

2/2014

Kapazitätswirtschaftliche Analyse der Strukturelemente und Determinanten des Bikesharing

Julia Witschel, Rainer Souren

Ilmenauer Schriften zur
Betriebswirtschaftslehre

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übertragung, des Nachdrucks und der Vervielfältigung des Buches oder Teilen daraus, bleiben vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© VERLAG proWiWi e. V., Ilmenau, 2014

Ilmenauer Schriften zur Betriebswirtschaftslehre
www.tu-ilmenau.de/is-ww

Herausgeber:

Univ.-Prof. Dr. rer. pol. habil. Norbert Bach, Univ.-Prof. Dr. rer. pol. habil. Gernot Brähler,
Univ.-Prof. Dr. rer. pol. habil. Anja Geigenmüller, Univ.-Prof. Dr. rer. pol. habil. Rainer Souren

ISSN 2192-4643

ISBN 978-3-940882-44-8

URN urn:nbn:de:gbv:ilm1-2014200069

Ilmenauer Schriften zur
Betriebswirtschaftslehre
2/2014

Kapazitätswirtschaftliche Analyse der Strukturelemente
und Determinanten des Bikesharing

Julia Witschel¹, Rainer Souren²

¹ Julia Witschel M. Sc., Wissenschaftliche Mitarbeiterin des Fachgebiets Nachhaltige Produktionswirtschaft und Logistik der TU Ilmenau.

² Univ.-Prof. Dr. rer. pol. habil. Rainer Souren, Leiter des Fachgebiets Nachhaltige Produktionswirtschaft und Logistik der TU Ilmenau.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Bikesharing in Wissenschaft und Praxis.....	2
2.1	Begriffsabgrenzung.....	2
2.2	Bikesharing-Systeme in Deutschland.....	3
2.3	State of the Art zum Bikesharing in der Wissenschaft.....	6
3	Kapazitätswirtschaftlicher Analyserahmen des Bikesharing.....	8
3.1	Der kapazitätsorientierte Ansatz nach SOUREN/DYCKHOFF/AHN.....	8
3.2	Relevante Kapazitätselemente des Bikesharing.....	11
3.2.1	Reduzierung des allgemeinen Rahmenmodells auf planungsrelevante Dimensionen.....	11
3.2.2	Inverse Kapazitätsbetrachtung der Stellplätze in fixen Bikesharing-Systemen ...	13
4	Verfügbarkeit und Verteilung der Fahrräder in einem Bikesharing-System.....	15
4.1	Zeitliche Kapazitätsdeterminanten.....	15
4.2	Räumliche Kapazitätsdeterminanten.....	17
4.3	Praktische Lösungsansätze.....	20
5	Resümee.....	22
	Literaturverzeichnis.....	23

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verbreitung von Bikesharing-Konzepten in Deutschland	5
Abbildung 2: Kapazitätsdiagramm	9
Abbildung 3: Vereinfachte Darstellung des Kapazitätsdiagramms für die Fahrradnutzung bei Bikesharing	12
Abbildung 4: Kapazitätswirtschaftlicher Analyserahmen	14
Abbildung 5: Beispielhafte Entwicklung der Stellplatznutzung im Verlauf eines Tages.....	16
Abbildung 6: Beispielhafter Tagesverlauf der genutzten Stellplätze S_n^g an drei Fahrradstationen A, B, C und deren räumliche Verteilung im Nutzungsgebiet	18

Symbolverzeichnis

C_{fakt}	quantitative Kapazitätsauslastung
C_{max}	quantitative Gesamtkapazität
d_{fakt}	tatsächlich genutzte Leistungsintensität
d_{max}	maximale Leistungsintensität
F	Anzahl Fahrräder innerhalb eines Bikesharing-Systems
F^g	Anzahl genutzter Fahrräder innerhalb eines Bikesharing-Systems
F^u	Anzahl ungenutzter Fahrräder innerhalb eines Bikesharing-Systems
F_n^u	Anzahl ungenutzter Fahrräder an Station n
m_{fakt}	Anzahl tatsächlich genutzter Aggregate/Fahrräder
m_{max}	Gesamtanzahl einsetzbarer Aggregate bzw. Gesamtanzahl Fahrräder innerhalb eines Bikesharing-Systems
n	Station in einem Bikesharing-System ($n = 1, \dots, N$)
q_{fakt}	tatsächlich genutzte Leistungsvariante
q_{max}	qualitatives Leistungspotenzial
S	Anzahl Stellplätze innerhalb eines Bikesharing-Systems
S^g	Anzahl genutzter Stellplätze innerhalb eines Bikesharing-Systems
S_n^g	Anzahl genutzter Stellplätze an einer Station n
S_n	Anzahl Stellplätze an einer Station n
S^u	Anzahl ungenutzter Stellplätze innerhalb eines Bikesharing-Systems
S_n^u	Anzahl ungenutzter Stellplätze an einer Station n
t_{fakt}	tatsächliche Einsatzzeit eines Aggregats bzw. eines Fahrrads innerhalb eines Bikesharing-Systems
t_{max}	maximale Einsatzzeit eines Aggregats bzw. eines Fahrrads innerhalb eines Bikesharing-Systems

1 Einleitung

Im Zuge des wachsenden Umweltbewusstseins in der Bevölkerung gewinnen nachhaltige Mobilitätskonzepte immer mehr an Bedeutung. Das Spektrum klassischer Dienstleistungen, zu denen vor allem der ÖPNV zählt, wird durch die gemeinsame oder geteilte Fahrzeugnutzung erweitert. Eine nachhaltige Mobilität wird somit auch im Individualverkehr ermöglicht. Neben Fahrgemeinschaften haben sich in den letzten Jahren vor allem Sharing-Konzepte etabliert. Die Nutzung der Fahrzeuge erfolgt hier nicht gemeinsam und zeitgleich, sondern durch einzelne Nutzer zu unterschiedlichen Zeiten. Die bekannteste Form ist das Carsharing,¹ dessen großes Potenzial nicht zuletzt in der Dominanz des Pkws in der Verkehrspolitik begründet ist.

Aktuelle Strategien nachhaltiger Mobilität verfolgen jedoch auch eine Verkehrsverlagerung vom motorisierten Individualverkehr zu umweltfreundlicheren Verkehrsmitteln.² Vor allem für die Mobilität in der Stadt stellt das Fahrrad eine Alternative dar, zumal es auf kurzen Strecken sogar oft eine schnellere Fortbewegung als der Pkw ermöglicht.³ Weitere Vorteile sind ein geringer Ressourcenverbrauch und Schadstoffausstoß sowie eine gesundheitsfördernde Betätigung durch die aktive Fortbewegung.⁴ Folglich ist auch das Fahrrad als Verkehrsmittel für nachhaltige Mobilitätsdienstleistungen geeignet, und Bikesharing hat sich seit einigen Jahren in vielen deutschen Städten etabliert.

Durch das Bikesharing werden verschiedene Fahrtzwecke unterschiedlicher Nutzergruppen (Fahrten zur Arbeit, zu Freizeitaktivitäten, zu kleineren Einkäufen etc.) bedient. Die Fahrräder werden dafür an mehreren zentralen Standorten innerhalb eines Nutzungsgebietes bereitgestellt. Da die tatsächliche Anzahl genutzter Fahrräder nicht exakt prognostiziert werden kann, kommt es zuweilen zu einer Ungleichverteilung der Fahrräder auf die Stationen. Im Extremfall kann das sogar zu überfüllten bzw. leeren Fahrradstationen führen, sodass der Kunde das Fahrrad nicht an der gewünschten Station abstellen bzw. entleihen kann. Die Dimensionierung der Fahrradflotte sowie ihre Verteilung auf die einzelnen Stationen stellen mithin zentrale kapazitätswirtschaftliche Entscheidungen dar, von denen der ökonomische und ökologische Erfolg des Bikesharings abhängt. In der Literatur finden sich zahlreiche Erklärungs-, Prognose- und Optimierungsmodelle, die sich diesen oder ähnlichen Fragestellungen widmen und dabei meist spezifische Lösungen für konkrete (reale oder fiktive) Bikesharing-Systeme erarbeiten. Ziel des vorliegenden Arbeitsberichts ist es dagegen, einen allgemeinen kapazitätswirtschaftlichen Analyserahmen für das Bikesharing abzuleiten, der Kapazitätselemente und -determinanten identifiziert und als konzeptioneller Rahmen vorhandener und zukünftiger Arbeiten dienen kann.

In Kapitel 2 wird zunächst das Begriffsverständnis von Bikesharing geschärft und anschließend ein kurzer Überblick über die bestehenden Konzepte in Deutschland gegeben. Neben der Vor-

¹ Vgl. u. a. Borgstedt/Christ/Reusswig 2010, S. 52f., <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/209691/umfrage/bekanntheit-von-carsharing-in-deutschland/> und Loose 2013, S. 2f.

² Vgl. u. a. Nantke 2002, S. 211 und 219, sowie Klein 2012, S. 40.

³ Vgl. Bugiel 2010, S. 12.

⁴ Vgl. Lowe 1992, S. 20, Blickstein/Hanson 2001, S. 350f., Bassett et al. 2008, S. 798–809, Pucher/Buehler 2008, S. 496f., Blondel/Mispelon/Ferguson 2011, S. 16, und Lanzendorf/Busch-Geertsema 2011, S. 12ff.

stellung praktischer Systeme werden zentrale Forschungsergebnisse zu Bikesharing dargestellt und die kapazitätswirtschaftliche Forschungslücke herausgearbeitet.

Im dritten Kapitel wird dann zunächst der kapazitätswirtschaftliche Systematisierungsansatz vermeidungsorientierter Produktnutzung nach SOUREN/DYCKHOFF/AHN erklärt, der die Grundlage für die folgende Analyse bildet. Aus ihm wird der Analyserahmen des Bikesharings abgeleitet, indem relevante Planungsdimensionen sowie die Kapazitätselemente Fahrrad und Stellplatz identifiziert werden. Anschließend werden auf Basis der beiden Ebenen Gesamtsystem und Subsysteme (Stationen) die Zusammenhänge zwischen den Kapazitätselementen Fahrrad und Stellplatz analysiert.

Innerhalb dieses Analyserahmens werden in Kapitel 4 die zentralen Kapazitätsdeterminanten vorgestellt. In einem ersten Abschnitt wird zunächst auf die zeitliche Verfügbarkeit der Fahrräder in einem Bikesharing-System eingegangen. Anschließend werden die räumliche Verteilung der Fahrräder auf die Stationen und die sich daraus ergebenden kapazitätswirtschaftlichen Auswirkungen dargestellt. Nach den theoretischen Überlegungen werden Lösungsansätze beschrieben, mit denen in der Praxis ein Ausgleich der Fahrräder an den Stationen erzielt werden soll. Den Abschluss des Berichts bildet ein kurzes Resümee, das mit einem Ausblick auf weitere Forschungsfragen endet.

2 Bikesharing in Wissenschaft und Praxis

2.1 Begriffsabgrenzung

Wörtlich übersetzt bezeichnet Bikesharing die gemeinschaftliche Nutzung eines oder mehrerer Fahrräder. Analog zum Carsharing erfolgt sie nicht synchron („gemeinsam“) durch mehrere Nutzer, sondern sequentiell.⁵ In der deutschen Literatur wird Bikesharing häufig mit Begriffen wie (*öffentliches*) *Fahrradverleihsystem* oder *kommunale Fahrräder* übersetzt.⁶ Dies schafft eine begriffliche Nähe zur Fahrradvermietung (umgangssprachlich oft „Fahrradverleih“⁷), die ebenfalls eine zeitlich getrennte Nutzung durch verschiedene Nutzer darstellt.

Ein wesentlicher Unterschied betrifft die Dauer des erworbenen Nutzungsrechts und die Nutzergruppe. Die Fahrradvermietung ist eine einmalige Transaktionsbeziehung zwischen zwei Personen, dem Mieter und dem Vermieter.⁸ Dabei wird ein einmaliger, individueller Vertrag über ein

⁵ Eine gemeinsame Nutzung, analog zu Mitfahrzentralen bei der Pkw-Nutzung, scheidet bei den meisten Fahrrädern schon aufgrund der Sitzplatzkapazität von eins aus. Die gemeinsame Nutzung eines Tandems durch Kunden, die sich vorab nicht kennen, erscheint nur eine theoretische Option für Fahrraddienstleistungen, die nachfolgend nicht weiter betrachtet wird.

⁶ Vgl. Reutter et al. 2009, S. 6, Büttner et al. 2011, S. 10, und Monheim et al. 2012, S. 22.

⁷ Der Begriff „Fahrradverleih“ ist insofern irreführend, als gemäß § 598 BGB die Leihe als unentgeltliche Überlassung definiert ist (vgl. Zentes/Freer/Beham 2013, S. 5f.), was für aktuelle Bikesharing-Systeme nicht zutreffend ist.

⁸ Sowohl bei der Fahrradvermietung als auch den meisten Bikesharing-Systemen ist der Vermieter bzw. Systembetreiber für die Instandhaltung der Fahrradflotte verantwortlich. Neben dieser häufigsten Form von Bikesharing, die als „über den Markt organisiertes Teilen“ (Cliath 2011, S. 364) aufzufassen ist, stellt in jüngster Zeit das sogenannte Peer-to-Peer Bikesharing eine immer beliebtere Alternative dar. Hier handelt es sich um ein „selbstorganisiertes Teilen“ (Cliath 2011, S. 364), bei dem innerhalb einer Nutzungsgemeinschaft das eigene Fahrrad auf einer Internetseite für die Nutzung angeboten werden kann. Die Koordination und Bereitstellung der Fahrräder erfolgt dann durch die Fahrradbesitzer selbst, vgl. <https://www.spinlister.com>.

