



Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Umweltbundesamtes

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

+++

Forschungskennzahl 3712 16 100

PLANSPIEL



FLÄCHENHANDEL



+++

Aufbau des kontrollierten Feldexperiments

Flächenhandel-Informationspapier Nr. 6
Diese Version: 29. Dezember 2014



Aufbau des kontrollierten Feldexperiments

Nora Vogt*, Kilian Bizer und Ralph Henger*****

* Dr. Nora Vogt, Akademie für Raumordnung und Landesforschung (ARL) Tel.: 0511 34842-28
Email: vogt@arl-net.de

** Prof. Dr. Kilian Bizer, Sonderforschung Institutionenanalyse und Universität Göttingen, Tel.
0551-394626; Email: bizer@wiwi.uni-goettingen.de

*** Dr. Ralph Henger, Institut der deutschen Wirtschaft Köln, Tel.: 0221-4981 744,
Email: henger@iwkoeln.de

Diese Publikation ist als Download unter
www.flächenhandel.de verfügbar

Das Planspiel Flächenhandel ist ein Verbundprojekt von

Institut der deutschen Wirtschaft Köln, Kompetenzfeld Immobilienökonomik
Institut Raum & Energie, Hamburg
ILS – Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung GmbH
Sonderforschungsgruppe Institutionenanalyse – sofia, Universität Göttingen
Gertz Gutsche Rümenapp Stadtentwicklung und Mobilität, Hamburg
Projektgruppe Stadt + Entwicklung, Leipzig
Büro für Standortplanung, Hamburg
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Im Auftrag des
Umweltbundesamtes

Die Flächenhandel-Informationspapiere dienen der detaillierten Beschreibung des Flächenhandels und des Projektablaufs. Die Beiträge liegen in alleiniger Verantwortung der Autoren des Projektteams und stellen nicht notwendigerweise die Meinung des Umweltbundesamtes dar.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
2	Methodischer Aufbau des Handelssystems	5
2.1	Ausgangssituation	5
2.2	Grundaufbau und Spielstufen	5
2.3	Spielstrategien	7
3	Handelsszenarien (Treatments).....	9
3.1	Ablauf	9
3.2	Simulation 1: Hauptvariante (Kostenlose Zuteilung).....	10
3.3	Simulation 2: Hauptvariante (Hybride Zuteilung).....	10
3.4	Simulation 3: Differenzierung	11
3.5	Simulation 4: Makroszenario	11
4	Ergänzende Experimente	14
4.1	Dreidimensionales Untersuchungsdesign	14
4.2	Methodische Unterschiede zwischen Kommunalvertretern und studentischen Probanden.....	16
5	Auswertung	17
5.1	Bewertung	17
5.2	Indikatorenset	17

1 Einleitung

Dieses Papier beschreibt die Struktur, die Rahmenbedingungen und die konkreten Ausgestaltungsmerkmale des *kontrollierten Feldexperiments*, dessen Ziel die Simulation des Handels mit Flächenzertifikaten ist. Zentraler Baustein des *kontrollierten Feldexperiments* ist das Feldexperiment mit bis zu 100 Modellkommunen. Die teilnehmenden Kommunen simulieren dort ihre Flächenausweisungen über einen Zeitraum von 15 Jahren (2014–2028) und den damit verbundenen Kauf und Verkauf von Zertifikaten. Dies geschieht in zwei computergestützten Sitzungen, an denen ausgewählte Vertreter der Kommunen teilnehmen und auf einer Online-Handelsplattform interagieren.

Das *kontrollierte Feldexperiment* ermöglicht es, durch die Beobachtung der Kauf- und Verkaufsgebote sowie den daraus resultierenden Zertifikatspreisen, kommunale Entscheidungsprozesse für eine modifizierte Flächenplanung nachzuvollziehen. Anstatt tatsächliche politische Entscheidungen auf Gemeindeebene herbeizuführen (was ohne entsprechende Rechtsgrundlage nicht möglich ist), lässt sich auf diese Weise untersuchen, welche Entscheidungen in Verwaltung und Politik zu treffen sind und auf welche Weise sich diese durch den Einsatz des Instrumentes verändern.

Die übergeordneten Ziele des *kontrollierten Feldexperiments* liegen in der Überprüfung der Funktions- und Leistungsfähigkeit des Flächenhandelssystems und im Vergleich verschiedener institutioneller Ausgestaltungsformen. Von diesen Oberzielen lassen sich eine Vielzahl von Unterzielen und Fragestellungen ableiten, deren Untersuchung in einzelnen Handelsszenarien erfolgt. Zu den Unterzielen gehört unter anderem die Klärung folgender Fragen:

- Welchen Einfluss hat der Mechanismus der Erstzuteilung der Kontingente (freie Zuteilung, Auktionierung, hybride Formen) auf die Effizienz des Handelssystems und die Preisentwicklung?
- Wie stark schwankt der Preis und kommt es zu störenden Preisschwankungen durch exogene Einflüsse wie Makroschocks?
- Welchen Einfluss hat eine Differenzierung der Zertifikate auf die Handelsstrategien der Teilnehmer und die Preise?
- Wie stark werden Flächenausweisungs- und Marktverhalten durch politökonomische Aspekte beeinflusst?

Für jedes Unterziel sind die einzelnen Experimente und Handelsszenarien so aufgebaut, dass ein Kausalzusammenhang zwischen wenigen Faktoren untersucht wird. Ziel ist es, eine einzelne Komponente isoliert zu verändern und die Auswirkungen dieser Änderung unter kontrollierten Bedingungen zu untersuchen. Eine zusätzliche Kontrolle erfolgt durch die Spiegelung des Feldexperiments mit studentischen Probanden, die – unter Nutzung der gleichen Handelsplattform – dieselben Szenarien mit dem gleichen Informationsstand durchspielen. Darüber hinaus werden *studentische Laborexperimente* zur Vertiefung einiger zentraler Fragenkomplexe durchgeführt. Die Datenauswertung erfolgt mittels eines Indikatorensystems, welches einen Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Handelsszenarien ermöglicht. Das vorliegende Informationspapier beschreibt das Untersuchungsdesign und bietet Hintergrundinformationen zum Ablauf des kontrollierten Feldexperiments.

