse die Wahrscheinlichkeit ein Fahrrad erfolgreich zu entleihen. Die Kurvenverläufe sind so zu interpretieren, dass bei einer vorhandenen Auslastung die Lieferfähigkeit für jeden weiteren hinzukommenden Kunden geringer ist als für den davor. Je mehr Fahrräder repositioniert werden, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit unter einer bestimmten Auslastung ein Fahrrad zu bekommen. Betreibt man einen hohen Repositionierungsaufwand von 95 Fahrrädern, besteht für den 85. Kunden eine Wahrscheinlichkeit von ca. 80 % Prozent, ein Rad erfolgreich entleihen zu können. Die absolute Anzahl an erfolgreichen Entleihungen bei einer bestimmten Auslastung ist durch die kumulierten Lieferwahrscheinlichkeiten (*Abbildung 2 rechts*) ausgedrückt. Bei einem Repositionierungsaufwand von 95 Rädern kann bei voller Auslastung des Systems ca. 90 von 100 Nutzern ein Fahrrad bereitgestellt werden.

Servicequalität

Die Servicequalität ist ein Faktor, der entscheidend für die Akzeptanz und damit für das Wachstum des Systems im Bezug auf die Nutzer ist. Die Servicequalität wird als Anzahl der erfolgreichen Vorgänge durch alle Vorgänge definiert, also der Prozentsatz der Nutzer die erfolgreich ein Rad entleihen können.

Bereits 1883 erkannte Verhulst (Sterman 2006), dass die Nettowachstumsrate eines System von den Faktoren Bevölkerung P und Kapazität C abhängt:

$$\text{Nettowachstumsrate} = g^* \left(1 - \frac{P}{C}\right) P$$

Der Faktor g^* stellt die maximale Wachstumsrate dar, wenn die Bevölkerung sehr klein ist. Dieser Zusammenhang ist als *Logistic Growth* bekannt. Das hierdurch entstehende Wachstum der Bevölkerung ist S-förmig, da die Nettowachstumsrate für $P < C$ positiv ist, Null wenn $P = C$ und negativ für $P > C$. Das Logistic-Growth

Kunden können erfolgreiche Entleihungen tätigen. Diese tragen in Verbindung mit dem Kundengewinnungsfaktor positiv zum Wachstum des Nutzerbestandes bei. Durch erfolglose Entleihungen werden die Nutzer frustriert und verlassen das System abhängig vom Abwanderungsfaktor. Die Kosten für Repositionierungen bleiben in diesem Modell außen vor.

3.3 Simulation

Nach der Definition der Schlüsselvariablen und des Lager- und Flussmodell werden Simulationsexperimente für unterschiedliche Servicequalität und Lieferfähigkeit durchgeführt, um das Systemverhalten zu untersuchen. Die Experimente werden mit der Simulationssoftware VENSIM PLE von Ventana Systems durchgeführt. Als Simulationsparameter sind für alle Experimente eine Kapazität C von 100 Fahrrädern und ein Horizont von 20 Zeitschritten gewählt. Der gesamte Bestand an Bike-Sharing Nutzern fragt in einem Zeitschritt Räder nach und der initiale Bestand beträgt 20 Nutzer. Die Werte für den Kundengewinnungsfaktor α und Abwanderungsfaktor β sowie die Anzahl repositionierter Räder R wird variiert.

Der Bestand und die Anzahl der zufriedenen Nutzer nach 20 Zeitschritten für einen Repositionierungsaufwand von 10, 40 und 80 Fahrrädern sind in Tabelle 1 abgebildet. Für die Kombinationen von α und β ergeben sich unterschiedliche Grade der Servicequalität. Bei großem Kundengewinnungsfaktor und kleinem Abwanderungsfaktor sind die Nutzer toleranter in Bezug auf die erlittenen erfolglosen Entleihungen und geben sich mit einer niedrigeren Servicequalität zufrieden. Das bedeutet, dass sich ein höherer Bestand einstellt, da die Abwanderungen aufgrund von erfolglosen Entleihungen klein sind. Bei 80 repositionierten Rädern können maximal 76 Nutzer zufrieden gestellt werden, aber der Bestand ist von der Toleranz der Nutzer abhängig und größer als die Kapazität von 100. Generell ist für alle Servicequalitäten festzuhalten, dass ein höherer Repositionierungsaufwand zu einem größeren Bestand und mehr zufriedenen Nutzer führt.