Nutzungsrecht an einem Fahrrad abgeschlossen. Bikesharing ist hingegen eine fortwährende Transaktionsbeziehung zwischen mehreren Personen einer Nutzungsgemeinschaft und einem Systembetreiber. Dabei wird ein Vertrag über eine längerfristige Beteiligung an einer Fahrradflotte abgeschlossen, für die sich die Gemeinschaft dann das Nutzungsrecht teilt.⁹ Die Mitgliedschaft in einer derartigen Nutzungsgemeinschaft erfolgt durch Registrierung bei einem Bikesharing-Unternehmen. Den Ausleih- und Rückgabevorgang führt der Kunde, anders als bei der Fahrradmiete, i. d. R. selbstständig durch.¹⁰ Dies kann auf zwei Arten geschehen: Befindet sich das Fahrradschloss direkt am Ständer einer Fahrradstation, erfolgt der Vorgang über ein Smart-Card-System. Wenn das Schloss des Fahrrads direkt am Fahrzeug montiert ist, kann es mittels eines zuvor angeforderten Codes ent- bzw. verriegelt werden.¹¹

Eine weitere, wenn auch oft nicht sehr trennscharfe, Unterscheidung ergibt sich durch die üblichen Nutzungsintervalle und die Anzahl Übergabestationen. In der Praxis sind Bikesharing-Systeme häufig als Ergänzung zum ÖPNV (Bus, Bahn, Tram etc.) konzipiert und zielen auf die Überbrückung der sogenannten „letzten Meile“ zwischen Stationen des ÖPNV und dem Zielort ab.¹² Demgemäß sind Bikesharing-Systeme, anders als die Fahrradvermietung, vor allem auf eine sehr kurze Nutzung (meist nur wenige Minuten bis zu einer Stunde) ausgerichtet. Des Weiteren stehen dem Kunden die Fahrräder, anders als bei der Fahrradvermietung, nicht nur an einem festen Ort, sondern an mehreren Stationen innerhalb eines vorgegebenen Nutzungsgebiets zur Verfügung. Anders als bei den meisten Carsharing-Systemen ist der Ausleihort nicht zwangsläufig gleich dem Rückgabeort, One-Way-Fahrten sind somit der Regelfall. Das Nutzungsgebiet des jeweiligen Bikesharing-Systems ist dabei allerdings i. d. R. auf eine Stadt begrenzt.¹³

Zusammenfassend lässt sich Bikesharing somit als zeitlich geteilte Nutzung der Objektart Fahrrad (bzw. eines Bestands mehrerer Fahrräder) definieren, die durch ein langfristiges Nutzungsrecht innerhalb einer Gemeinschaft gewährleistet wird. Die Nutzung erfolgt i. d. R. jeweils nur kurzzeitig und innerhalb eines lokal abgegrenzten Nutzungsgebiets, in dem mehrere Stationen für die Ausleihe und Rückgabe des Fahrrads vorhanden sind. Dabei sind Ausleih- und Rückgabeort oftmals nicht gleich (One-Way-Fahrten).

2.2 Bikesharing-Systeme in Deutschland

In der Literatur gelten die WITTE FIETS („Weiße Fahrräder“) als die erste Generation von Bikesharing-Systemen. Dabei handelte es sich um öffentliche Fahrräder, die erstmals 1965 in Amsterdam kostenlos zur Verfügung gestellt wurden.¹⁴ Es folgte 1995 eine zweite Generation in Kopenhagen, bei der das Konzept aus Amsterdam um ein Pfandsystem erweitert wurde. In Deutschland zählten das KOMMUNALE FAHRRAD BREMEN und das BLAUE FAHRRAD CHEMNITZ zu den ersten Systemen dieser Art.¹⁵ Im Laufe der Jahre konnten sich jedoch Systeme beider Generatio-

⁹ Vgl. Johnson/Herrmann/Huber 1998, S. 169.

¹⁰ MIDGLEY unterscheidet zwischen Systemen, bei denen der Ausleih- und Rückgabevorgang vom Kunden selbstständig durchgeführt wird, und personalbasierten Systemen. Letztere spielen in der Realität jedoch weniger eine Rolle und werden daher im Folgenden vernachlässigt, vgl. Midgley 2011, S. 5ff.

¹¹ Vgl. Midgley 2011, S. 10f.

¹² Vgl. Antoniades/Chrysanthou 2009, S. 7f., DeMaio 2009, S. 43, und Reutter et al. 2009, S. 11f.

¹³ Eine Ausnahme stellt hier METROPOLRADRUHR dar. Dabei handelt es sich um einen Verbund aus 10 Ruhrgebietsstädten, deren Stationen allesamt genutzt werden können, vgl. Wehmeier et al. 2012, S. 10f.

¹⁴ Vgl. Beatley 2000, S. 178.

¹⁵ Vgl. Klaus 2005, S. 249 und <http://www.nationaler-radverkehrsplan.de/praxisbeispiele/anzeige.phtml?id=2086>.

nen nicht durchsetzen, da die fehlende Identifikation der Nutzer zu hohen Diebstahl- und Vandalismusraten führte. Die Entwicklung einer dritten Systemgeneration wirkte dem entgegen, da hier erstmals die Fahrräder bei jeder Fahrt einem Nutzer zugeordnet werden konnten. Dies ging einher mit der Registrierung der Kunden als Mitglieder der Sharing-Gemeinschaft,¹⁶ sodass anders als bei den beiden vorherigen Generationen das Definitionsmerkmal der gemeinschaftlichen Nutzung eindeutig erkennbar wird und insofern erstmals von Bikesharing im eigentlichen Sinn gesprochen werden kann.

In Deutschland bestand die dritte Generation Bikesharing zunächst in Form eines telefongestützten Ausleihsystems, das von dem Informatiker CHRISTIAN HOGL entwickelt wurde. Er führte das Bikesharing-System CALL A BIKE im Jahr 2000 in München ein.¹⁷ Nachdem sich ein Kunde registriert hatte, erfolgte die Ausleihe bzw. das Abschließen der Fahrräder über einen Code, der per Telefonanruf abgefragt wurde. Da das System jedoch nicht die erhofften Nutzerzahlen generierte, wurde das Unternehmen CALL A BIKE bereits nach sieben Monaten zahlungsunfähig. Im Jahr 2001 kaufte die DEUTSCHE BAHN AG mit ihrer Tochtergesellschaft DB RENT das System auf und erweiterte es.¹⁸ CALL A BIKE ist der größte Bikesharing-Anbieter in Deutschland, der in 16 deutschen Städten flexible und fixe Systeme sowie Einzelstationen an ca. 34 ICE-Bahnhöfen besitzt (vgl. zu den Standorten von CALL A BIKE und anderer, nachfolgend beschriebener Anbieter Abbildung 1).

Das in den ersten Jahren des Systembetriebs vorrangig anzutreffende flexible Bikesharing, wie es von CALL A BIKE erstmals in München betrieben wurde, ist stationslos. Die Fahrräder können nahezu wahllos im Nutzungsgebiet abgestellt werden.¹⁹ Im Gegensatz dazu besitzen fixe Systeme, wie sie dieser Anbieter erstmals 2007 in Stuttgart eingeführt hat,²⁰ feste Stationen, an denen die Fahrräder ausgeliehen bzw. zurückgegeben werden müssen. Sämtliche CALL A BIKE-Flotten bestehen aus Fahrrädern desselben Fahrradtyps (robustes *Stadtfahrrad*). Die Städte Aachen und Stuttgart besitzen außerdem *Pedelecs*, bei denen ein Motor als Tretunterstützung zugeschaltet werden kann. Je nach Fahrradmodell liegt der normale Nutzungstarif zwischen 8 und 12 Cent pro Minute.²¹ Dabei erfolgen Ausleihe und Rückgabe standardmäßig über einen Telefoncode. Die Position der insgesamt 8.500 CALL A BIKE-Fahrräder kann mittels Global Positioning System (GPS)-Technik auf der Internetseite von CALL A BIKE abgerufen werden.²²

Zweitgrößter Betreiber in Deutschland ist NEXTBIKE, mit Systemen in 32 deutschen Städten.²³ Der technisch-organisatorische Ablauf dieses Bikesharing-Systems gleicht dem von CALL A BIKE; Unterschiede bestehen lediglich in der Finanzierung, der Gestaltung des Fahrradmodells und den Nutzungskosten. Da sich NEXTBIKE zum größten Teil aus Werbeeinnahmen finanziert, sind die Fahrräder so konstruiert, dass sie Platz für eine Werbefläche am Rahmen des Fahrrads bieten.

¹⁶ Vgl. u. a. Hoogma et al. 2002, S. 135f., und Shaheen/Guzman/Zhang 2010, S. 162.

¹⁷ Vgl. Klaus 2005, S. 247.

¹⁸ Vgl. Sime 2002, S. 1.

¹⁹ Gemäß den CALL A BIKE-Richtlinien müssen die Fahrräder zumindest an zentralen Punkten, wie z. B. Straßenkreuzungen, abgestellt werden, damit die Fahrräder für Folge-Kunden leichter auffindbar sind, vgl. <http://www.callabike-interaktiv.de/index.php?id=397&f=500>.

²⁰ Bei NEXTBIKE sind solche Systeme schon seit 2004 im Einsatz.

²¹ Vgl. http://www.callabike-interaktiv.de/fileadmin/www.callabike-interaktiv.de/redaktion/neu_pdf/agb/20130415_Preisverzeichnis_CaB.pdf.

²² Vgl. <http://www.nationaler-radverkehrsplan.de/neuigkeiten/news.php?id=3997>.

²³ Vgl. <http://www.nextbike.de/standorte.html>. Insbesondere in Großstädten werden die Systeme von NEXTBIKE und CALL A BIKE parallel angeboten.

Außerdem erfolgt im Gegensatz zu CALL A BIKE die Abrechnung pro halbe Stunde. Bei einem Preis von einem Euro ist das System damit für Ausleihen über 12 Minuten im Vergleich günstiger.²⁴

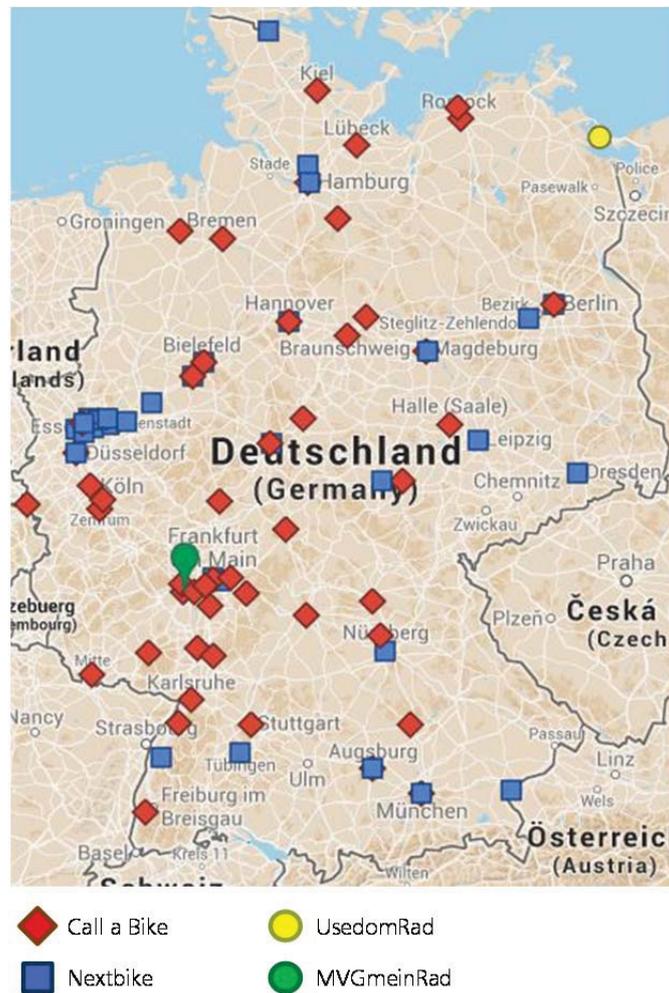


Abbildung 1: Verbreitung von Bikesharing-Konzepten in Deutschland.

Neben den beiden großen Systemanbietern gibt es in Deutschland noch einige kleinere Anbieter, die jeweils nur auf einem lokalen Markt tätig sind. Ein solches Bikesharing-System ist MVGMEINRAD in Mainz. Im Gegensatz zu CALL A BIKE und NEXTBIKE wird MVGMEINRAD von der dort ansässigen Verkehrsgesellschaft betrieben, wodurch vorrangig Angebotslücken des ÖPNV geschlossen werden sollen.²⁵ Eine weitere Besonderheit besteht in der innovativen Stationskarte, die über das Internet abgerufen werden kann und sowohl die verfügbaren Fahrräder als auch die freien Stellplätze einer Station anzeigt.²⁶

Seit 2010 gibt es mit USEDOMRAD auch auf der Insel Usedom ein Bikesharing-System. Es wird von der eigens gegründeten USEDOMRAD GMBH betrieben. Das System besteht aus einem Verbundnetz privater Fahrradvermieter, das um weitere, personallose Stationen erweitert wurde.

²⁴ Vgl. <http://www.nextbike.de/de/preise/>. Die NEXTBIKE GMBH besitzt neben den deutschen Standorten auch weitere Systeme in über 80 Städten weltweit (vgl. <http://unternehmen.nextbike.de/portrait/>) und bietet darüber hinaus spezielle Fahrradverleihsysteme für Hotels und Unternehmen an, vgl. <http://www.nextbike.net/products/>.

²⁵ Vgl. Reutter et al. 2009, S. 18.

²⁶ Vgl. <http://www.mvg-mainz.de/mainzigartig-mobil/mit-mvgmeinrad/stationen.html>.

USEDOMRAD besitzt neben rein elektronischen Ausleihstationen auch noch Standorte mit Personal, was für Bikesharing eher untypisch ist.²⁷ Da durch das Standortnetz auch One-Way-Fahrten möglich sind und der Kunde nach der Registrierung eine Identifikationsnummer für die Systemplattform des Kooperationspartners NEXTBIKE erhält, kann USEDOMRAD dennoch als Bikesharing eingestuft werden.²⁸

2.3 State of the Art zum Bikesharing in der Wissenschaft

In den letzten Jahren, in denen sich Bikesharing-Systeme auf der ganzen Welt etabliert haben,²⁹ erlangte Bikesharing auch zunehmende Aufmerksamkeit in der Wissenschaft. Die meisten Arbeiten verfolgen einen induktiven Forschungsansatz und leiten ihre Erkenntnisse aus bzw. für konkrete Systeme der Praxis ab. Dabei lassen sich sowohl Beschreibungsmodelle³⁰ als auch Erklärungsmodelle³¹ sowie Prognose- und Optimierungsmodelle³² identifizieren, die Fragestellungen mit unterschiedlichem Planungshorizont erforschen. Nachfolgend werden die wichtigsten Arbeiten kurz vorgestellt.³³

In den **Beschreibungsmodellen** werden die Bikesharing-Systeme meist gesamtheitlich betrachtet. So gibt MIDGLEY einen Überblick über Bikesharing-Merkmale wie Stationen, Fahrradtyp, Gebührenmodell etc.³⁴ DEMAIO fokussiert vor allem die Darstellung diverser Betreibermodelle.³⁵

Erklärungsmodelle bestimmen insbesondere Erfolgsfaktoren der Systeme und stellen hierfür mehr oder minder umfassend statistisch belegte Wirkungszusammenhänge auf. Auf Basis verschiedener Akteursperspektiven identifizieren z. B. BÜTTNER ET AL. die Stationsdichte, die Verteilung der Fahrräder auf die Stationen sowie das Gebührensystem als Erfolgsfaktoren.³⁶ Gemäß BORDOGARAY/IBEAS/DELL'OLIO besitzt u. a. die Verteilung der Stationen einen Einfluss auf die Wahrnehmung der Service-Qualität des Kunden.³⁷ Die Arbeiten von FROEHLICH/NEUMANN/OLIVER und KALTENBRUNNER ET AL. beschreiben auf Basis der Daten des Bikesharing-Systems in Barcelona Zusammenhänge zwischen der Tageszeit, dem Standort der Fahrradstation und dem Nutzungsverhalten.³⁸ BORGNAT ET AL. bestätigen derartige Beziehungen für das Bikesharing-System in Lyon und ermitteln u. a. Bewegungsrichtungen der Fahrräder in Abhängigkeit von der Tageszeit.³⁹ Die Datenanalyse und die daraus abgeleiteten Erklärungsmodelle bilden die Basis für Prognose- und Optimierungsmodelle. Diese bieten in erster Linie Ansätze bzw. Lösungen für die Bewältigung

²⁷ Vgl. Wehmeier et al. 2012, S.14f.