2 Methodischer Aufbau des Handelssystems

2.1 Ausgangssituation

Der Modellversuch zieht das 30-Hektar-Ziel als Vorgabe heran, da dieses in der Nachhaltigkeitsstrategie fest verankert ist. Jedoch wird die Obergrenze nicht sofort auf 30 ha/ pro Tag begrenzt, sondern erst schrittweise auf dieses Ziel abgesenkt. Der 15-jährige Simulationszeitraum besteht aus fünf dreijährigen Phasen, in denen die tägliche Flächeninanspruchnahme von bundesweit 55 Hektar pro Tag (in Phase I, 2014–2016), über 42,5 Hektar pro Tag (Phase II, 2017–2019), 30 Hektar (Phase III, 2020–2022), 25 Hektar (Phase IV, 2023–2025) auf 20 Hektar (2026–2028) verringert wird (siehe Informationspapier Nr. 2).

In Vorbereitung auf das Feldexperiment werden von den teilnehmenden Kommunen Grundlagedaten erhoben, die für die Zuteilung der Zertifikate relevant sind. Anhand dieser Daten wird das auf Bundesebene verfolgte Reduktionsziel auf die Teilnehmer „heruntergebrochen“ und so das Gesamtbudget an verfügbaren Zertifikaten festgelegt (siehe Informationspapier Nr. 2). Darauf basierend ergibt sich die Zuteilungsmenge pro Kommune. Zudem erheben die Teilnehmer für den Simulationszeitraum 2014–2028 ihre geplanten städtebaulichen Projekte und Maßnahmen im Innen- und Außenbereich, ihr Innenentwicklungspotenzial (Brachflächen und Baulücken) und ihre Rückplanungs- und Rückbauflächen für Weiße Zertifikate (siehe Informationspapier Nr. 3, 4 und 5). Für alle Projekte wird schließlich die Anzahl der einzureichenden Zertifikate festgesetzt und ein „Fiskalwert“ berechnet, der die fiskalischen Wirkungen der städtebaulichen Maßnahmen auf den Gemeindehaushalt im Zeitablauf zusammenfasst und einen Referenzwert für die Herausbildung der Zertifikatshandelspreise bildet.

Unter Berücksichtigung dieser und weiterer Daten entsteht eine realitätsnahe Darstellung der zukünftigen Planungen aller Modellkommunen.

2.2 Grundaufbau und Spielstufen

Für die Realisierung ihrer geplanten Ausweisungen benötigen die Städte und Gemeinden verbriefte Bebauungsrechte in Form von Zertifikaten. Die Aufgabe der ausgewählten Vertreter der Kommunen besteht darin, Maßnahmen für die Umsetzung auszuwählen und diese mit einer ausreichenden Menge an Zertifikaten zu hinterlegen. Die erhobenen städtebaulichen Projekte und Maßnahmen im Innen- und Außenbereich fungieren somit als „Verhandlungsmasse“ für die teilnehmenden Kommunen. Durch das Flächensparziel und die damit begrenzte Anzahl ausgegebener Zertifikate entsteht ein Handlungs- und Entscheidungsdruck für die Teilnehmer, entweder i) über das Handelssystem die notwendige Menge an Zertifikaten zu erwerben, ii) auf Alternativen im Innenentwicklungsbereich auszuweichen oder iii) das Bauvorhaben zu verschieben oder gänzlich aufzugeben. Zudem stellt sich aus Sicht der Spieler die Frage nach der Verwendung überschüssiger Zertifikate, die entweder angespart oder verkauft werden können. Es werden 15 Handelsrunden gespielt, wobei jede Handelsrunde einem Kalenderjahr entspricht. Jede Runde besteht grundsätzlich aus drei Stufen:

Stufe 1: Primärallokation

Zur grundlegenden Einführung des Flächenhandels werden zunächst 100 Prozent der Zertifikate kostenfrei zugeteilt. Dabei kommt ein Zuteilungsschlüssel zur Anwendung, der allein auf der Einwohnerzahl beruht. In der 2. Hauptvariante wird ab dem Simulations-Jahr 2020 ein Teil der Zertifikate versteigert (siehe Informationspapier Nr. 2). Als Auktionsverfahren wird eine Einheitspreisauktion (*Uniform-Price Auction*) herangezogen, wie sie auch im Europäischen Emissionshandel Anwendung findet. Eine Einheitspreisauktion zeichnet sich dadurch aus, dass alle Bieter einen einheitlichen Preis für ein Zertifikat zahlen, wenn sie ausreichend hohe Gebote

abgegeben haben. Das Kontingent wird allein von der regulierenden Behörde bereitgestellt. Alle Bieter unterbreiten verdeckte Angebote, zu welchem Preis sie welche Menge kaufen würden. Sind alle Gebote beim Versteigerer eingegangen, werden diese von „oben nach unten“ bedient, was bedeutet, dass zunächst der Bieter berücksichtigt wird, der den höchsten Preis genannt hat. Danach wird das nächsthöchste Gebot bedient. Dieses Vorgehen wird solange fortgesetzt, bis die zu versteigernde Gesamtmenge bedient worden ist. Alle Gebote werden zu einem einheitlichen Preis ausgeführt, der dem niedrigsten Preis der bedienten Gebote entspricht. Jeder Bieter zahlt diesen Einheitspreis multipliziert mit der Zahl der an ihn zugeteilten Zertifikate. Die Auktionsgewinne fließen in der Realität an die Regulierende Behörde bzw. die öffentliche Hand und führen zu einer sogenannten „Doppelten Dividende“ aus fiskalischen Einnahmen und Erfüllung des (ökologischen) Flächensparziels. Im Experiment werden sie als hypothetische Staatseinnahmen erfasst, im weiteren Spielverlauf aber nicht ausgeschüttet.

Stufe 2: Kontinuierlicher Handel

In der zweiten Spielstufe interagieren die kommunalen Teilnehmer auf einer Handelsplattform. Ähnlich dem elektronischen Handel an der Börse ist der Zertifikatehandel als kontinuierliche Mehrgüterdoppelauktion (*Continuous Multi-Unit Double Auction*) organisiert. Dabei können alle Marktteilnehmer jederzeit als Käufer oder Verkäufer auftreten. Die Situation, dass eine teilnehmende Kommune **Zertifikate verkauft**, tritt zum Beispiel auf, wenn sie auf die Neuausweisung von Bebauungsgebieten verzichtet und das ihr zustehende Kontingent nicht in Anspruch nimmt. Auf Basis seines Zertifikatebestands kann ein Marktteilnehmer frei entscheiden, zu welchem Preis er welche Menge seines Bestands zum Verkauf anbieten möchte. Der vorab ermittelte Fiskalwert einer jeden Maßnahme dient dafür als Orientierungsanker für die Preissetzung. Ein Verkauf ist profitabel für eine Kommune, wenn der erzielte Verkaufspreis über dem alternativ zu realisierenden Maßnahmen-Fiskalwert liegt.