Tabelle 1: Endbestand und zufriedene Nutzer für verschiedene Paramete

α	β	\varnothing Servicequalität	Bestand			Zufriedene Nutzer		
			$R = 10$	$R = 40$	$R = 80$	$R = 10$	$R = 40$	$R = 80$
0,2	1,8	0,9	35	40	70	32	36	63
0,4	1,6	0,8	64	72	94	51	58	75
0,5	1,5	0,75	75	84	101	56	63	76
0,7	1,3	0,65	95	100	117	62	65	76

Der Zuwachs des Bestands und der zufriedenen Nutzer wurde für die drei Repositionierungsaufwände in *Abbildung 4* festgehalten. Die Zeitschritte sind auf der x-Achse abgebildet. Bei allen ist das oben beschriebene S-förmige Wachstum

zu erkennen. Je nach Anzahl der Repositionierungen steigt der Bestand zunächst stark an. Danach nimmt das Wachstum ab und erreicht ein stabiles Niveau. Wird ein hoher Repositionierungsaufwand gewählt, so ist neben der höheren Anzahl zufriedener Benutzer auch das Wachstum des Systems stärker.

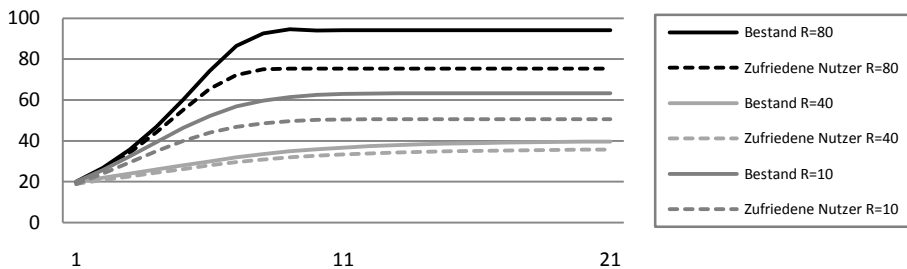


Abbildung 4: Bestand und zufriedene Nutzer für $\alpha = 0,4$ und $\beta = 1,6$ im Simulationsverlauf

3.4 Konzeption der Leistungsbereitstellung

Die Bereitstellung von Rädern in BSS ist unter den getroffenen Annahmen, von der durch Repositionierungen beeinflussten Lieferfähigkeit abhängig. Die Simulationsexperimente ergeben, dass mittels Repositionierungen mehr Kunden zufrieden gestellt werden können als ohne. Um die Repositionierungen kostengünstig durchzuführen, ist das IS um eine Komponente zur Ermittlung von Repositionierungen so zu erweitern, dass bei entsprechender Auslastung ein angemessener Repositionierungsaufwand zu möglichst geringen Kosten realisiert werden kann. Aus den im IS vorhandenen Fahrtdaten sind Angebots- und Nachfragemengen der Stationen zu ermitteln. Diese sind räumlich und zeitlich in einem Transportmodell abzubilden, welches die Ausgleichsflüsse berechnet. Für die generierten Ausgleichsflüsse kann im Anschluss eine Tourenplanung zu effizienten Verteilung der zu repositionierenden Fahrräder vorgenommen werden. Huth (2009) hat für das ähnliche Wechselcontainerproblem integrative Ansätze von Repositionierung und Tourenplanung beschrieben. Die Transportplanung und eine eventuelle Tourenplanung sind im IS zu implementieren, um eine Verbesserung der Leistungsbereitstellung und dem damit einhergehenden Unternehmenserfolg in BSS zu erreichen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Paper wird die Konzeption eines IS zur Unterstützung moderner BSS diskutiert. BSS erfahren aufgrund der umweltfreundlichen, individuellen Mobilität im Stadtverkehr zusehends Aufmerksamkeit. Die Unterstützung des entsprechen-

den Dienstleistungsprozesses, insbesondere der Leistungsbereitstellung, durch IS ist maßgeblich für den Unternehmenserfolg.