²⁸ Vgl. http://www.usedomrad.de/fahrradverleih_registrierung.html.

²⁹ Vgl. <http://maps.google.com/maps/ms?ie=UTF8&hl=en&om=1&msa=0&msid=104227318304000014160.00043d80f9456b3416ced&ll=43.580391,-42.890625&spn=143.80149,154.6875&z=1&source=embed>.

³⁰ Vgl. u. a. DeMaio 2009, S. 43–52, Shaheen/Guzman/Zhang 2010, S. 160–166, und Midgley 2011, S. 5–22.

³¹ Vgl. u. a. Froehlich/Neumann/Oliver 2009, S. 3ff., Büttner et al. 2011, S. 32ff., Borgnat et al. 2011, S. 5–11, Bordagaray/Ibeas/dell'Olio 2012, S. 1311ff., und Fishman/Washington/Haworth 2012, S. 690–695.

³² Vgl. u. a. Vogel/Mattfeld 2011, Yoon/Pinelli/Calabrese 2012 und Caggiani/Ottomanelli 2012.

³³ Praktische Lösungsansätze für bestimmte Planungsgegenstände werden in Kapitel 4.3 dargestellt, nachdem die Kapazitätsgrößen und die damit verbundene Problematik der Ungleichverteilung ausführlich erklärt wurden.

³⁴ Vgl. Midgley 2011, S. 9ff.

³⁵ Vgl. DeMaio 2009, S. 45ff.

³⁶ Vgl. Büttner et al. 2011, S. 32–36.

³⁷ Vgl. Bordagaray/Ibeas/dell'Olio 2012, S. 1314ff.

³⁸ Vgl. Froehlich/Neumann/Oliver 2009, S. 3f., und Kaltenbrunner et al. 2010, S. 457ff.

³⁹ Vgl. Borgnat et al. 2011, S. 7.

der Verteilungsproblematik, die zu Engpässen bei den Fahrrädern bzw. zu überfüllten Stationen führen kann.

Prognosemodelle sagen entweder die Anzahl genutzter⁴⁰ oder ungenutzter Fahrräder⁴¹ im Zeitverlauf voraus. Die Modelle von VOGEL/MATTFELD und BORGNAT ET AL. basieren auf dem Datenmaterial der sich im Umlauf befindlichen Fahrräder sowie den Faktoren Lage der Station, Wetter und Art des Tages (Wochen-, Ferien-, Feiertag etc.).⁴² VOGEL/MATTFELD bilden ein Auto-regressives (AR-)Modell, mit dem sowohl eine stündliche als auch eine tägliche Prognose der Nachfrage an Fahrrädern möglich ist. Andere Modelle, wie bspw. diejenigen von KALTENBRUNNER ET AL. und YOON/PINELLI/CALABRESE, prognostizieren hingegen den Fahrradbestand an den Stationen.⁴³ Mit Hilfe des Autoregressive Moving Average (ARMA-)Modells beziehen KALTENBRUNNER ET AL. dabei die Informationen über die Entwicklung des Bestands sowohl von Vergangenheitswerten des Standorts selbst als auch den aktuellen Beständen an den benachbarten Stationen in die Prognose ein.⁴⁴ Während das Modell von KALTENBRUNNER ET AL. von stationären Zeitreihen ausgeht, basiert das Verfahren von YOON/PINELLI/CALABRESE auf nicht-stationären Zeitreihen.⁴⁵

Optimierungsmodelle bieten auf strategischer und operativer Ebene Lösungsansätze für die Problematik zu geringer oder zu hoher Fahrradbestände. Während über *strategische* Optimierungsmodelle vor allem die optimale Flottengröße eines Systems⁴⁶ oder die bestmöglichen Standorte für die Fahrradstationen⁴⁷ ermittelt werden, beschäftigen sich die *operativen* Modelle mit der Tourenplanung der Service-Fahrzeuge zum Ausgleich von Über- und Unterauslastungen.⁴⁸ GEORGE/XIA ermitteln die optimale Flottengröße für ein fiktives Sharingsystem (ohne Spezifikation der Fahrzeugart) auf Basis eines Warteschlangenproblems.⁴⁹ SAYARSHAD/TAVASSOLI/ZHAO bestimmen den maximalen Gewinn für die Betreiber des Bikesharing-Systems in Teheran, u. a. in Abhängigkeit der Flottengröße.⁵⁰ Bei dem Modell von LIN/YANG erfolgt die optimale Standortwahl der Stationen eines fiktiven Systems unter der Zielsetzung, die Summe der Reisekosten der Nutzer (d. h. Kosten vom Ausgangsort zur Fahrradstation, Fahrtkosten zwischen den Fahrradstationen, Kosten von Fahrradstation zum Zielort) und der Installationskosten der Betreiber (Stationen, Fahrradwege etc.) zu minimieren.⁵¹ ROMERO ET AL. ermitteln unter der Zielsetzung möglichst geringer Gesamtkosten der Nutzer eine optimale Anzahl von 24 Stationen für das Bikesharing-System in Santander.⁵²

⁴⁰ Vgl. u. a. Vogel/Mattfeld 2011, Borgnat et al. 2011 und Dell'Olio/Ibeas/Moura 2011.

⁴¹ Vgl. u. a. Froehlich/Neumann/Oliver 2009, Kaltenbrunner et al. 2010, Dali/Mladenec 2012 und Yoon/Pinelli/Calabrese 2012.

⁴² Vgl. Vogel/Mattfeld 2011, S. 129–136, und Borgnat et al. 2011, S. 425ff.

⁴³ Vgl. Kaltenbrunner et al. 2010 und Yoon/Pinelli/Calabrese 2012.

⁴⁴ Vgl. Kaltenbrunner et al. 2010, S. 463.

⁴⁵ Vgl. Yoon/Pinelli/Calabrese 2012, S. 308ff.

⁴⁶ Vgl. u. a. George/Xia 2011 und Sayarshad/Tavassoli/Zhao 2012.

⁴⁷ Vgl. u. a. Lin/Yang 2011, García-Palomares/Gutiérrez/Latorre 2012 und Romero et al. 2012.

⁴⁸ Vgl. u. a. Sayarshad/Tavassoli/Zhao 2012, S. 4945–4948, Raviv/Tzur/Forma 2013, S. 10ff, und Chemla/Meunier/Calvo 2012. Service-Fahrzeuge/Redistributionsfahrzeuge gleichen die Bestände an den einzelnen Stationen aus, indem sie die Fahrräder von überfüllten Stationen abtransportieren bzw. leere Stationen wieder mit Fahrrädern bestücken.

⁴⁹ Vgl. George/Xia 2011, S. 200–207.

⁵⁰ Vgl. Sayarshad/Tavassoli/Zhao 2012, S. 4947–4950.

⁵¹ Vgl. Lin/Yang 2011, S. 286ff.

⁵² Vgl. Romero et al. 2012, S. 651ff.

Statische Tourenplanungsmodelle (VRPSDP)⁵³ für die Servicefahrzeuge wurden von RAVIV/TZUR/FORMA und CHEMLA/MEUNIER/CALVO entwickelt. Erstgenannte ermitteln damit eine optimale Route für das Bikesharing-System CAPITAL BIKESHARE in Washington DC.⁵⁴ Letztere erweitern das Modell zum einen durch die Betrachtung von Belade- und Entladezeiten des Redistributionsfahrzeugs. Zum anderen erfolgt ein dynamischer Einsatz der Service-Fahrzeuge, d. h. die Fahrradstationen werden während der Nutzungszeiten im Laufe des Tages ausgeglichen. CAGGIANI/OTTOMANELLI entwickeln ein weiteres Tourenplanungsmodell auf Basis eines Decision Support Systems, mit dem die Zeitintervalle für die Verteilung der Fahrräder berechnet werden können und daraus die optimale Route für das Service-Fahrzeug erstellt werden kann.⁵⁵

Wie gezeigt, bildet die Ungleichverteilung der Fahrräder eine zentrale Problemstellung vieler Forschungsarbeiten. Diesbezüglich werden meist auf Basis der Daten konkreter Praxisbeispiele mittels unterschiedlicher (mathematischer) Modelle spezifische Kausalbeziehungen erklärt oder Gestaltungsaufgaben gelöst. Eine umfassende allgemeine Betrachtung der Verteilungsproblematik ist dagegen, soweit uns bekannt, bislang noch nicht vorhanden. Es fehlt vor allem ein konzeptioneller kapazitätswirtschaftlicher Rahmen, in dem die Problematik der Ungleichverteilung der Fahrräder allgemein erfasst wird. Ein derartiges Konzept sollte sämtliche Elemente und Determinanten erfassen sowie die Wechselwirkungen der Bestimmungsgrößen betrachten. In den folgenden Kapiteln wird ein solches Rahmenmodell entwickelt.

3 Kapazitätswirtschaftlicher Analyserahmen des Bikesharing

3.1 Der kapazitätsorientierte Ansatz nach SOUREN/DYCKHOFF/AHN

Vermeidungsorientierte Produktnutzungskonzepte stellen einen zentralen Beitrag für die nachhaltige Entwicklung und Nutzung von Produkten dar. Sie zielen auf die Vermeidung von Abfällen ab, die durch die Nutzungsausweitung bereits bestehender Produkte erreicht wird. Es müssen somit weniger Produkte hergestellt werden, was dann auch einen geringeren Ressourcenverbrauch bedingt. Die Nutzungsausweitung vorhandener Produkte kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Neben der geteilten kann auch eine gemeinschaftliche Nutzung erfolgen, oder die Lebens- und Nutzungsdauer der Produkte werden durch robuste Bauweise oder zeitloses Design ausgeweitet. Vermeidungsorientierte Produktnutzungskonzepte setzen zum einen beim Konsumentenverhalten und zum anderen bei der Produktgestaltung an. In der Literatur finden sich verschiedene Systematisierungsansätze, wie die LPN-Systematik nach STAHEL⁵⁶, die LPNI-Systematik nach AHN/MEYER⁵⁷ und der kapazitätsorientierte Ansatz nach SOUREN/DYCKHOFF/AHN⁵⁸. Letzterer beruht auf den Kapazitätsanpassungsformen von GUTENBERG und

⁵³ Die Abkürzung VRPSDP steht für Tourenplanungsprobleme des Typs "Vehicle Routing Planning with Simultaneous Delivery and Mixed Pick-Up", vgl. allgemein Dethloff 2001, S. 83f.

⁵⁴ Vgl. Raviv/Tzur/Forma 2013, S. 21–35.

⁵⁵ Vgl. Caggiani/Ottomanelli 2012, S. 682f.

⁵⁶ Vgl. Stahel 1991.

⁵⁷ Vgl. Ahn/Meyer 1999.

⁵⁸ Vgl. Souren/Dyckhoff/Ahn 2002.

bietet dadurch eine differenziertere Möglichkeit zur kapazitätswirtschaftlichen Analyse der Produktnutzung.⁵⁹

Den Kern des kapazitätsorientierten Ansatzes nach SOUREN/DYCKHOFF/AHN stellt das Leistungspotenzial einer Gebrauchsgutart (also hier des Fahrrads) innerhalb eines Nutzungssystems (z. B. einer Stadt, einer Wohngemeinschaft oder eines Bikesharing-Systems) dar. Es wird anhand von vier Kapazitätsdimensionen (Zeit, Intensität, Quantität, Qualität)⁶⁰ bestimmt und in Abbildung 2 visualisiert. Die als großer, durchsichtiger Quader dargestellte (maximale) quantitative Gesamtkapazität (C_{\max} ; bei dem Fahrrad z. B. in Personenkilometern gemessen) ergibt sich durch Multiplikation der Anzahl einsetzbarer Aggregate (m_{\max}) mit der maximalen Einsatzzeit (t_{\max}) und der maximalen Nutzungsintensität (d_{\max}), die über die Leistungseinheiten pro Zeiteinheit bestimmt wird. Die qualitative Kapazität (q_{\max}) beschreibt die Flexibilität der eingesetzten Aggregate bzgl. der Variation des Leistungsprogramms. Die möglichen Produkt- bzw. Leistungsvarianten werden in Abbildung 2 durch Kugeln veranschaulicht, die quasi die (atomare) Struktur des Leistungsspektrums abbilden. Das quantitative und das qualitative Leistungsvermögen beschreiben gemeinsam die Maximalkapazität und bilden langfristig den Rahmen der Kapazitätsgestaltung.

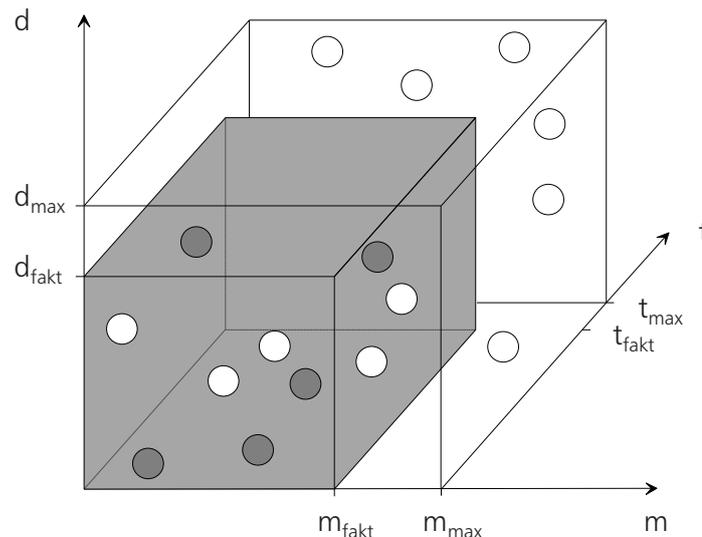


Abbildung 2: Kapazitätsdiagramm (Souren/Dyckhoff/Ahn 2002, S. 371).