Gleichermaßen kann ein Marktteilnehmer, dem nicht genügend Zertifikate vorliegen, kommunizieren, zu welcher Preis-Mengen Kombination er **Zertifikate erwerben** möchte. Käufer profitieren, wenn sie Zertifikate vergleichsweise günstig zur Realisierung ihrer Bauvorhaben erwerben. Alle Kauf- und Verkaufsgebote werden ohne Zeitverzögerung und für alle Marktteilnehmer sichtbar auf der Handelsplattform angezeigt. Die Marktteilnehmer können gleichzeitig entscheiden, welche Kaufs- oder Verkaufsangebote sie annehmen möchten. Aufgrund der begrenzten Zertifikatsmenge konkurrieren sie dabei miteinander. Bei Zustandekommen eines Geschäfts wird die Zertifikatsmenge sofort aktualisiert. Über die Handelsplattform werden zudem der Preisverlauf, die umgesetzten Maßnahmen und die Transaktionen der einzelnen Kommunen dokumentiert. So entsteht ein dynamischer Marktplatz für Flächenausweisungszertifikate.

Stufe 3: Aktivierung von Baugebieten

Nach Abschluss der zeitlich begrenzten Handelsperiode folgt der Schritt der Umsetzung etwaiger Projekte und somit der **Einsatz von Zertifikaten**. Ausgegebene Flächenzertifikate sowie der An- und Verkauf derselben werden dafür in einem Depot/Flächenkonto erfasst. Den Teilnehmern werden darüber hinaus in einem Planungs-Modul alle wichtigen Informationen für ihre geplanten Entwicklungsgebiete innerhalb Simulationszeitraum von 2014 bis 2028 anschaulich zur Verfügung gestellt. Das Depot stellt während des Modellversuchs für alle teilnehmenden Kommunen auch sicher, dass es nicht zu Verstößen in Form von Ausweisungen von Bebauungsgebieten ohne entsprechende Zertifikate kommen kann.

Neben dem **Einsetzen** von Zertifikaten in der Umsetzungsperiode, können sich die Spielteilnehmer entscheiden, Zertifikate anzusparen. Beim diesem sogenannten „**Banking**“ werden Zertifikate, die in einer Handels- und Umsetzungsperiode nicht benutzt wurden, in die zukünfti-

gen Perioden übertragen. Dieses Horten von Zertifikaten kann einerseits dazu dienen, Zertifikate für besonders flächenintensive Projekte anzusparen, oder andererseits, um Handelsgewinne durch Verkauf in Perioden mit hohen Marktpreisen zu realisieren. Im Feldexperiment wird simuliert, dass die Zertifikate jährlich ausgegeben und Banking uneingeschränkt zugelassen wird, um insbesondere kleineren, ländlicheren Gemeinden das Ansparen von Zertifikaten zu ermöglichen und über den Marktpreis als Anreiz hinaus keinen zusätzlichen Druck zur Nutzung der Zertifikate aufzubauen. Eine vorgezogene Nutzung der Rechte („**Borrowing**“) ist dagegen nicht möglich, da dadurch die notwendigen Anpassungsprozesse in die Zukunft verschoben werden und somit die Zielerreichung gefährdet ist.

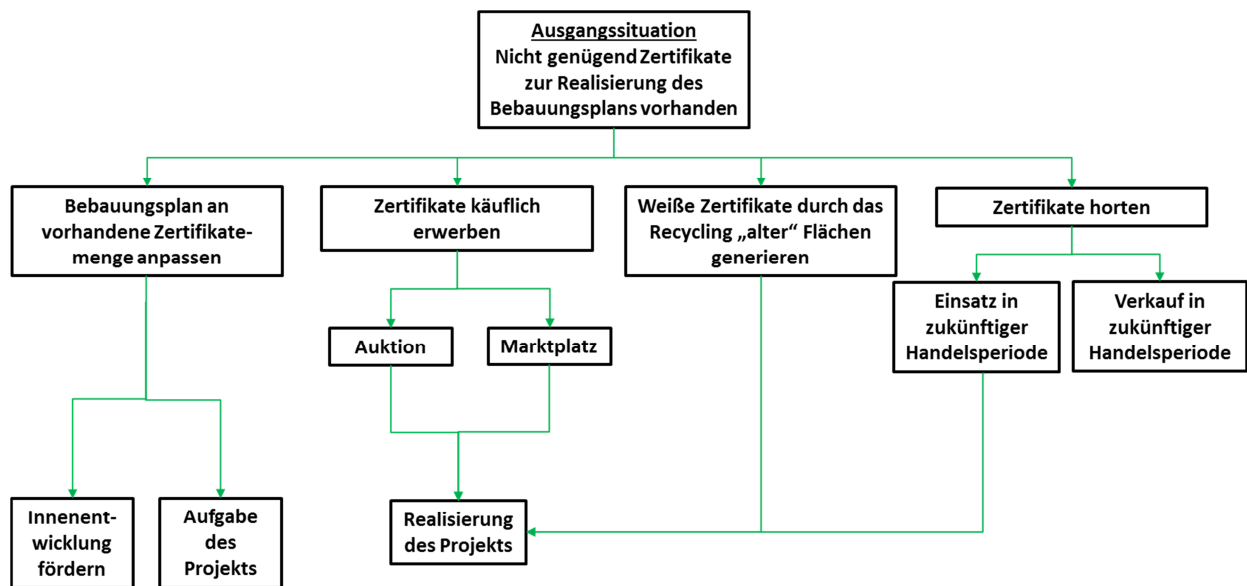
Obwohl die Zertifikatsobergrenze grundsätzlich durch das 30-Hektar-Ziel festgelegt ist, haben Teilnehmer die Möglichkeit sogenannte „**Weißer Zertifikate**“ zu generieren, um so ihre Zertifikatsmenge zu erhöhen (siehe Informationspapier Nr. 5). Weiße Zertifikate entstehen, wenn Kommunen durch eine Aufstellung, Änderung, Ergänzung oder Aufhebung eines Bebauungsplans eine Rückführung von Siedlungs- und Verkehrsflächen zu einer Agrar-, Wald- oder Freifläche nachweisen können. Die möglichen Rückplanungsgebiete sind den Teilnehmern im Planungs-Modul dargestellt. Erfolgt dort die Rückführung von Siedlungs- und Verkehrsflächen, dann erhält die Kommune die entsprechende Anzahl an Zertifikaten, die für Neubaugebiete an anderer Stelle oder zum Handel zwischen den Kommunen eingesetzt werden können. Weiße Zertifikate ermöglichen es den Kommunen somit, Rückplanungen vorzunehmen und die dabei entstehenden Zertifikate auf den Markt zu bringen oder für eigene Ausweisungen zu verwenden.