Zur Konzeption des IS wird der Dienstleistungsprozess im Bike-Sharing skizziert. Insbesondere die Phase der Leistungsbereitstellung wird diskutiert, die durch Servicequalität und Lieferfähigkeit determiniert ist. Durch die Einwegnutzung und kurzen Ausleihzeiten kommt es in Bike-Sharing-Systemen zu einem Ungleichgewicht in der Verteilung der Fahrräder, auf die im Rahmen der Leistungsbereitstellung informationssystemseitig reagiert werden muss.

Zur Modellierung der dynamischen Komponenten des IS wird ein System Dynamics Ansatz verfolgt, der den Zusammenhang zwischen Servicequalität und Lieferfähigkeit des BSS abbildet. Anhand eines System Dynamics Modells werden Simulationsexperimente mit automatisch generierten Daten für unterschiedlichen Repositionierungsaufwand durchgeführt. Mehr Repositionierungsaufwand führt zu höherer Nutzerzufriedenheit und zu einem höheren Unternehmenserfolg.

Als nächster Schritt ist ein Transportmodell zur effizienten Integration der Repositionierung in das Bike-Sharing-Informationssystem zu konzipieren. Ferner sind die getroffenen Annahmen über Lieferfähigkeit und Servicequalität zu verifizieren. Dazu ist eine umfangreiche Untersuchung von Bike-Sharing-Systemen hinsichtlich Entleihungen, Rückgaben und Kundenzahlen erforderlich.

Literatur

- Bührmann S (2007) New Seamless Mobility Services: Public Bicycles (NICHES Policy Note 4). Rupprecht Consult Forschung und Beratung GmbH, Köln.
- Bührmann S (2008): Bicycles as public-individual transport– European developments. Rupprecht Consult Forschung und Beratung GmbH, Köln.
- Call a bike (2009): Call a bike Homepage: <http://www.callabike-interaktiv.de>. Abruf am 2009-09-30.
- Canzler W, Knie A (2009) Grüne Wege aus der Autokrise. Vom Autobauer zum Mobilitätsdienstleister. Ein Strategiepapier. Band 4 der Reihe Ökologie, Heinrich-Böll-Stiftung, Berlin.
- CBW (2009): Citybike Wien Homepage: <http://citybikewien.at/>. Abruf am 2009-09-30.
- Dechant H. E. (2009): Interview vom 17.06.2009.
- DeMaio P und Gifford J (2004): Will Smart Bikes Succeed as Public Transportation in the United States? In: Journal of Public Transportation, Vol. 7, No. 2: 1-15.
- DeMaio P (2009): Bike-sharing: Its History, Models of Provision, and Future. In: Velo-city 2009 Conference. Mai.

- Forrester J (1991): System Dynamics and the Lessons of 35 Years, In: The Systemic Basis of Policy Making in the 1990s. De Greene, Kenyon B. ed.
- Georgantzas NE und Evangelos GK (2008): Information systems research with system dynamics. In: System Dynamics Review, Vol. 24, No. 3: 247–264
- Günther H-O, Tempelmeier H (2002). Produktion und Logistik. Springer, Berlin Heidelberg New York.
- Huth T, Mattfeld DC (2009): Integrationskonzepte für das taktische und operationale Management von Ladungsträgern; In: Voß S, Pahl J, Schwarze S (eds.): Logistik Management. Springer Verlag.
- Kaiser, M-O (2004): Erfolgsfaktor Kundenzufriedenheit. Erich Schmidt Verlag GmbH.
- Karmarkar US (1989): Capacity loading and release planning with work-in-process (WIP) and lead times. In: Journal of Manufacturing and Operations Management, 2: 105–123.
- Mertens P, Bodendorf F, König W, Picot A, Schumann M (2005) Grundzüge der Wirtschaftsinformatik. Springer, Berlin Heidelberg New York.
- MetroBike (2009): Bike-sharing Blog, <http://bike-sharing.blogspot.com>. Abruf am 2009-09-30.
- Midgley P (2009): The Role of Smart Bike-sharing Systems, In: Urban Mobility. Journeys Mai 2009: 23 – 31.
- OBIS (2009): Optimising Bike Sharing in European Cities: Country Study and Market Potential Data File for Austria.
- Sterman JD (2006): Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World Har/Cdr., Mcgraw-Hill Higher Education.
- Strohhecker J, Sehnert J (2007): System Dynamics für die Finanzindustrie. Simulieren und Analysieren dynamisch-komplexer Probleme. 1. Aufl. Frankfurt School Verlag, September.