Eine umfassende kapazitätswirtschaftliche Planung erfordert neben der Analyse der (Maximal-) Kapazität auch die Planung des tatsächlich genutzten Leistungspotenzials, durch das kurzfristig die faktische Kapazitätsauslastung determiniert wird. Dabei wird die quantitative Kapazitätsauslastung (C_{fakt}) durch die tatsächliche Nutzungsdauer eines Aggregats (t_{fakt}), die Intensität dieser Nutzung (d_{fakt}) sowie die tatsächlich eingesetzte Anzahl Aggregate (m_{fakt}) bestimmt. In Abbildung 2 bilden diese Größen die Seitenlängen des grauen Quaders, der die Kapazitätsauslastung innerhalb einer bestimmten Periode visualisiert. Sie wird durch verschiedene Leistungsvarianten

⁵⁹ Vgl. Gutenberg 1983, S. 77.

⁶⁰ Vgl. Kern 1962, S. 27, und Gutenberg 1983, S. 77.

des vorhandenen Leistungsspektrums faktisch verwendet (q_{fakt}),⁶¹ die durch die grauen Kugeln im kleinen Quader dargestellt sind. Der Bereich innerhalb des großen Quaders, der nicht durch den kleinen Quader ausgefüllt ist, und die weißen Kugeln stellen demgemäß die ungenutzten quantitativen und qualitativen Kapazitäten dar, die als Reservekapazitäten interpretiert werden können.

Die vermeidungsorientierte Produktnutzung zielt auf die Reduzierung der Aggregate ab. Gemäß Abbildung 2 soll sich die Seitenlänge (m_{max}) des transparenten Quaders verkürzen. Erfolgt lediglich eine Verringerung der ungenutzten Aggregate (Reservekapazität), ist die Kapazitätsauslastung nicht betroffen und der große Quader nähert sich lediglich dem kleinen Quader an. Um auf potenzielle Leistungsschwankungen reagieren zu können, sind Reservekapazitäten jedoch zweckmäßig und notwendig. Folglich ist bei einer Senkung von m_{max} oft auch eine gewisse Reduzierung von m_{fakt} sinnvoll.⁶²

Wird jedoch neben der Anzahl vorhandener auch die Anzahl genutzter Aggregate m_{fakt} reduziert, so sinkt das gesamte Nutzungsniveau (das Volumen des grauen Quaders in Abbildung 2). Soll jedoch das Nutzungsniveau konstant bleiben,⁶³ kann dies nur durch eine entsprechende Erhöhung der restlichen Bestimmungsgrößen der Kapazitätsauslastung (t_{fakt} , d_{fakt} , q_{fakt}) erfüllt werden, was ggf. auch die Ausweitung der entsprechenden Kapazitätsdimensionen (t_{max} , d_{max} , q_{max}) bedingt. Es ergeben sich dadurch sechs Stoßrichtungen der vermeidungsorientierten Produktnutzung.

Den sechs Stoßrichtungen können jeweils vermeidungsorientierte Produktnutzungskonzepte aus der Praxis zugeordnet werden. Eine Steigerung von t_{max} wird z. B. durch Konzepte erreicht, die bei der Konstruktion langlebiger, robuster Produkte ansetzen. Die faktische Einsatzzeit t_{fakt} lässt sich etwa durch eine zeitlich geteilte Nutzung erhöhen. Dabei wird ein Produkt hintereinander genutzt anstatt mehrere Produkte zeitlich versetzt zu nutzen. Eine Ausweitung von d_{fakt} wird hingegen durch Konzepte erreicht, die eine zeitgleiche Nutzung von Gebrauchsgütern (z. B. durch Fahrgemeinschaften) bewirken und dadurch die Nutzung mehrerer Produkte zum gleichen Zeitpunkt ersetzen. Eine intensitätsmäßige Ausweitung des Leistungspotenzials (d_{max}) kann durch Reservekapazitäten geschaffen werden, die bestehende Kapazitätsgrenzen verändern. Ein Beispiel ist ein Pkw, dessen Sitzplatzanzahl von den üblichen 5 auf 7 erweitert werden kann. Des Weiteren gibt es Nutzungskonzepte, die eine Steigerung der qualitativen Kapazität (q_{max}) bewirken, was meist auch zu einer Ausweitung der tatsächlichen Nutzungszeiten t_{fakt} führt. Dies wird etwa durch Multifunktionsgeräte (z. B. ein kombiniertes Telekommunikationsgerät zum Drucken, Faxen, Scannen und Kopieren) ermöglicht. Durch eine Kaskaden-Nutzung kann hingegen die qualitative Kapazitätsauslastung (q_{fakt}) erhöht werden. Die Produkte werden dann im Anschluss an ihren ursprünglichen Gebrauchszweck zu einem anderen Zweck genutzt (z. B. Mobiltelefone als Notrufgeräte oder Kinderspielzeuge).⁶⁴

⁶¹ Vgl. Souren/Dyckhoff/Ahn 2002, S. 365.

⁶² Vgl. Souren/Dyckhoff/Ahn 2002, S. 372.

⁶³ Vgl. zu dieser Prämisse effizienter (im Gegensatz zu suffizienten) vermeidungsorientierter Produktnutzungskonzepte Souren/Dyckhoff/Ahn 2002, S. 372.

⁶⁴ Vgl. Souren/Dyckhoff/Ahn 2002, S. 374ff.

3.2 Relevante Kapazitätselemente des Bikesharing

3.2.1 Reduzierung des allgemeinen Rahmenmodells auf planungsrelevante Dimensionen

Bikesharing lässt sich gemäß seiner zentralen Stoßrichtung eindeutig den t_{fakt} -Konzepten zuordnen. Die Anzahl benötigter Fahrräder (m_{max}) wird gesenkt, wenn die Bikesharing-Kunden auf eigene Fahrräder verzichten und sich mit anderen Nutzern, zeitlich hintereinander, eine bestehende Fahrradflotte teilen. Auch andere Stoßrichtungen des kapazitätswirtschaftlichen Systematisierungsansatzes von SOUREN/DYCKHOFF/AHN können – quasi als Nebenwirkungen – ebenfalls im Rahmen von Bikesharing verfolgt werden, spielen aber i. d. R. nur eine untergeordnete Rolle. Je nachdem welche Fahrradmodelle innerhalb einer Bikesharing-Flotte eingesetzt werden, kann sowohl die Kapazitätsauslastung als auch das -potenzial gegenüber einer Flotte mit ausschließlich *einfachen Fahrradmodellen*⁶⁵ erhöht werden. Denn sowohl ein *Tandem* als auch ein *Pedelec* besitzen ein größeres intensitätsmäßiges Leistungspotenzial d_{max} .⁶⁶ Andere Fahrradmodelle, wie bspw. das *Lastenfahrrad*, bieten ein höheres qualitatives Kapazitätspotenzial (q_{max}), da neben der Personenbeförderung auch Gegenstände transportiert werden können.

Um auch die anderen Stoßrichtungen innerhalb des Bikesharing zu verfolgen, müsste somit eine heterogene Fahrradflotte, bestehend aus verschiedenen Modellen, existieren.⁶⁷ Für jeden Modelltyp könnten dann unterschiedliche kapazitätswirtschaftliche Ausrichtungen untersucht werden. Dies würde jedoch die Komplexität der Betrachtungen erhöhen und den hier angestrebten Analyserahmen unnötig verkomplizieren. Da auch in der Praxis vorwiegend homogene Flotten vorzufinden sind, wird im Folgenden von einem Fahrradmodell ausgegangen, das lediglich der Personenbeförderung dient und mit dem nur eine Person befördert werden kann. Für die folgenden kapazitätswirtschaftlichen Überlegungen kann daher auf die Änderungen der intensitätsmäßigen und qualitativen Kapazitätsgrößen verzichtet werden. Der Betrachtungsrahmen wird somit auf zwei Dimensionen, die zeitliche und die mengenmäßige Kapazitätsdeterminante, reduziert. Diese Vereinfachung der Betrachtungsebenen ist in Abbildung 3 veranschaulicht.

Zudem wird die allgemeine Analyse der vermeidungsorientierten Produktnutzung auf den speziellen Analysegegenstand der Nutzung von Fahrrädern innerhalb eines Bikesharing-Systems eingeschränkt. Dies erfordert eine veränderte Interpretation der mengenmäßigen und zeitlichen Kapazitätsdeterminanten. Gemäß Abbildung 3 stellt m_{max} dann die gesamte Anzahl an Fahrrädern einer Bikesharing-Flotte und m_{fakt} die Anzahl tatsächlich genutzter bzw. ausgeliehener Fahrräder dar. Die spezifischere kapazitätswirtschaftliche Analyse bezieht sich überdies auf einen anderen Zeithorizont für die zeitlichen Bestimmungsgrößen. t_{max} stellt hier nicht die maximale Lebensdauer eines Fahrrads dar, sondern ist durch die Planungsperiode (Tag, Woche, Jahr) gekennzeichnet. In Abbildung 3 ist zunächst eine konstante (durchschnittliche) Fahrradnutzung im

⁶⁵ Bei diesem Modell handelt es sich um ein Fahrrad, das aus zwei Rädern, einem Rahmen, einem Sattel, einem Lenker und einem einfachen Kettenantrieb besteht.

⁶⁶ Die Anpassung der Intensität wird in Leistungseinheiten pro Zeiteinheit gemessen. Für das Fahrrad können die Leistungseinheiten pro Zeiteinheit – in Anlehnung an den Pkw – in Personenkilometern bestimmt werden, die wiederum von der maximalen Anzahl beförderbarer Personen und der Höchstgeschwindigkeit abhängig sind. Dementsprechend kann eine intensitätsmäßige Erweiterung durch ein schnelleres Fahrzeug oder ein Fahrzeug mit mehreren Sitzmöglichkeiten geschaffen werden, vgl. Souren/Dyckhoff/Ahn 2002, S. 366ff.

⁶⁷ In der Praxis existieren bereits Systeme, die verschiedene Fahrradmodelle anbieten, vgl. http://www.usedomrad.de/fahrradverleih_vorstellung_rad.html.

Betrachtungszeitraum angenommen, die durch die glatten Seitenlängen des Rechtecks verdeutlicht ist. In Kapitel 4 werden dann auch dynamische Schwankungen der Fahrradnutzung betrachtet, deren Auswirkungen auf die Bestände m_{fakt} diskutiert werden.

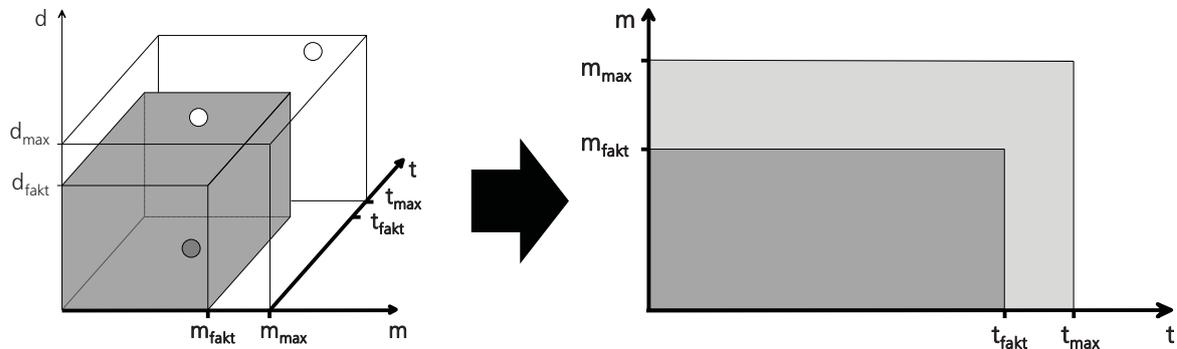


Abbildung 3: Vereinfachte Darstellung des Kapazitätsdiagramms für die Fahrradnutzung bei Bikesharing (modifiziert nach: Souren/Dyckhoff/Ahn 2002, S. 371).

Während der Systematisierungsansatz vermeidungsorientierter Produktnutzung bezüglich der Kapazitätsdimensionen eingeschränkt bzw. abgewandelt wurde, wird ihre Zielsetzung nachfolgend bewusst erweitert. Wie weiter oben dargestellt, intendiert das durch Bikesharing verfolgte t_{fakt} -Konzept die Erreichung ökologischer Zielsetzungen (Absenkung der Produktmenge und damit verbunden Senkung von Ressourcenverbrauch und Abfallentstehung).⁶⁸ Die Senkung der Gesamtanzahl Fahrräder (m_{max}) durch eine hohe zeitliche Auslastung (t_{fakt}) hat aber zugleich auch ökonomische Auswirkungen. So verursacht eine verhältnismäßig kleine Fahrradflotte geringe Kosten, da zum einen die Investitionskosten niedriger sind und zum anderen weniger Instandhaltungs- und Redistributionsvorgänge der Fahrräder nötig werden.

Eine vollkommene Auslastung aller Fahrräder über die gesamte Planungsperiode entspricht dem (ökonomischen und ökologischen) Ideal vermeidungsorientierter Produktnutzung; sie ist in der Realität allerdings kaum möglich. Eine kontinuierliche Nutzung der Fahrräder während der gesamten Betriebszeit des Bikesharing-Systems würde nämlich implizieren, dass einerseits eine konstante Nachfrage herrscht und andererseits die Fahrräder sich immer genau an dem Ort befinden, an dem sie gerade benötigt werden. In der Realität sind hingegen mehr oder minder umfassende Nachfrageschwankungen an den einzelnen Stationen zu beobachten. Demgemäß weist das Bikesharing-System entweder unbefriedigte Nachfragen auf oder bedarf Sicherheitsbeständen (Reservekapazitäten), die in Abbildung 3 (rechts) durch die hellgraue Fläche veranschaulicht werden.⁶⁹ Vor allem aus ökonomischer Sicht ist dies von Vorteil, da eine gesteigerte Verfügbarkeit der Fahrräder die befriedigte Nachfrage und damit die Erlöse des Bikesharing-Systems steigern. Da diese Erlöse den o. g. Kosten zusätzlicher Fahrräder entgegenstehen, bedarf es einer

⁶⁸ Diese positive ökologische Wirkung unterstellt, dass die Fahrräder zu einem großen Teil nicht nutzungs- sondern zeitbedingt verschleßen und insofern – bei gleicher Anzahl zurückgelegter Personenkilometer – eine verstärkte Nutzung pro Zeitintervall auch tatsächlich positive Auswirkungen hat. Für diesen positiven Effekt spricht auch die Tatsache, dass die Fahrräder i. d. R. durch den Systembetreiber besser gewartet werden und insofern weniger schnell verschleßen.

⁶⁹ Vgl. Souren/Dyckhoff/Ahn 2002, S. 372. Die Reservekapazitäten werden in der zweidimensionalen Darstellung (Abbildung 3 rechts) anders als in der dreidimensionalen Darstellung (Abbildung 3 links) hellgrau (statt durchsichtig) eingefärbt, um eine Kompatibilität mit den nachfolgenden Abbildungen zu gewährleisten. Inhaltlich bestehen dagegen keine Unterschiede.