2.3 Spielstrategien

Je nach Entwicklungspotenzial und Menge der Erstzuteilung von Zertifikaten ergeben sich verschiedene Spielstrategien. Bei einer Kommune mit großem Entwicklungspotenzial werden zur Realisierung aller baulichen Maßnahmen und Projekte vermutlich nicht genügend Zertifikate vorliegen. In der Realität sollte dies im Gemeinderat und der Öffentlichkeit eine Diskussion über den Nutzen des geplanten Bebauungsplans auslösen, weil der Kauf von Zertifikaten Kosten verursacht. Im Feldexperiment ist es die Aufgabe des kommunalen Teilnehmers („Handelsbeauftragten“), diesen Diskussionsprozess zu antizipieren und im kommunalen Interesse zu handeln.

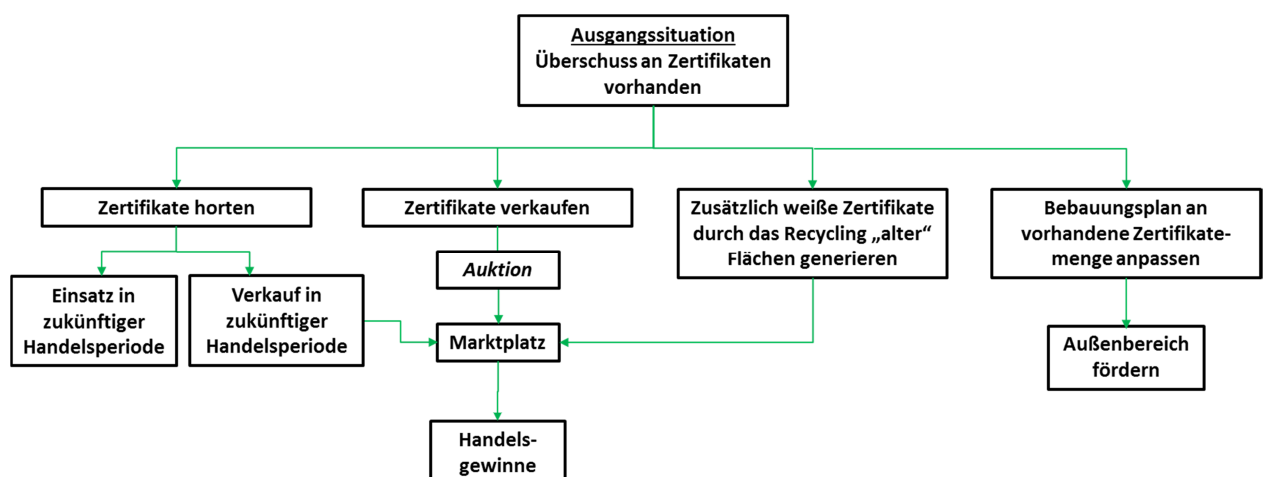
Für die Modellkommunen ergeben sich die in den Abbildungen 1 und 2 dargestellten Handlungsoptionen. Es kann der Fall eintreten, dass die Kommune das Ausmaß des Bebauungsplans an die vorhandene Zertifikatsmenge anpasst. Die Kommune kann jedoch auch zu dem Schluss kommen, dass Zertifikate hinzuzukaufen sind. Sie muss sich dann fragen, zu welchem Preis sie maximal bereit ist Zertifikate zu kaufen (*Willingness to pay*). Wenn es der Kommune gelingt, die erforderliche Zertifikatsmenge zu kaufen, kann das Bebauungsplanverfahren fort-schreiten. Gelingt es ihr nicht, muss entschieden werden, ob an dem Planvorhaben festgehalten wird und dafür Zertifikate angespart werden. Die Kommune kann alternativ beschließen, durch die Aufstellung, Änderung, Ergänzung oder Aufhebung von Bebauungsplänen Weiße Zertifikate zu generieren.

Abbildung 1: Ankaufsorientierter Aktionsraum



Gleichermaßen können sich Kommunen mit geringem Wachstumspotenzial einem Überschuss an Zertifikaten gegenübersehen. Abbildung 2 stellt die dann möglichen Handlungsoptionen dar. Dieser Aktionsrahmen bietet insbesondere schrumpfenden Regionen die Chance, durch den Verkauf überschüssiger Zertifikate Handelsgewinne zu realisieren. Ihr Zertifikatsüberschuss verleiht diesen Kommunen eine wichtige Funktion auf dem Flächenmarkt, da sie aktiv durch ihre „Akzeptanzbereitschaft“ (*Willingess to Accept*) an der Preisentwicklung beteiligt sind.

Abbildung 2: Verkaufsorientierter Aktionsraum



3 Handelsszenarien (Treatments)

3.1 Ablauf

Das kommunale Feldexperiment findet an zwei Handelstagen statt, an denen insgesamt vier verschiedene Handelsvarianten (alternativ auch Handelsszenarien oder Simulationen genannt) durchgespielt werden (Tabelle 1). Jede Simulation entspricht dem Planungszeitraum von 15 Jahren und ist auf maximal drei Stunden ausgelegt, womit die Dauer eines simulierten Handeljahres auf 4-6 Minuten bemessen ist. Es ist davon auszugehen, dass rund 80 kommunale Entscheidungsträger am Feldexperiment teilnehmen.¹

Tabelle 1: Anordnung der Szenarien an zwei Handelstagen

	1. Handelstag (23. April 2015)	2. Handelstag (11. Juni 2015)
Vormittags (ca. 2-3 h)	Briefing Simulation1: Hauptvariante (kostenlose Zuteilung) De-briefing	Briefing Simulation 3: Differenzierung De-briefing
	Pause	Pause
Nachmittag (ca. 2-3 h)	Briefing Simulation 2: Hauptvariante (Hybride Zuteilung) De-briefing	Briefing Simulation 4: Makroszenario De-briefing

Für die Simulationen 2–4 wird das Basisszenario hinsichtlich spezifischer Untersuchungsfragen und Problemstellungen in den dafür relevanten Parametern modifiziert (Tabelle 2). Um den Einfluss der veränderten Rahmenbedingungen auf die Funktionsweise und Stabilität des Flächenhandels möglichst isoliert zu erkennen, wird jeweils nur ein Parameter unter ansonsten konstanter Versuchsanordnung verändert. Die durch die Teilmärkte gewonnenen Einsichten sind für die spätere Operationalisierung des Handelssystems wichtig. Vor jeder Simulation erhalten die Teilnehmer detaillierte Instruktionen über die geänderten Rahmenbedingungen; nach jeder Simulation werden die Handelsergebnisse in einem De-briefing zur Verfügung gestellt.