ökonomischen Abwägungsentscheidung bzgl. der beiden nachfolgend genannten konfliktären Bestandsziele des Bikesharing-Systems:

1. Geringer Fahrradbestand im System,
2. Hohe Verfügbarkeit der Fahrräder im System.

Das ökonomische Optimum des Fahrradbestands ist dann erreicht, wenn ein ökonomisches Formalziel (z. B. der Periodengewinn) den höchsten Wert aufweist. Gleichsam weisen beide ökonomischen Bestandsziele allerdings auch eine enge Beziehung zu den ökologischen Zielen vermeidungsorientierter Produktnutzung (Ressourceneinsparung, Abfallsenkung) auf, die sich insbesondere durch die Verfolgung einer dritten instrumentellen Zielsetzung von Bikesharing-Systemen unterstützen lassen:⁷⁰

3. Umfassende Nutzung von Fahrrädern im System.

Die kapazitive Ausgestaltung eines Bikesharing-Systems sollte letztlich alle drei Zielsetzungen ausgewogen berücksichtigen und dabei sowohl die Zielkonflikte als auch die Einflussfaktoren auf die Zielerreichung umfassend analysieren.

3.2.2 Inverse Kapazitätsbetrachtung der Stellplätze in fixen Bikesharing-Systemen

In fixen Bikesharing-Systemen befinden sich ungenutzte Fahrräder an Stellplätzen, die im Nutzungsgebiet verteilt sind und die Reservekapazität des Bikesharing-Systems aufnehmen. Für kapazitätswirtschaftliche Analysen bildet der Stellplatz somit ein weiteres, zentrales Kapazitätselement neben dem Fahrrad, wobei i. d. R. mehrere Stellplätze zu einer Fahrradstation zusammengefasst sind.⁷¹

Aus kapazitätswirtschaftlicher Sicht entsteht durch die Berücksichtigung verschiedener Stationen eine zweite Systemebene. Neben dem Gesamtsystem aller Fahrräder und Stellplätze bilden die einzelnen Fahrradstationen Subsysteme, für die ebenfalls die Anzahl der Fahrräder und Stellplätze betrachtet wird. Die Zusammenhänge zwischen den Kapazitätselementen auf den beiden Systemebenen sind in Abbildung 4 dargestellt. Da aus kapazitätswirtschaftlicher Sicht die Nutzung bzw. Nicht-Nutzung der verschiedenen Kapazitätselemente eine zentrale Rolle spielt, werden im Folgenden neue Variablen-Bezeichnungen eingeführt, die eine Spiegelbildlichkeit der Systemelemente besser hervortreten lassen. Anders als im nachfolgenden Kapitel 4 werden hier zunächst die (durchschnittliche) Nutzungszeit der (durchschnittlich genutzten) Fahrräder innerhalb der Betrachtungsperiode – wie in den bisherigen Überlegungen – als Fläche dargestellt und somit Nutzungsschwankungen im Laufe der Periode (noch) nicht visualisiert.

⁷⁰ Während die dritte Zielsetzung somit der Stoßrichtung „Steigerung von t_{fakt} “ (Instrumentalziel) der vermeidungsorientierten Produktnutzung entspricht, ist die erste Zielsetzung synonym zu deren fundamentalem Ziel „Senkung von m_{max} “.

⁷¹ Flexible Bikesharing-Systeme weisen diese spiegelbildlichen Kapazitätselemente zu den Fahrrädern nicht auf, da die Abstellmöglichkeiten nicht genauer fixiert sind. Die nachfolgenden Überlegungen gelten insofern für diesen Systemtyp nicht bzw. würden einer gedanklichen Erweiterung um (nahezu unendlich viele) fiktive Stellplätze bedürfen.

Das Gesamtsystem besteht aus allen Fahrrädern F und Stellplätzen S . Für reale Systeme gilt dabei zumeist: $S > F$.⁷² Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, teilt sich die Anzahl Fahrräder F in die Anzahl genutzter Fahrräder F^g (dunkelgraue Fläche in Abbildung 4, oben) und die Anzahl ungenutzter Fahrräder F^u (hellgraue Fläche in Abbildung 4, oben) auf. Wird davon ausgegangen, dass sich in einem fixen Bikesharing-System ein ungenutztes Fahrrad immer an einem Stellplatz befindet, dann entspricht F^u der Anzahl genutzter Stellplätze S^g .⁷³ Zwischen den Fahrrädern und Stellplätzen besteht somit ein inverses Zuordnungsverhältnis. Gleichsam bieten nicht genutzte Stellplätze S^u einen potenziellen Abstellplatz für ein gerade genutztes Fahrrad F^g und somit in vielen praktischen Systemen die einzige Möglichkeit, das Fahrrad ordnungsgemäß zurückzugeben.

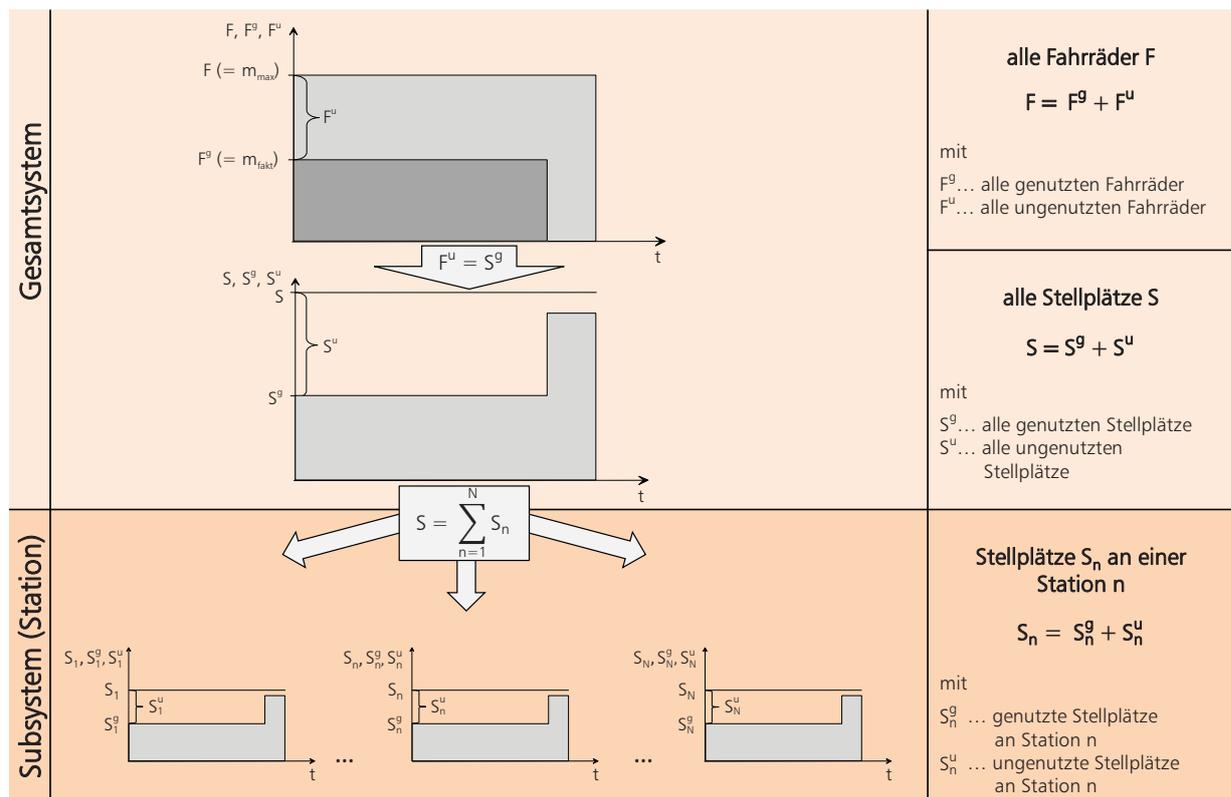


Abbildung 4: Kapazitätswirtschaftlicher Analyserahmen.

Wie der untere Teil von Abbildung 4 verdeutlicht, ist die Gesamtzahl an Stellplätzen S gleich der Summe der Stellplätze S_n der Fahrradstation n ($n = 1, \dots, N$). Eine Station stellt somit aus kapazitätswirtschaftlicher Sicht ein Subsystem dar, dem eine Teilmenge an Stellplätzen zugeordnet werden kann. Die Stellplätze S_n an einer Station n lassen sich dann wiederum aufteilen in die Menge genutzter Stellplätze S_n^g und ungenutzter Stellplätze S_n^u . Die große hellgraue Fläche der ungenutzten Fahrräder F^u bzw. genutzten Stellplätze S^g des Gesamtsystems in Abbildung 4 wird so auf n Stationen verteilt. Folglich sind den genutzten Stellplätzen S_n^g die ungenutzten Fahrräder an einer Station F_n^u zuzuordnen.

⁷² BÜTTNER ET AL. stellen für die Realität fest, dass im Durchschnitt das Verhältnis von Stellplätzen zu Fahrrädern zwischen 1,5 und 2,3 liegt, vgl. Büttner et al. 2011, S. 54.

⁷³ Als ungenutzte Fahrräder F^u werden im Folgenden sämtliche Fahrräder verstanden, die nicht ausgeliehen sind. Während des Ausleihprozesses kann es ebenfalls zu einer Nicht-Nutzung kommen, so z. B. wenn der Kunde eine Pause macht. Vereinfachend werden diese Fälle jedoch nicht weiter berücksichtigt.

Zur Verdeutlichung der inversen Beziehungen zwischen den Kapazitätselementen Fahrrad und Stellplatz sind die Zusammenhänge in Abbildung 4 bewusst vereinfacht dargestellt. So wird zum einen weiterhin unterstellt, dass die Anzahlen genutzter und ungenutzter Fahrräder (F^g bzw. F^u) über den gesamten Betrachtungszeitraum konstant bleiben. Folglich werden auch die Stellplätze konstant genutzt bzw. nicht genutzt. Zum anderen sind die Stationen allesamt gleich ausgelastet. Dies impliziert, dass sich weder die Verfügbarkeit noch die Verteilung der Fahrräder ändert. In der Praxis ist dies jedoch nicht der Fall, da die Nutzer zu unterschiedlichen Zeiten und an verschiedenen Orten die Fahrräder ausleihen. Diese vereinfachenden Prämissen werden im nachfolgenden Kapitel sukzessiv aufgehoben, wenn zeitliche und räumliche Determinanten der Kapazitätsplanung näher vorgestellt werden.

4 Verfügbarkeit und Verteilung der Fahrräder in einem Bikesharing-System

4.1 Zeitliche Kapazitätsdeterminanten

Eine möglichst realitätsnahe Analyse der Kapazitätsdeterminanten bedarf einer dynamischen Betrachtung der Bestandsveränderungen. Dabei ist für die Analyse der zeitlichen Determinanten die Betrachtung des Gesamtsystems (F , S) zunächst ausreichend, da lediglich untersucht werden soll, wann Fahrräder bzw. Stellplätze genutzt werden. Als Prämisse wird dabei vereinfachend angenommen, dass die Anzahl der Stellplätze gleich der Anzahl der Fahrräder ist ($F = S$).⁷⁴

Die Anzahlen genutzter und ungenutzter Fahrräder F^g und F^u in einem Bikesharing-System schwanken im Laufe der Zeit und sind von den Ausleihzeitpunkten und -dauern der einzelnen Nutzer abhängig. Dies gilt auch für die Anzahl genutzter und ungenutzter Stellplätze S^g und S^u , da die Anzahl ungenutzter Fahrräder gleich der Anzahl genutzter Stellplätze ($F^u = S^g$) ist. Sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht ist es zielführend, wenn über weite Teile des Betrachtungszeitraums ein hoher Auslastungsgrad der Fahrradflotte (d. h. eine hohe Anzahl genutzter Fahrräder F^g) und damit unmittelbar die (dritte) *ökologische Zielsetzung* von Bikesharing-Systemen erreicht wird. Gleichwohl bleibt dadurch die Anzahl ungenutzter Fahrräder (F^u) über einen längeren Zeitraum gering, was die Erreichung der (zweiten) *ökonomischen Zielsetzung* einer stets hohen Verfügbarkeit, und damit einer großen Anzahl genutzter Stellplätze S^g , gefährdet.

Inwieweit der Systembetreiber ein ausgewogenes Verhältnis der beiden Zielgrößen bestimmt und dabei auch die (erste) *ökonomische Zielsetzung* eines möglichst geringen Fahrradbestands berücksichtigen kann, hängt in erster Linie von den zeitlichen Schwankungen der Nachfrage ab. Hier sind in der Praxis sowohl Nachfrageschwankungen im Tages- und Wochenverlauf als auch im Jahresverlauf zu beobachten.

⁷⁴ Die Prämisse dient hier lediglich der Vereinfachung des Sachverhalts und gilt ohne Einschränkung der Allgemeingültigkeit.

Eine beispielhafte Entwicklung der Stellplatznutzung innerhalb eines Tages ist in Abbildung 5 dargestellt.⁷⁵ Die hellgrauen Balken konkretisieren die hellgrauen Rechtecke der Abbildungen 3 und 4. Sie bilden die durchschnittlichen Anteile an belegten Stellplätzen (S^g) innerhalb einer Stunde ab. Die Durchschnittswerte der ungenutzten bzw. freien Stellplätze (S^u) ergeben sich entsprechend aus der Differenz zwischen der Gesamtanzahl an Stellplätzen (S) und den genutzten Stellplätzen (S^g). Demgemäß wird in diesem fiktiven Beispiel unterstellt, dass zu Beginn und am Ende des Tages alle Stellplätze belegt sind und entsprechend der eingangs getroffenen Prämisse somit keine Fahrräder genutzt werden. Zwischen 7 und 11 Uhr sowie zwischen 16 und 18 Uhr ist dagegen der Anteil genutzter Stellplätze (S^g) sehr gering bzw. derjenige ungenutzter Stellplätze (S^u) sehr hoch. Zwischen 8 und 10 Uhr sowie 17 und 18 Uhr ist der Fahrradbestand sogar zu 100% ausgelastet ($S^g = 0$). Anders verhält es sich in den Zeiträumen zwischen 11 und 15 Uhr sowie zwischen 18 und 20 Uhr, in denen die Anzahl genutzter Stellplätze (S^g) und die Anzahl ungenutzter Fahrräder (F^u) sehr hoch sind. Folglich stehen dem Nutzer zu diesen Zeiten auch weniger freie Stellplätze zur Verfügung.

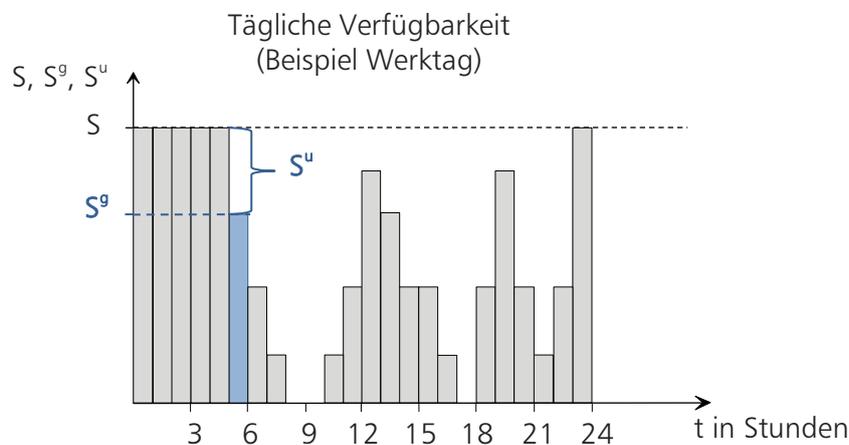


Abbildung 5: Beispielhafte Entwicklung der Stellplatznutzung im Verlauf eines Tages.

In der Praxis gibt es eine Vielzahl an Ursachen, die zeitliche Schwankungen hervorrufen. Dazu zählen vor allem:

- **Nutzungszweck:** Zu den typischen Nutzergruppen eines Bikesharing-Systems zählen Berufstätige und Auszubildende, deren Fahrtzweck hauptsächlich im Weg von und zu dem Arbeitsplatz bzw. der Ausbildungsstätte liegt. An Werktagen ergibt sich daraus eine hohe Nachfrage in den Morgen- und Abendstunden, um die entsprechenden Wege zurückzulegen. An Wochenenden und Feiertagen wird das Bikesharing-System dagegen für Freizeitaktivitäten oder Einkäufe genutzt, wodurch die Fahrräder zu anderen Zeitpunkten und oftmals auch länger ausgeliehen werden.
- **Witterungsbedingungen:** Die Fahrradnutzung ist erheblich von Temperatur und Niederschlag abhängig. So führen niedrige Temperaturen, die vorwiegend im Zeitraum von November bis Februar (Klima in Deutschland) zu erwarten sind, und regnerische Tage zu ei-

⁷⁵ Aus Komplexitätsgründen wurde für die Grafik eine Darstellung fiktiver Durchschnittswerte als Anzahl der Fahrräder innerhalb einer Stunde gewählt. Für Originalwerte von Fahrradstationen, am Beispiel von Bicing Barcelona, vgl. Kaltenbrunner et al. 2010, S. 458.

ner geringen Fahrradnutzung. In den wärmeren Monaten, vor allem zwischen März und Oktober, und an sonnigen Tagen werden die Fahrräder stärker genutzt.

4.2 Räumliche Kapazitätsdeterminanten

Wie bereits weiter oben erwähnt, sind anders als in den meisten Carsharing-Systemen⁷⁶ in Bike-sharing-Systemen One-Way-Fahrten möglich, d. h. die Fahrräder können an einer anderen Fahrradstation als der Ausgangsstation zurückgegeben werden. Aufgrund der damit einhergehenden Verteilung der Fahrräder im Nutzungsgebiet ist in der Kapazitätsplanung eines Bikesharing-Systems auch eine räumliche Dimension zu berücksichtigen. Für die Analyse der Kapazitätselemente und -determinanten wird dadurch jetzt auch die Betrachtung einzelner Stationen (Subindex n) erforderlich. Dabei lässt sich zumindest die Verfügbarkeit (als zweite ökonomische Zielsetzung) sinnvoll für einzelne Stationen bestimmen und planen. Die Anzahl genutzter Fahrräder F^g (als ökologische Zielsetzung) lässt sich dagegen nicht sinnvoll einzelnen Stationen zurechnen (Verzicht auf die Variablen F_n^g), da sie zwischen Stationen verkehren und somit nicht an eine bestimmte Station gekoppelt sind.⁷⁷

Durch die Vielzahl an One-Way-Fahrten kommt es selbst im Laufe kurzer Planungsperioden (Tag, Woche) zu starken Umverteilungen zwischen den Fahrradstationen. Durch Ausleihe an einer Station sinkt die Anzahl genutzter Stellplätze (S_n^g) und die Anzahl freier Stellplätze (S_n^u) erhöht sich entsprechend. Werden die Fahrräder an eine Station zurückgebracht, erhöht sich hingegen die Anzahl genutzter Stellplätze S_n^g und die Anzahl ungenutzter Stellplätze S_n^u verringert sich. In der Realität fungieren die meisten Stationen bezogen auf einzelne Veränderungen des Fahrradbestands als Quelle wie auch als Senke. Allerdings sind bei den meisten Stationen über den Tag (oder die Woche) verteilt ungleichmäßige Zu- und Abgänge zu beobachten, sodass der Bestand an Fahrrädern und freien Stellplätzen im Laufe des Tages ständig schwankt. An einigen Stationen gleichen sich über den gesamten Zeitraum die Zu- und Abgänge zumindest annähernd aus. Andere Stationen lassen sich hingegen auch im Saldo als Quell- bzw. Senkestationen kennzeichnen, die dann ohne eine Eingreifung des Systembetreibers vollständig leer- oder volllaufen würden.

Zur Veranschaulichung der geschilderten räumlichen Kapazitätsveränderungen sind in Abbildung 6 drei Fahrradstationen (A–C) und deren fiktive Stellplatz-Entwicklung (S_A , S_B , S_C) im Verlauf eines Tages veranschaulicht. Exemplarisch könnten diese drei Subsysteme z. B. Stationen des Bikesharing-Systems MVGMEINRAD in Mainz darstellen, für die sich die jeweiligen Bestände der genutzten Stellplätze (S_A^g , S_B^g , S_C^g) zu den Zeitpunkten 9 und 18 Uhr dann wie im unteren Teil der Abbildung gezeigt anhand von Screenshots der Betreiber-Homepage beschreiben ließen.⁷⁸

⁷⁶ Vgl. u. a. <http://www.flinkster.de/index.php?id=450&f=3>.

⁷⁷ Demgemäß soll weiterhin nur davon ausgegangen werden, dass die Anzahl der Stellplätze und der Fahrräder im Gesamtsystem ($F = S$) gleich sind.

⁷⁸ Die drei Kapazitätsdiagramme basieren hier auf fiktiven Durchschnittswerten, die nicht den originalen Verläufen der Stationen in Mainz entsprechen. Lediglich die Gesamtanzahl an Stellplätzen (S_A , S_B , S_C) wurde entsprechend den Originalstationen gewählt. Für Werte verschiedener Fahrradstationen im Verlauf eines Tages am Beispiel BICING Barcelona, vgl. <http://statistings.com/>.

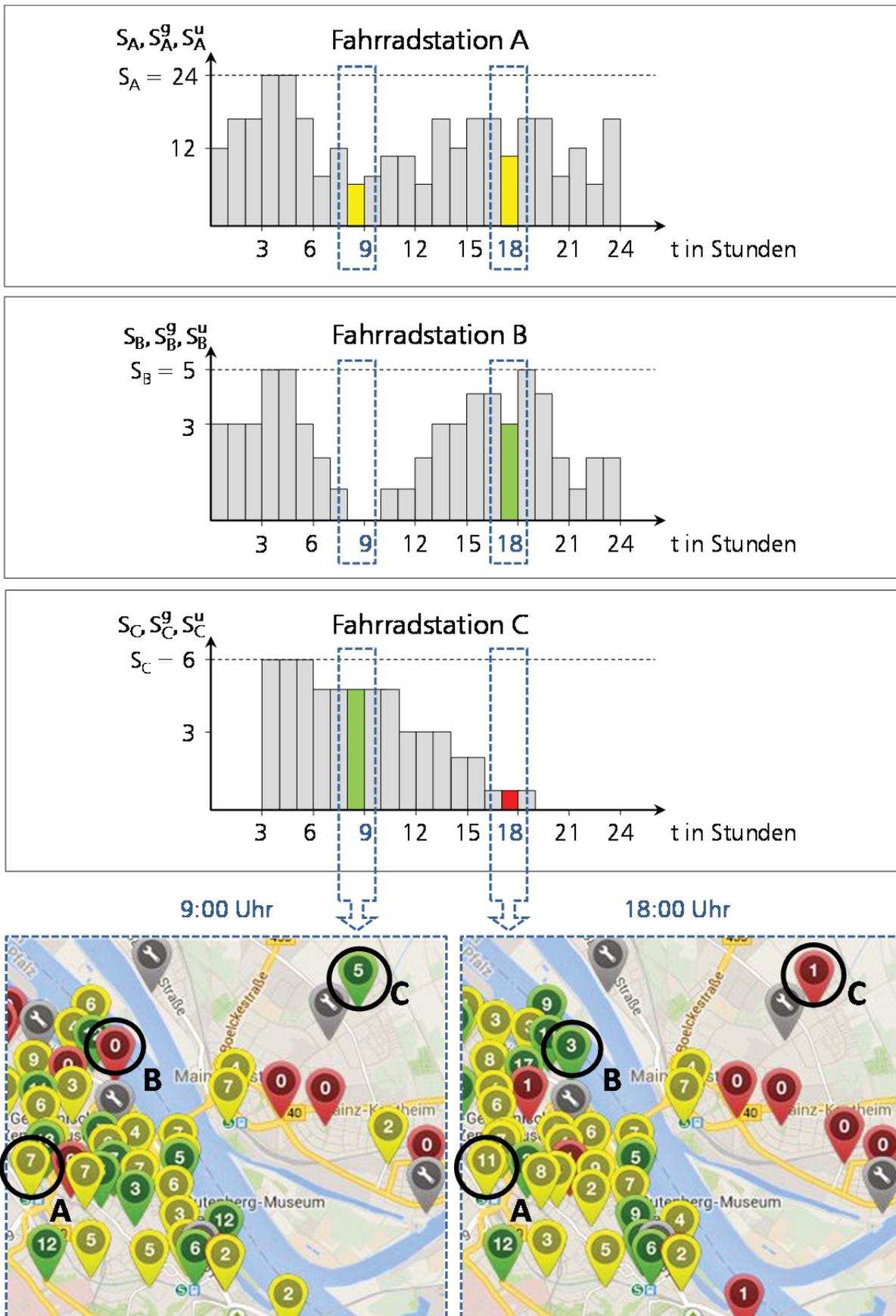


Abbildung 6: Beispielhafter Tagesverlauf der genutzten Stellplätze S_n^g an drei Fahrradstationen A, B, C und deren räumliche Verteilung im Nutzungsgebiet (eigene Darstellung unter Verwendung zweier Screenshots der MVGM EINRAD Homepage, vgl. <http://www.mvg-mainz.de/mainzigartig-mobil/mit-mvgeinrad/stationen.html>).

Um 4 Uhr werden sämtliche Stellplätze der drei Stationen genutzt. Im weiteren Verlauf zeigen sich je Station unterschiedliche Schwankungen der genutzten Stellplätze. Bei Station A liegen im Verlauf des Tages geringe Schwankungen vor. Sowohl in den Morgen- als auch in den Abendstunden beträgt der Bestand überwiegend zwischen 7 und 15 genutzten Stellplätzen (S_A^g). Zusätzlich verdeutlichen die gelben Balken um 9 Uhr und 18 Uhr, dass gerade noch ausreichend ungenutzte Fahrräder (F_A^u) an Station A für den Kunden zur Verfügung stehen.⁷⁹ Fahrradstation B weist hingegen starke Schwankungen im Tagesverlauf auf. Am Vormittag ist die Anzahl der genutzten Stellplätze (S_B^g) sehr gering. Um 9 Uhr ist die Fahrradstation sogar rot markiert, da kein Stellplatz an Station B genutzt wird und somit auch kein ungenutztes Fahrrad für den Kunden zur Verfügung steht. Anders verhält es sich am Nachmittag und in den frühen Abendstunden. Hier ist die Anzahl der genutzten Stellplätze (S_B^g) hoch. Um 18 Uhr ist Station B dagegen grün markiert, da sich dann an diesem Standort ausreichend ungenutzte Fahrräder befinden. An Fahrradstation C nimmt die Anzahl genutzter Stellplätze (S_C^g) über den Tag verteilt stetig ab. Um 9 Uhr ist die Station noch grün markiert. Am frühen Abend ist die Anzahl genutzter Stellplätze (S_C^g) dagegen so gering (ein belegter Stellplatz um 18 Uhr), dass Station C rot markiert ist. Später sinkt der Bestand sogar auf null, sodass dem Kunden am Abend keine ungenutzten Fahrräder an Station C zur Verfügung stehen.

Das bewusst plakativ gewählte Beispiel der Bestandsverläufe dreier sehr unterschiedlicher Stationen deutet die Komplexität der stationsgebundenen und -übergreifenden Kapazitätsplanung an; sie verstärkt sich überdies noch dadurch, dass, wie die Screenshots zeigen, das Gesamtsystem aus deutlich mehr als drei Subsystemen besteht. In diesem Zusammenhang gilt es außerdem zu beachten, dass neben den Bestandsverläufen der einzelnen Stationen auch die Anzahl genutzter Fahrräder (F^g) im Laufe der Planperiode schwankt. Werden z. B. nur wenige Fahrräder innerhalb eines Planungsabschnitts genutzt, so erhöht das zusätzlich die Gefahr, dass bestimmte Stationskapazitäten nicht mehr ausreichen, wenn es zu einer Umverteilung der ungenutzten Fahrräder hin zu diesen Stationen kommt.

Wird eine Station zu einem bestimmten Zeitpunkt allein betrachtet, ist nicht erkennbar, wie viele Fahrräder insgesamt genutzt werden. Denn die Station zeigt nur einen Teil des Gesamtsystems und damit nur jenen Teil der ungenutzten Fahrräder (F_n^u), die sich an den genutzten Stellplätzen (S_n^g) der Station n befinden. Folglich ist anhand der Betrachtung des Subsystems keine Aussage über die Auslastung der Fahrräder und damit die *erste Zielgröße* möglich. Bezüglich der *zweiten Zielgröße* kann anhand der Kapazitätsgröße genutzte Stellplätze der Station (S_n^g) aber eine stationspezifische Aussage über die Verfügbarkeit an Fahrrädern getroffen werden. Ist S_n^g hoch, kann zumindest an diesem Standort die *zweite Zielgröße* erreicht werden.