Da es sehr schwierig ist, die Anreizsituation der Planer bzw. der gesamten Kommunen in einem Experiment umfassend abzubilden, wird im kommunalen Feldexperiment keine erfolgsabhängige Entlohnung der Teilnehmer nach Auswertung der Ergebnisse durchgeführt. Dies dient der Vermeidung zusätzlicher und vor allem unrealistischer Anreize, da die Entlohnung der kommunalen Akteure auch in der Realität nicht erfolgsabhängig ist. Hingegen profitieren kommunale Teilnehmer durch die umfassende und qualitativ-hochwertige Aufbereitung, der von ihnen zur Verfügung gestellten Informationen (siehe Diskussion in Abschnitt 4.2). Zu diesen „informativischen Anreizen“ zählen Wirtschaftlichkeitsanalysen für einzelne Baugebiete sowie Schulungen und Weiterbildungen für Folgekostenrechner. Außerdem erhalten die Teilnehmer während der Handelstage den informativischen Anreiz, ein ausgeglichenes Budget zu erzielen, indem ihnen der Saldo aus dem Zertifikatehandel und den Fiskalwerten der realisierten Bebauungspläne übermittelt wird. Die Teilnehmer beginnen daher jede Simulation mit einem „leeren“ Konto und

¹ Einige der 100 Modellkommunen sind Gemeindeverbände, die sich aus mehreren unabhängigen Teilgemeinden zusammensetzen aber im Feldexperiment von einem Handelsvertreter repräsentiert werden.

können dieses beliebig zinslos überziehen. Da das kommunale Feldexperiment nicht kontrolliert im Labor, sondern dezentral über eine Webschnittstelle durchgeführt wird, wird ein „virtueller Warteraum“ zur Verfügung gestellt.

3.2 Simulation 1: Hauptvariante (Kostenlose Zuteilung)

Die erste Simulation testet diejenige Variante, die aus politikökonomischer Sicht sehr wahrscheinlich bei einer Umsetzung eines Flächenzertifikatesystems zur Anwendung kommen würde. Der gesetzte Rahmen orientiert sich an dem 30-Hektar-Ziel und berücksichtigt darüber hinaus, dass bei langfristig konstanter oder rückläufiger Bevölkerungsentwicklung vollständig auf die Inanspruchnahme neuer Siedlungs- und Verkehrsflächen verzichtet werden soll. Der Flächenhandel beginnt annahmegemäß im Jahr 2014 mit einer Obergrenze für die Flächenneuanspruchnahme von 55 Hektar pro Tag. Das Flächensparziel wird dann schrittweise über den 15-jährigen Simulationszeitraum über 30 Hektar pro Tag (ab 2020) auf schlussendlich 20 Hektar pro Tag reduziert.

Die Erstverteilung der Zertifikate erfolgt in dieser Variante dauerhaft kostenlos. Hierdurch kann es gelingen, eine relative hohe Akzeptanz bei den Städten und Gemeinden zu erreichen, da keine Einnahmen aus Auktionen an eine höhere föderale Ebene fließen, sondern auf der kommunalen Ebene verbleiben. Bei einer vollständig kostenlosen Zuteilung entsteht ein Ausgleichssystem zwischen den Kommunen, welches Mittelflüsse von expandierenden zu schrumpfenden Regionen auslöst. Die Möglichkeit den Flächenhandel hierdurch als ein reines „Ausgleichssystem“ ohne Einnahmen auszugestalten unterscheidet unter anderem die Mengensteuerung von der optionalen Baulandausweisungsumlage (Preissteuerung) und kann als ein wesentlicher Vorteil gesehen werden.

3.3 Simulation 2: Hauptvariante (Hybride Zuteilung)

Auch in der zweiten Hauptvariante erfolgt die Erstverteilung aus Gründen der Akzeptanz zunächst vollständig kostenlos. Jedoch wird nun nach einer Etablierung des Marktes die nicht-kostenlose Zuteilung sukzessive via Auktionen ersetzt. Dieses stufenweise Vorgehen wird auch bei den bisher eingesetzten Handelssystemen wie dem SO₂-Allowance Trading System in den USA oder dem Europäischen Emissionshandel vorgenommen. Beginnen werden die Auktionen in Phase III (2020–2022). Zunächst wird ein Anteil von 20 Prozent der Zertifikate am Gesamtkontingent meistbietend versteigert. In den folgenden Phasen wird der Anteil Schritt für Schritt jeweils um 20 Prozentpunkte angehoben, so dass in Phase IV (2023–2025) 40 Prozent und schließlich in Phase V (2026–2028) 60 Prozent des Gesamtumfangs ausgegebener Zertifikate entgeltlich versteigert werden (siehe Informationspapier Nr. 2).

Ab dem Jahr 2020 erfolgt demnach die Erstzuteilung der Zertifikate nach zwei Verfahren (Hybride Zuteilung). Es existieren dann zwei Marktinstitutionen, über die nacheinander Zertifikate erworben werden können: ein vorgelagerter Auktionsmarkt zur reinen Beschaffung über die Einheitspreisauktion und ein Haupthandelsmarkt (Spotmarkt) zum An- und Verkauf von Zertifikaten, der über eine kontinuierliche Mehrgüter-Doppelauktion abgewickelt wird. Die Ko-Existenz der beiden Marktinstitutionen erhöht den Komplexitätsgrad des Handelssystems und kann folgende Effekte induzieren:

- Eine Handelspräsenz auf beiden Märkten ermöglicht Arbitragegewinne, wie sie durch den Weiterverkauf ersteigter Zertifikate generiert werden können. Dadurch steigt das spekulative Handelsvolumen potentiell an und es kann ein Überschussangebot auf dem Spotmarkt entstehen.

- Ebenso denkbar ist ein Aufschlag der Beschaffungskosten aus dem Auktionsmarkt (zusätzlich zu den Opportunitätskosten einer Zertifikatsanspruchnahme) auf den Zertifikatspreis, der zu Preissteigerungen im Spotmarkt führt (Pass-through).
- Je nach vorherrschender Marktmacht einzelner Teilnehmer kann dies initial zu Effizienzverlusten führen, die aber im Zeitverlauf durch Lerneffekte wieder ausgeglichen werden können.