Ähnlich wie die im vorherigen Abschnitt angesprochenen zeitlichen Determinanten lassen sich auch räumliche Determinanten der Kapazitätsplanung bestimmen, zu denen insbesondere die folgenden zählen:

⁷⁹ Die Visualisierung der Bestände im Bikesharing-System von MVGMEINRAD nutzt ein Ampelsystem (rot, gelb, grün), bei dem die Bewertung der Stationen aus dem Verhältnis der Anzahl genutzter Stellplätze (S_n^g) und der Gesamtzahl Stellplätze (S_n) beruht. Aufgrund der Beobachtung von 20 Stationen über einen Tag lässt sich folgender Zusammenhang vermuten: Besitzen Stationen 0–1 genutzte Stellplätze (S_n^g) bzw. ungenutzte Fahrräder (F_n^u), wird die Station rot markiert. Bei einem Bestand von 2 genutzten Stellplätzen bis zu einem Anteil von weniger als 50% der vorhandenen Stellplätze wird die Station gelb, ab 50% grün markiert. Mittels eines Buttons können auch die Anzahl ungenutzter Stellplätze (S_n^u) abgerufen werden, vgl. <http://www.mvg-mainz.de/mainzigartig-mobil/mit-mvgmeinrad/stationen.html>.

- **Rückgabeoptionen:** Schon die vorherigen Aussagen dürften deutlich gemacht haben, dass die Möglichkeit von One-Way-Fahrten einen zentralen Einflussfaktor auf die Kapazitätsplanung darstellt. Wäre sie, ähnlich wie beim Carsharing, nicht möglich, würde sich eine gänzlich andere Situation ergeben, da es zwar zu zeitlichen Schwankungen der Fahrradbestände, aber nicht zu räumlichen Umverteilungen an den Stationen kommen könnte. Eine weitere Determinante stellt die in manchen realen Systemen zu beobachtende Möglichkeit dar, Fahrräder an den Stationen auch außerhalb der Stellplätze abzustellen und somit eine Kapazitätserweiterung der Stationen zuzulassen. Ist diese Möglichkeit nicht gegeben, sind die Nutzer u. U. gezwungen, nach freien Stationskapazitäten zu suchen und dafür Umwege in Kauf zu nehmen.
- **Stadtstruktur:** Häufig befinden sich in den Randbereichen einer Stadt Siedlungen und Wohngebiete. Arbeitsplätze bzw. Ausbildungsstätten, touristische Knotenpunkte, Verwaltungseinrichtungen etc. sind hingegen eher im Stadtzentrum positioniert. Je nach Tageszeit und Fahrtzweck des Nutzers beeinflusst dies die Belegung der Stellplätze an den jeweiligen Stationen. So sind bspw. am späten Vormittag viele ungenutzte Stellplätze an den Stationen in Wohngebieten und viele genutzte Stellplätze an den Stationen im Stadtzentrum zu erwarten.
- **Topografie des Nutzungsgebietes:** Eine weitere in der Realität zu beobachtende Ursache für bestimmte Bestandsverläufe sind topografische Besonderheiten des Nutzungsgebiets. Sind innerhalb einer Stadt Höhenunterschiede zu überwinden, kommt es vor allem bei Stationen auf Anhöhen bzw. Bergen zu leeren Stationen. Sie stellen häufig Quellstationen dar, wohingegen Stationen in Tälern oft Senken sind. Die topografische Beschaffenheit des Nutzungsgebietes kann somit dauerhaft zu Leerständen oder Überkapazitäten an bestimmten Stationen führen.

4.3 Praktische Lösungsansätze

Die in den zwei vorherigen Abschnitten angesprochenen zeitlichen und räumlichen Determinanten beeinflussen die Kapazitäts- bzw. Bestandsplanung des Bikesharing-Systems bzw. der einzelnen Stationen. Um eine im Sinne der genannten ökonomischen und ökologischen Zielsetzungen gute Lösung zu generieren, ist bei einer adäquaten Anzahl Fahrräder und Stellplätze im Gesamtsystem eine bestmögliche Verteilung der Fahrräder auf die Stationen notwendig. Dafür haben sich in der Praxis bereits verschiedene Lösungsansätze etabliert, die eine unterschiedliche Relevanz und Fristigkeit (strategisch, taktisch, operativ) aufweisen und sowohl von Seiten des Systembetreibers als auch der Nutzer durchgeführt werden.⁸⁰

Auf der **strategischen Ebene** sind neben der Entscheidung über die Größe der Fahrradflotte (F) die Standortwahl und die Größe der Fahrradstation (S_n) wichtige Planungsgegenstände. Fahrradstationen werden vor allem an Plätzen mit einer tendenziell hohen Nachfrage platziert, da Fahrräder dann häufiger genutzt werden.⁸¹ Stark frequentierte Plätze innerhalb einer Stadt sind z. B. behördliche Einrichtungen, Verkehrsknotenpunkte oder touristische Ziele. Bei der Wahl der Standorte ist außerdem die Entfernung zwischen den Stationen und damit die Standortdichte ein wichtiger Faktor. Im Laufe der Jahre hat sich bei den meisten realen Systemen eine optimale

⁸⁰ Bei der Einteilung der Planungsgegenstände bzw. Maßnahmen wird hier der Einteilung von VOGEL UND MATTFELD gefolgt, die anders als die meisten anderen Autoren zwischen der strategischen und operativen auch eine taktische Ebene betrachten, vgl. Vogel/Mattfeld 2010, S. 5.

⁸¹ Vgl. Klaus 2005, S. 266f.

Stationsdichte mit Abständen zwischen den Stationen von maximal 300 Metern etabliert.⁸² Die konkrete Lage der Standorte beeinflusst auch die Anzahl an Stellplätzen (S_n). So ist z. B. für die Stationen im Stadtzentrum eine höhere Anzahl an Stellplätzen (S_n) erforderlich als in den Wohngebieten, weil die Stationen im Zentrum potenziell häufiger genutzt werden. Infolgedessen ist die Anzahl der Stellplätze (S_n) an den einzelnen Fahrradstationen innerhalb realer Bikesharing-Systeme häufig unterschiedlich groß.

Eine (strategisch-)taktische Aufgabe ist die Schaffung geeigneter Anreizsysteme, damit die Kunden Fahrräder nur an Stationen mit ungenutzten Stellplätzen (in der Anzahl S_n^u) zurückbringen. Hier kann das System so konstruiert sein, dass ein Abschließen nur an einem ungenutzten Stellplatz möglich ist. Dies ist immer dann der Fall, wenn das Fahrrad selbst kein Schloss besitzt. Der Kunde ist somit gezwungen, einen freien Stellplatz aufzusuchen, da er sonst das Fahrrad nicht absichern kann. Häufig befindet sich das Schloss jedoch direkt am Fahrrad, wodurch es auch an überfüllten Fahrradstationen neben den eigentlichen Stellplätzen positioniert werden könnte. Um dies zu verhindern, können vor allem Echtzeit-Informationen über die aktuelle Lage an den Stationen helfen, die z. B. über GPS-Daten auf der Internetseite des Anbieters abgerufen werden. Der Kunde kann so ungenutzte Stellplätze oder verfügbare Fahrräder an den Stationen abrufen.⁸³ Ein weiteres Anreizsystem stellen kostenfreie Nutzungsminuten als Belohnung für das Aufsuchen weniger stark belegter Stationen dar. In der Realität (z. B. beim System VÉLIB+ in Paris)⁸⁴ werden dem Nutzer etwa dann Freiminuten auf seinem Konto gut geschrieben, wenn er an der gewünschten Station keinen freien Stellplatz vorfindet und einen Umweg zu einer Station mit freien Stellplätzen in Kauf nimmt.⁸⁵

Auf **operativer Ebene** werden Service-Fahrzeuge eingesetzt, die für einen Ausgleich der Fahrräder innerhalb des Bikesharing-Systems sorgen. Sie können die ungenutzten Fahrräder von überfüllten Stationen abtransportieren und die leeren Stationen mit Fahrrädern auffüllen. In der Praxis haben sich dabei zwei Verteilungssysteme etabliert. Zum einen kann die Verteilung in einem stets gleichen Tageszeitraum erfolgen. So werden in vielen Systemen die Fahrräder meist in den Nachtstunden umverteilt, wenn das System besonders wenig ausgelastet ist. In den Morgenstunden sind dann alle Bestände an den Stationen wieder ausgeglichen. Vorteilhaft an dieser Variante ist, dass nur unwesentlich in den laufenden Betrieb eingegriffen wird. Andererseits kann so nicht auf starke, spontane Schwankungen der genutzten Stellplätze an den Stationen reagiert werden. Systeme, in denen die Service-Fahrzeuge rund um die Uhr eingesetzt werden, können dagegen in kurzer Zeit eingreifen. So können zum Beispiel typische Quellstationen, die am Berg gelegen sind, auch am Nachmittag noch genutzt werden, wenn ein Service-Fahrzeug bereits am Mittag die Station mit ungenutzten Fahrrädern befüllt. Für die Kapazitätsplanung bedeutet dies jedoch eine zeitweise Einschränkung der Anzahl ungenutzter Fahrräder F^u und somit der verfügbaren Kapazität.

⁸² Vgl. u. a. Büttner et al. 2011, S. 23.

⁸³ MVGMEINRAD bietet dafür die in Abschnitt 4.2 bereits angesprochene Internetplattform an, die einen getrennten Überblick über genutzte und ungenutzte Stellplätze bietet und diese mittels eines Ampelsystems transparent macht, vgl. nochmals: <http://www.mvg-mainz.de/mainzigartig-mobil/mit-mvgmeinrad/stationen.html>.

⁸⁴ Vgl. <http://blog.velib.paris.fr/blog/2012/03/19/les-stations-bonus-de-la-plus-frequentee-a-la-plus-ardue/>.

⁸⁵ Vgl. Beroud/Anaya 2012, S. 295.

5 Resümee

In den letzten Jahren konnte sich eine Vielzahl an Bikesharing-Systemen in Städten weltweit etablieren, so auch in Deutschland, wo sich vor allem die zwei Anbieter CALL A BIKE und NEXTBIKE durchgesetzt haben. Die hohe praktische Relevanz von Bikesharing führte auch zu einer verstärkten Aufmerksamkeit in der Wissenschaft. Dort dominieren vor allem Prognose- und Optimierungsmodelle, die sich der Ungleichverteilung der Fahrräder auf die Stationen widmen. Generell stellt Bikesharing jedoch ein noch junges Forschungsgebiet dar, dem es vor allem an einem einheitlichen Begriffsverständnis und einem allgemeinen konzeptionellen Bezugsrahmen fehlt.

Nach einer groben begrifflichen Verortung des Bikesharings wurden auf Basis des Ansatzes von SOUREN/DYCKHOFF/AHN zunächst kapazitätswirtschaftliche Bestimmungsgrößen der (vermeidungsorientierten) Fahrradnutzung dargestellt. Diese wurden anschließend auf die beiden für Bikesharing besonders relevanten Dimensionen (Nutzungszeit und Aggregatanzahl) reduziert. Als Kapazitätselemente wurden neben den Fahrrädern die Stellplätze an verschiedenen Stationen bestimmt. Durch adäquate Gestaltung beider Elemente können drei Zielgrößen (geringer Fahrradbestand, hohe Verfügbarkeit und umfassende Nutzung der Fahrräder) in einem Bikesharing-System verfolgt werden, die in einem Konflikt zueinander stehen. Um eine Optimierung der Kapazitätselemente zu erreichen, müssen sowohl das Gesamtsystem als auch die einzelnen Stationen als Subsysteme gestaltet werden. Als Einflussgrößen gilt es dabei in beiden Planungsbereichen zeitliche und räumliche Kapazitätsdeterminanten zu berücksichtigen. Hierzu zählen insbesondere der Nutzungszweck und die Witterungsbedingungen sowie die Ausgestaltung der Rückgabeoptionen, die Stadtstruktur und Topographie des Nutzungsgebiets. Sie führen zur zeitlichen und räumlichen Ungleichverteilung der Fahrräder an den einzelnen Stationen, denen in der Praxis durch verschiedene Maßnahmen auf strategischer, taktischer und operativer Ebene (z. B. geeignete Standortwahl, Anreizsysteme zur ordnungsgemäßen Rückgabe, Umverteilungen mittels Servicefahrzeugen) entgegengewirkt wird.

Im Rahmen der konzeptionellen Grundlagenforschung zu Bikesharing-Systemen gibt es u. E. noch eine Vielzahl weiterer interessanter Themenfelder. So erscheint sowohl eine eindeutigere Definition des Sharingbegriffs als auch eine weitergehende begriffliche Abgrenzung und Systematisierung bestehender Mobilitätskonzepte notwendig. Überdies müssen die in diesem Beitrag grundlegend angestellten Kapazitätsüberlegungen für das Bikesharing (und andere Sharingkonzepte) noch vertieft werden. Ein Ansatzpunkt könnten dabei Analogiebetrachtungen zu kapazitätswirtschaftlichen Modellen der Dienstleistungsforschung sein.⁸⁶ Hierfür ist jedoch zunächst eine differenzierte Betrachtung des Bikesharing-Konzepts als (Mobilitäts-)Dienstleistung erforderlich, da noch nicht abschließend geklärt ist, ob Bikesharing-Betreiber überhaupt als Dienstleister einzustufen sind.⁸⁷ Des Weiteren könnten in stärker anwendungsorientierter Forschung die hier entwickelten formalen Zusammenhänge genutzt werden, um unterschiedlich komplexe (reale oder fiktive) Bikesharing-Systeme in Simulationsmodellen abzubilden. Dadurch wird es möglich, weitere, konkrete Erkenntnisse über die Einflussgrößen und Auswirkungen stochastischer Kapazitätselemente und -determinanten zu gewinnen und reale Systeme besser zu steuern.

⁸⁶ Vgl. hierzu u. a. Corsten/Stuhlmann 1997, Schnittka 1998 und Böhler 2010.

⁸⁷ Vgl. zur Problematik verschieden umfassender Dienstleistungsdefinitionen Richter 2012, S. 48ff. Während das Angebot von Bikesharing-Betreibern ein Konsumentenbedürfnis befriedigt (problemorientierter Dienstleistungsbegriff), liegt eine Transformation eines externen Faktors (transformationsorientierter Dienstleistungsbegriff) durch den Betreiber wohl nicht vor.