Ziel dieser Simulation ist es, die Interaktionen innerhalb und zwischen den beiden Märkten zu untersuchen und praktische Einsichten in das Marktverhalten zu erhalten.

3.4 Simulation 3: Differenzierung

In der dritten Simulation sollen mögliche Differenzierungsformen eines Zertifikatesystems untersucht werden. Mit einer sachlichen Differenzierung nach verschiedenen Nutzungsarten innerhalb der Siedlungs- und Verkehrsflächen wird die Absicht verfolgt, eine Konkurrenz zwischen sachlich verschiedenen Flächennutzungen (insbesondere Wohn- vs. Gewerbeflächen) zu vermeiden und Einfluss auf die Struktur neu besiedelter Flächen zu nehmen. Bei einer räumlichen Differenzierung werden dagegen bestimmte räumliche Teilmärkte geschaffen. So kann zum Beispiel der freie Handel nur auf Ebene der Bundesländer oder Planungsregionen zugelassen werden. Alternativ könnten auch Teilmärkte für Siedlungsachsen geschaffen werden. Jede Differenzierung ermöglicht eine genauere Feinsteuerung der Siedlungsentwicklung, geht aber mit ökonomischen Effizienzverlusten einher. Es wird daher wichtig zu überprüfen, wie stark welche Effekte wiegen, um Empfehlungen über die möglichen Differenzierungsoptionen abgeben zu können.

Bei der im Modellversuch überprüften sachlichen Differenzierung werden zwei parallele Märkte geschaffen: einen für Wohngebiete und einen für Gewerbegebiete. Die Differenzierung berücksichtigt, dass mit unterschiedlichen Nutzungsarten auch verschiedene Nutzungsintensitäten und Umweltbeeinträchtigungen einhergehen. Darüber hinaus wird eine Konkurrenz von Ausweisungen zwischen Wohn- und Gewerbenutzung vermieden. Anstatt sich zwischen der Realisierung von Wohn- oder Gewerbefläche zu entscheiden, können Rechte so auf zwei Märkten parallel zu durchaus unterschiedlichen Preisen gehandelt werden.

Ein rationaler Marktteilnehmer ohne spezifische Präferenzen für einen Zertifikatetyp wird im Rahmen einer Differenzierung stets auf dem Markt mit den für ihn geringeren Opportunitätskosten verkaufen und auf dem anderen Markt Zertifikate zur Projektrealisierung erwerben. Sachliche Differenzierung erhöht demnach theoretisch die Handelsgewinne und das Handelsvolumen des Markts. Nachteile sind die Erhöhung des Komplexitätsgrads des Handelssystems, ein Anstieg des Spekulationsrisikos und der damit verbundene Kontrollverlust durch etwaige Marktmacht einzelner Marktteilnehmer. Die Untersuchung der Bedeutung dieser Vor- und Nachteile stehen in dieser Simulation im Vordergrund.

3.5 Simulation 4: Makroszenario

Eine plötzliche Veränderung der (makro-)ökonomischen Rahmenbedingungen kann unmittelbaren Einfluss auf die Zertifikatsnachfrage und die effektive Flächeninanspruchnahme haben. Zu solchen Veränderungen gehören auf globaler Ebene Wirtschaftskrisen oder militärische Konflikte, auf regionaler Ebene Naturkatastrophen oder aber auch die plötzliche Abwanderung eines bedeutenden Arbeitgebers in einer Kommune. Im Zuge von konjunkturellen Entwicklungen ist

die Bautätigkeit und die Nachfrage nach Gewerbeflächen generell sehr starken Schwankungen ausgesetzt.

Im Vergleich zu einer Baulandausweisungsumlage oder starren Mengenvorgaben ohne Handelsmöglichkeit bietet der Flächenhandel den Kommunen die Möglichkeit schnell und flexibel auf sich ändernde Rahmendbedingungen zu reagieren. Bei starken Nachfragerückgängen besteht jedoch die Gefahr eines starken Preisverfalls, der die Vermeidungskosten so weit reduziert, dass das Handelssystem seine Lenkungsfunktion nicht mehr erfüllen kann.

Untersucht wird im Rahmen dieser Simulation, ob durch die Einführung handelbarer Ausweisungsrechte flexiblere und auch schnellere Anpassungsprozesse bei Makroschocks erfolgen und wie robust das Handelssystem unter Unsicherheit ist. Des Weiteren wird untersucht, ob es zu Härtefällen führt, um entsprechend Kriterien für die Zuerkennung von Sonderbedarfen formulieren zu können.

Tabelle 2: Überblick über die Simulationen

Simulation	Merkmale des Handelsszenarios	Adressierte Fragestellung	Umsetzung	Hypothese	Indikatoren	Methodik
Simulation 1: Hauptvariante (Kostenlose Zuteilung)	• Zeitraum 2014–2028 • Kostenlose Erstzuteilung nach degressivem Bevölkerungsschlüssel	Wie agieren die Kommunen im Flächenhandel? Wie volatil schwankt der Preis um den Gleichgewichtspreis?	Kostenlose Erstzuteilung nach degressivem Bevölkerungsschlüssel	Zwei Märkte für ein Gut führen im Zuge von Lerneffekten zu Arbitragestrategien (Ausnutzen von Preisdifferenzen zwischen den Teilmärkten)	• Handelsvolumen • Preisniveau • Spekulation	• an einem Handelstag (23.04.2015) • jeweils ein Durchgang à 80 Probanden • Statist. Testverfahren: Wilcoxon-Test für Paardifferenzen
Simulation 2: Hauptvariante (Hybride Zuteilung)	• Zeitraum 2014–2028 • Sukzessive Ersetzung der kostenlosen Erstzuteilung nach degressivem Bevölkerungsschlüssel mit Auktionen	Welchen Einfluss hat die Erstzuteilung der Kontingente auf Effizienz des Handelssystems und Preisentwicklung?	Versteigerungen ab 2020; Phase III (2020–2022): Anteil 20 % Phase IV (2023–2025): Anteil 40 % Phase V (2026–2028): Anteil 60 %	Zwei Märkte für ein Gut führen im Zuge von Lerneffekten zu Arbitragestrategien (Ausnutzen von Preisdifferenzen zwischen den Teilmärkten).	• Handelsvolumen ↑ • Preisniveau ↑↓ • Spekulation ↑	
Simulation 3: Differenzierung	• Zeitraum 2014–2028 • Hauptvariante + Sachliche Differenzierung nach Gewerbe und Wohneinheiten	Welchen Einfluss hat eine sachliche Differenzierung der Zertifikate nach Gewerbe- und Wohneinheiten auf die Art der Flächeninanspruchnahme?	Zwei verschiedene Zertifikatssysteme und zwei Handelsplattformen	Zwei Märkte für zwei Güter führen zu Preisdifferenzierung und höherem Effizienzgrad in jedem Teilmarkt.	• Handelsvolumen ↑ • Handelsgewinne ↑ • Spekulation ↑ • Siedlungsentwicklung (+)	• an einem Handelstag (11.06.2015) • Durchgang à 80 Probanden • Statist. Testverfahren: Wilcoxon-Test für Paardifferenzen
Simulation 4: Makroszenario	• Zeitraum 2014–2028 • Hauptvariante + Simulation eines exogenen makroökonomischen Schocks	Kommt es zu störenden Preisschwankungen durch exogene Einflüsse? Wie robust ist das Handelssystem?	Einmalige symmetrische Veränderung der Fiskalwertanalyse und damit der Preisbemessungsgrundlage	Handelssystem ermöglicht schnelle Anpassung an Schocks, je nach Schwere Härtefallkontingente nutzen.	• volatiles Handelsvolumen ↑↓ • volatiles Preisniveau ↑↓	

4 Ergänzende Experimente

4.1 Dreidimensionales Untersuchungsdesign

Um das Flächenhandelssystem methodisch stärker zu fundieren und die Robustheit der Ergebnisse besser einschätzen zu können, wird das **Feldexperiment mit kommunalen Vertretern** durch zwei weitere Versuchsreihen ergänzt. Hierbei handelt es sich zum einen um ein **studentisches Kontrollexperiment** auf Basis der gleichen Online-Handelsplattform und zum anderen um **studentische Laborexperimente** in einem leicht modifizierten experimentellen Setting (Tabelle 3).

Tabelle 3: Dreidimensionales Untersuchungsdesign und zentrale Fragestellungen

	Feldexperiment Kommunen	Kontrollexperiment Studierende	Studentische Laborexperimente
Zentrale Merkmale	• Web-basiert • Dezentral / Vor Ort • Keine monetären Anreize • Ca. 80 Probanden	• Web-basiert • Zentral (Karlsruhe) • Monetäre Anreize • Ca. 80 Probanden	• Computerlabor • Zentral (Göttingen) • Monetäre Anreize • 300 bis 400 Probanden
Simulation 1: Hauptvariante (Kostenlose Zuteilung)	Wettbewerbs- und Preiseffekte verschiedener Zuteilungsmechanismen (Auktion/freie Zuteilung/hybride Formen)		
Simulation 2: Hauptvariante (Hybride Zuteilung)	Wettbewerbs- und Preiseffekte verschiedener Zuteilungsmechanismen (Auktion/freie Zuteilung/hybride Formen)		
Simulation 3: Differenzierung	Wettbewerbs- und Preiseffekte von Marktdifferenzierungen		
Simulation 4: Makroszenario	Wettbewerbs und Preiseffekte von Makroschocks in Form von Demografie- und Konjunkturunbrüchen		

Das studentische Kontrollexperiment

Die für die praktische Erprobung des Flächenhandels wichtigen Szenarien werden sowohl von kommunalen Teilnehmern als auch von studentischen Probanden durchgespielt, um ein Maximum an vergleichbaren Daten zu generieren. Daher werden die vier Handelsszenarien aus dem kommunalen Feldexperiment mit studentischen Teilnehmern auf Basis der gleichen Online-Handelsplattform sowie unter Bereitstellung derselben Informationslage und Teilnehmerzahl dupliziert. Bei der Analyse der Ergebnisse können somit die Unterschiede zwischen den Sitzungen (Kommunalvertreter vs. Studenten), die Unterschiede zwischen den verschiedenen Simulationen und die Unterschiede zu den theoretischen Referenzwerten betrachtet und analysiert werden. Analog zum Feldexperiment wird jede Simulation von denselben 80 studentischen Probanden gespielt.

Die studentischen Laborexperimente

Im Rahmen des dreidimensionalen Versuchsaufbaus finden auch Laborexperimente unter speziellen, für das Experiment geschaffenen Rahmenbedingungen, statt. Der Vorteil von Laborexperimenten liegt in dem hohen Grad der Kontrollierbarkeit, und der Möglichkeit die Existenz und

das Ausmaß gefundener Effekte isolieren zu können und alternative Einflüsse ausschließen zu können (interne Validität). Feldexperimente finden dagegen unter „natürlichen“ bzw. „realen“ Bedingungen statt. Ihr Vorteil liegt in der Realitätsnähe und der besseren Verallgemeinerungsfähigkeit (externe Validität). In der Laborversuchsreihe werden theoretisch bedeutsame Fragen des Handelssystems adressiert, die sowohl dem wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn im Forschungsfeld Zertifikatsmärkte als auch zur Vorbereitung und Flankierung der Feldexperimente dienen. Für die Feldexperimente steht nur ein begrenzter Zeitraum mit Akteuren zur Verfügung, der aufgrund der beruflichen Einbindung auch nicht erweiterbar ist. Viele Fragen müssen deshalb in Laborexperimenten vorab adressiert werden, die deutlich weniger aufwändig sind, um die Fragestellung für das Feldexperiment richtig zuspitzen zu können (Experimente 1 und 2) bzw. abrunden zu können (z. B. Experiment 3). Gegebenenfalls kommen weitere Experimente hinzu.

Untersuchungsgegenstände für die studentischen Laborexperimente sind in

- Experiment 1: Im ersten Experiment, das drei Treatments umfasst, soll die Effizienzwirkung verschiedener Zuteilungsmechanismen bei Flächenzertifikaten untersucht werden. Die Treatments unterscheiden sich entsprechend der beschriebenen Zuteilungsmechanismen. Die hergeleiteten optimalen Allokationen dienen dabei als Benchmark für die Ergebnisse sowie die weiteren Experimente.
- Experiment 2: Im zweiten Experiment wird die Wirkung exogener Schocks auf die Effizienz eines Zertifikatsystems untersucht. Das grundlegende Design aus Experiment 1 wird dabei nicht verändert. Die exogenen Schocks werden im Kontext eines gemischten Zuteilungsmechanismus untersucht. Den studentischen Probanden ist dabei nicht bekannt in welcher Form und zu welchem Zeitpunkt ein exogener Schock eintritt, aber sie wissen, dass es mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zu einem Schock kommen kann. Schocks sind damit nicht vorherzusehen. Es sollen zwei verschiedene exogene Schocks untersucht werden: demografische Abwanderung und konjunktureller Einbruch.
- Experiment 3: Eine Besonderheit eines Zertifikatsystems im Bereich Flächenhandel ist durch den handelnden Akteur „die Kommune“ gegeben. Während bei etablierten Regulierungen über die Ausgabe von Zertifikaten von Unternehmensakteuren, die streng gewinnorientiert handeln, ausgegangen werden muss, kann bei Kommunen eine Eigennutzorientierung der konkret handelnden Personen erwartet werden. Dieses Experiment stellt die Frage nach den Folgen politökonomischer Einflüsse, wie Reputationsstreben und politische Konjunkturzyklen. Unter der Annahme eigennutzorientierter Akteure, fallen der erzielte Nutzen und damit auch das optimale Verhalten nach dem Kalkül der Agenten (Bewohner) nicht mehr mit dem des Prinzipals (Kommune) zusammen. Die Folgen dieser Divergenz der Anreize für das Handelssystem werden in diesem Experiment beleuchtet.