Literaturverzeichnis

- Ahn, H./Meyer, C.: Systematik vermeidungsorientierter Produktnutzungskonzepte – Optimierung der Produktnutzung als Beitrag zum Umweltschutz, in: Umweltwirtschaftsforum (7) 1999, S. 62–65.
- Antoniades, P./Chrysanthou, A.: European Best Practices in Bike Sharing Systems, http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDYQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.tat-project.eu%2Findex.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D266%26Itemid%3D80&ei=dLdSUty8FYffsgbyhIDADA&usg=AFQjCNHJT2DTI9-oWe6AE_BJ-40oUsOxDw&bvm=bv.53537100,d.Yms&cad=rja 2009, Abrufdatum: 07.05.2013.
- Bassett, D. R./Pucher, J./Buehler, R./Thompson, D. L./Crouter, S. E.: Walking, cycling, and obesity rates in Europe, North America, and Australia, in: Journal of Physical Activity and Health (5) 2008, S. 795–814.
- Beatley, T.: Green urbanism. Learning from European cities, Washington, DC [u. a.] 2000.
- Beroud, B./Anaya, E.: Private Interventions in a Public Service: An Analysis of Public Bicycle Schemes, in: Parkin, J. (Hrsg.): Cycling and Sustainability, Bingley 2012, S. 269–301.
- Blickstein, S./Hanson, S.: Critical mass: forging a politics of sustainable mobility in the information age, in: Transportation (28) 2001, S. 347–362.
- Blondel, B./Mispelon, C./Ferguson, J.: Fahren Sie häufiger Rad, um den Planeten zu Reduzierung – Quantifizierung der CO₂-Senkung durch Radfahren, http://www.ecf.com/wp-content/uploads/ECF_BROCHURE_GR_planches.pdf 2011, Abrufdatum: 13.03.2013.
- Böhler, S.: Eine Untersuchung von Mobilitätsdienstleistungen in deutschen Großstädten, Dortmund 2010.
- Bordagaray, M./Ibeas, A./dell’Olio, L.: Modeling user perception of public bicycle services, in: Procedia – Social and Behavioral Sciences (54) 2012, S. 1308–1316.
- Borgnat, P./Abry, P./Flandrin, P./Robardet, C./Rouquier, J.-B./Fleury, E.: Shared Bicycles in a city: A Signal Processing and Data Analysis Perspective, in: Advances in complex systems (14) 2011, S. 415–439.
- Borgstedt, S./Christ, T./Reusswig, F.: Umweltbewusstsein in Deutschland – Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage, <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4045.pdf> 2010, Abrufdatum: 12.07.2013.
- Bugiel, A.: Klimabewusst unterwegs – Verkehrsmittel im Umwelt-, Zeit- und Kostenvergleich, Berlin 2010.

- Büttner, J./Mlasowsky, H./Birkholz, T./Gröper, D./Emberger, A. C. F. G./Petersen, T./Robert, M./Reth, S. S. V. P./Blümel, H./Rodriguez, C. R./Pineda, E. P./Piotrowicz, A. P./Ejsmont, R./Kuropatwiski, P./Kowalewska, M./Vecchiotti, F./Reiterer, H./Robert, S./Gagneur, J./Richard, O./Jean, M./Basterfield, S./Williamson, C./Snead, C./Giles, N./Georgiou, E./Galatík, J./Plíšková, R./Martinek, J./Menichetti, M./Banfi, M.: Optimising Bike Sharing in European Cities – Ein Handbuch, <http://edoc.difu.de/edoc.php?id=KR2S85CW> 2011, Abrufdatum: 03.05.2013.
- Caggiani, L./Ottomanelli, M.: A modular soft computing based method for vehicles repositioning in bike-sharing systems, in: *Procedia – Social and Behavioral Sciences* (54) 2012, S. 675–684.
- Callabike-interaktiv, <http://www.callabike-interaktiv.de/index.php?id=397&f=500> 2010, Abrufdatum: 21.05.2013.
- Callabike-interaktiv, http://www.callabike-interaktiv.de/fileadmin/www.callabike-interaktiv.de/redaktion/neu_pdf/agb/20130415_Preisverzeichnis_CaB.pdf 2013, Abrufdatum: 21.05.2013.
- Chemla, D./Meunier, F./Wolfler Calvo, R.: Bikesharing systems: Solving the static rebalancing problem, in: *Discrete Optimization* (10) 2012, S. 120–146.
- Cliath, A. G.: Product Sharing, in: Mansvelt, J. (Hrsg.): *Green Consumerism: An A-to-Z Guide*, Los Angeles [u. a.] 2011, S. 362–364.
- Corsten, H./ Stuhlmann, S.: *Kapazitätsmanagement in Dienstleistungsunternehmen – Grundlagen und Gestaltungsmöglichkeiten*, Wiesbaden 1997.
- Dali, L./Mladeníć, D.: BICIKELJ: Environmental data mining on the bicycle, in: *Proceedings of the ITI 2012 34th International Conference on Information Technology Interfaces (ITI)* 2012, S. 331–336.
- Dell’Olio, L./Ibeas, A./Moura, J. L.: Implementing bike-sharing systems, in: *Municipal Engineer* (164) 2011, S. 89–101.
- DeMaio, P.: Bikesharing: history, impacts, models of provision, and future, in: *Journal of Public Transportation* (12) 2009, S. 41–56.
- Dethloff, J.: Vehicle routing and reverse logistics: the vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick-up, in: *OR Spectrum* (23) 2001, S. 79–96.
- Fishman, E./Washington, S./Haworth, N.: Barriers and facilitators to public bicycle scheme use: A qualitative approach, in: *Transportation Research Part F* (15) 2012, S. 686–698.
- Flinkster, <http://www.flinkster.de/index.php?id=450&f=3> 2011, Abrufdatum: 05.01.2014.
- Froehlich, J./Neumann, J./Oliver, N.: Sensing and predicting the pulse of the city through shared bicycling, http://www.nuriaoliver.com/bicing/IJCAI09_Bicing.pdf 2009, Abrufdatum: 21.05.2013.

- García-Palomares, J. C./Gutiérrez, J./Latorre, M.: Optimizing the location of stations in bike-sharing programs: A GIS approach, in: *Applied Geography* (35) 2012, S. 235–246.
- George, D. K./Xia, C. H.: Fleet-sizing and service availability for a vehicle rental system via closed queueing networks, in: *European Journal of Operational Research* (211) 2011, S. 198–207.
- Google-Maps, <http://maps.google.com/maps/ms?ie=UTF8&hl=en&om=1&msa=0&msid=104227318304000014160.00043d80f9456b3416ced&ll=43.580391,-42.890625&spn=143.80149,154.6875&z=1&source=embed> 2014, Abrufdatum: 01.02.2013.
- Gutenberg, E.: *Die Produktion*, 24., unveränd. Aufl., Berlin [u. a.] 1983.
- Hoogma, R./Kemp, R./Schot, J./Truffer, B.: *Experimenting for Sustainable Transport – The approach of Strategic Niche Management*, New York 2002.
- Johnson, M./Herrmann, A./Huber, F.: Growth through product-sharing services, in: *Journal of Service Research* (1) 1998, S. 167–177.
- Kaltenbrunner, A./Meza, R./Grivolla, J./Codina, J./Banchs, R.: Urban cycles and mobility patterns: Exploring and predicting trends in a bicycle-based public transport system, in: *Pervasive and Mobile Computing* (6) 2010, S. 455–466.
- Kern, W.: *Die Messung industrieller Fertigungskapazitäten und ihrer Ausnutzung – Grundlagen und Verfahren*, Köln [u. a.] 1962.
- Klaus, C.: Im Dienste der Mobilität – Leih- und Pfandfahrradsysteme, in: Monheim, H. (Hrsg.): *Fahrradförderung mit System. Elemente einer angebotsorientierten Radverkehrspolitik*. Mit 33 Tabellen, Mannheim 2005, S. 243–270.
- Klein, G.: Nachhaltige Entwicklung moderner Mobilität – Eine Illusion?, in: *Prävention: Zeitschrift für Gesundheitsförderung* 35 (2) 2012, S. 39–45.
- Lanzendorf, M./Busch-Geertsema, A.: Mobilität 2050 – Impulsgeber für eine neue Mobilität: Fahrradmobilität in Hessen, http://www.geo.uni-frankfurt.de/ifh/mobilitaet/projekte/projekt_3/Fahrradmobil.pdf 2011, Abrufdatum: 21.03.2013.
- Lin, J.-R./Yang, T.-H.: Strategic design of public sharing systems with service level constraints, in: *Transportation Research Part E* (47) 2011, S. 284–294.
- Loose, W.: *Das Jahr des CarSharing – fast 500000 CarSharing-Kunden in Deutschland, Jahresbericht 2012/2013 des Bundesverbands Carsharing e.V.*, Berlin 2013.
- Lowe, M. D.: *Das Fahrrad. Verkehrsmittel für einen kleinen Planeten*, Schwalbach/Ts. 1992.
- Midgley, P.: *Bicycle-sharing Schemes: Enhancing Sustainable Mobility in Urban Areas*, <http://storage.globalcitizen.net/data/topic/knowledge/uploads/20120229233344705.pdf> 2011, Abrufdatum: 18.03.2013.
- Monheim, H./Muschwitz, C./Reimann, J./Streng, M.: *Fahrradverleihsysteme in Deutschland. Relevanz, Potenziale und Zukunft öffentlicher Leihfahrräder*, Köln 2012.

- MVG-Mainz, <http://www.mvg-mainz.de/mainzigartig-mobil/mit-mvgmeinrad/stationen.html>,
Abrufdatum: 01.02.2013.
- Nantke, H.-J.: Nachhaltige Entwicklung in Deutschland – Die Zukunft dauerhaft umweltgerecht gestalten, Berlin 2002.
- Nationaler-Radverkehrsplan, <http://www.nationaler-radverkehrsplan.de/praxisbeispiele/anzeige.phtml?id=2086> 2013, Abrufdatum: 21.05.2013.
- Nationaler-Radverkehrsplan, <http://www.nationaler-radverkehrsplan.de/neuigkeiten/news.php?id=3997> 2013, Abrufdatum: 01.02.2013.
- Nextbike, <http://www.nextbike.de/standorte.html>, Abrufdatum: 01.02.2013.
- Nextbike, <http://www.nextbike.de/de/preise/>, Abrufdatum: 01.02.2013.
- Nextbike, <http://unternehmen.nextbike.de/portrait/>, Abrufdatum: 01.02.2013.
- Nextbike, <http://www.nextbike.net/products/>, Abrufdatum: 01.08.2013.
- Pucher, J./Buehler, R.: Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany, in: Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal (28) 2008, S. 495–528.
- Raviv, T./Tzur, M./Forma, I.A.: Static repositioning in a bike-sharing system: models and solution approaches, <http://www.eng.tau.ac.il/~tzur/Static%20Repositioning.pdf> 2013, Abrufdatum: 05.07.2013.
- Reutter, O./Koska, T./Bierwirth, A./Bunse, M./Mattner, T./Bracher, T./Reichel, D./Harms, S./Theunissen, J./Thiemann-Linden, J.: Wettbewerbsdokumentation „Innovative öffentliche Fahrradverleihsysteme“ – Neue Mobilität in Städten, Berlin 2009.
- Richter, M.: Modelle wissensintensiver Dienstleistungen – Ansätze einer modernen Produktionstheorie auf Basis der graphischen Aktivitätsanalyse, Wiesbaden 2012.
- Romero, J. P./Ibeas, A./Moura, J. L./Benavente, J./Alonso, B.: A simulation-optimization approach to design efficient systems of bike-sharing, in: Procedia – Social and Behavioral Sciences (54) 2012, S. 646–655.
- Sayarshad, H./Tavassoli, S./Zhao, F.: A multi-periodic optimization formulation for bike planning and bike utilization, in: Applied Mathematical Modelling (36) 2012, S. 4944–4951.
- Schnittka, M.: Kapazitätsmanagement von Dienstleistungsunternehmen – eine Analyse aus Anbieter- und Nachfragersicht, Wiesbaden 1998.
- Shaheen, S. A./Guzman, S./Zhang, H.: Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia, in: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (2143) 2010, S. 159–167.

- Sime, C. C.: Eine Pfiffige Idee, <http://www.muenchen.ihk.de/de/WirUeberUns/Publikationen/Magazin-wirtschaft-/Aktuelle-Ausgabe-und-Archiv2/02-2002/Unternehmen-und-Maerkte/Eine-pfiffige-Idee.html> 2002, Abrufdatum: 21.05.2013.
- Souren, R./Dyckhoff, H./Ahn, H.: Systematisierung vermeidungsorientierter Produktnutzungskonzepte, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft (72) 2002, S. 359–382.
- Spinlister, <https://www.spinlister.com>, Abrufdatum: 21.05.2013.
- Stahel, W. R.: Langlebigkeit und Materialrecycling. Strategien zur Vermeidung von Abfällen im Bereich der Produkte, Essen 1991.
- Statista, <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/209691/umfrage/bekanntheit-von-carsharing-in-deutschland/> 2014, Abrufdatum: 21.01.2014.
- Statistings, <http://statistings.com/> 2014, Abrufdatum: 21.01.2014.
- UsedomRad, http://www.usedomrad.de/fahrradverleih_registrierung.html 2013, Abrufdatum: 02.08.2013.
- UsedomRad, http://www.usedomrad.de/fahrradverleih_vorstellung_rad.html 2013, Abrufdatum: 02.08.2013.
- Velib, <http://blog.velib.paris.fr/blog/2012/03/19/les-stations-bonus-de-la-plus-frequentee-a-la-plus-ardue/>, Abrufdatum: 01.02.2013.
- Vogel, P./Mattfeld, D. C.: Modeling of repositioning activities in bike-sharing systems, in: Proceedings of WCTR 2010, Lissabon 2010.
- Vogel, P./Mattfeld, D. C.: Strategic and Operational Planning of Bike-Sharing Systems by Data Mining—A Case Study, in: Computational Logistics 2011, S. 127–141.
- Wehmeier, T./ Bracher, T./ Hertel, M./ Böhler-Baedeker, S./ Koska, T./ Beuermann, C./ Reutter, O.: Innovative öffentliche Fahrradverleihsysteme – Modellprojekte im Start, Berlin/Bonn 2012.
- Yoon, J. W./Pinelli, F./Calabrese, F.: Cityride: a predictive bike sharing journey advisor, 13th International Conference on Mobile Data Management 2012, S. 306–311.
- Zentes, J./Freer, T./Beham, F.: Neue Mietkonzepte: Nutzen statt Haben – Potenziale und Herausforderungen für Unternehmen, http://www.uni-saarland.de/fileadmin/user_upload/Professoren/fr13_ProfZentes/sonstiges/Neue_Mietkonzepte.pdf 2013, Abrufdatum: 10.04.2013.

Ilmenauer Schriften zur Betriebswirtschaftslehre

**Institut für Betriebswirtschaftslehre der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
und Medien der Technischen Universität Ilmenau**

www.tu-ilmenau.de/is-ww

Herausgeber

Univ.-Prof. Dr. rer. pol. habil. Norbert Bach

Univ.-Prof. Dr. rer. pol. habil. Gernot Brähler

Univ.-Prof. Dr. rer. pol. habil. Anja Geigenmüller

Univ.-Prof. Dr. rer. pol. habil. Rainer Souren

ISSN 2192-4643

ISBN 978-3-940882-44-8

URN [urn:nbn:de:gbv:ilm1-2014200069](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:ilm1-2014200069)