Aufgrund der Kapazitätsbegrenzung des Labors wird die Marktgröße auf 6 Teilnehmer reduziert. Der Simulationszeitraum von 15 Runden wird beibehalten, die Gesamtdauer einer Simulation aufgrund des kleineren Markts jedoch auf 1,5 Stunden verkürzt. Darüber hinaus werden die studentischen Probanden erfolgsabhängig entlohnt.

4.2 Methodische Unterschiede zwischen Kommunalvertretern und studentischen Probanden

Obwohl sie grundsätzlich darauf angelegt sind, die gleichen Entscheidungsabläufe und Rahmenbedingungen abzubilden, gibt es zwischen kommunalen und studentischen Probanden methodisch bedingte und inhaltliche Unterschiede, die erwartungsgemäß zu unterschiedlichen Ergebnissen führen werden.

Ein grundsätzliches Merkmal von Laborexperimenten ist, dass es bei den Probanden einzig durch die verhaltensabhängige Entlohnung Präferenzen induziert. Unter der Annahme, dass mehr Entlohnung weniger Entlohnung vorzuziehen ist, werden alle anderen Präferenzen und Vorprägungen neutralisiert. Im Gegensatz zu den Sitzungen mit den kommunalen Vertretern erhalten die Studierenden eine erfolgsabhängige Bezahlung, die versucht die verschiedenen Motive der kommunalen Handelsvertreter abzubilden.² Daher werden Studierende ihre Entscheidungen aufgrund der monetären Anreizsituation eher auf Opportunitätskostenüberlegungen stützen, wohingegen kommunale Vertreter über Hintergrundinformationen sowie intrinsische Motivation verfügen, die Studierende im Labor in der Regel nicht besitzen. Da Planer zudem nicht nur nach fiskalischen Gesichtspunkten, sondern auch nach anderen Kriterien wie zum Beispiel stadtplanerischen Erwägungen oder politischen Prioritäten gewohnt sind zu entscheiden, kann ihr Handelsziel von dem der Gewinnmaximierung der Studierenden abweichen. Dies kann zur Realisierung von fiskalisch unrentablen Projekten im Feldexperiment führen, eine derartige Baumaßnahme wäre jedoch irrational im studentischen Laborexperiment. Darüber hinaus ist das Spekulationsmotiv zur Realisierung von Arbitragegewinnen weniger bedeutsam für Planer als Studierende.

Bedingung für ein System der erfolgsabhängigen Belohnung im Labor ist die Bereitstellung eines begrenzten Startguthabens für jeden Probanden (*Show-up fee*), mit welchem der Handel zumindest initial finanziert wird. Dies unterscheidet das Laborszenario vom Feldexperiment, wo den teilnehmenden Kommunen theoretisch unbegrenzte finanzielle Mittel für den Handel zur Verfügung stehen und die Fiskalwertanalyse einer jeden Baumaßnahme sowie die politischen und planerischen Erwägungen Einfluss auf die Preisbildung haben. Die fehlende Budgetbeschränkung kann zu Unterschieden in den zu beobachtenden Größen führen.

² Dagegen wird im Feldexperiment mit den Kommunen kein monetärer Anreiz gesetzt, da die Ergebnisse der fiskalischen Wirkungsanalyse die reale Entscheidungssituation der Planer nur sehr schwer realistisch abbilden können. In der Praxis hängen sowohl das Gehalt als auch die Motivation eines Planers nicht von den fiskalischen Effekten eines Baugebiets ab. Darüber hinaus werden Flächennutzungsentscheidungen von Planern nur vorbereitet. In der Praxis nehmen die Planungsämter zwar eine Schlüsselrolle bei der Bereitstellung neuen Baulandes ein. Letztendlich werden aber alle flächenpolitischen Beschlüsse von den Gemeinden oder Stadträten getroffen. Bevor dies geschieht, wird für gewöhnlich ein langandauernder Entscheidungsprozess mit vielen beteiligten Akteursgruppen durchlaufen. Die institutionellen Rahmenbedingungen unterscheiden sich dabei von Kommune zu Kommune erheblich.

5 Auswertung

5.1 Bewertung

Jedes Experiment ist anhand einer Reihe von Erfolgskriterien bzw. Messindikatoren zu erfassen, um das beobachtete Verhalten der Marktteilnehmer sowie die erzielten Marktergebnisse bewerten zu können. Die Kriterien ermöglichen es abzuschätzen, mit welchem Handelssystem im Kontext der Flächenausweisung welche Folgen einhergehen. Anhand dieser Kriterien lässt sich auch beurteilen, ob ein Handelssystem anderen Politikinstrumenten überlegen ist. Nach jeder Simulationsrunde werden dafür die erspielten Daten mit Hilfe von Messindikatoren ausgewertet. Dabei stehen aus ökonomischer Sicht die Preisentwicklung, die erreichten Effizienzgewinne und das Abschneiden der Kommunen im Vordergrund. Aus raumplanerischer Sicht interessiert insbesondere die Art der Maßnahmen, die unter den Bedingungen des Handelssystems umgesetzt wurden im Vergleich zum „Referenz-Set“ von Maßnahmen ohne Handel. Die Ergebnisse werden den Teilnehmern vorgestellt, um Lerneffekte zu ermöglichen.

Die Kommunalvertreter erhalten die Ergebnisse aus dem Feldexperiment in einem kurzen Papier von maximal zwei bis drei Seiten. Ergänzend dazu werden im Herbst 2015 drei regionale Workshops durchgeführt, in denen den teilnehmenden Kommunen die Ergebnisse des Feldexperiments präsentiert und zur Diskussion gestellt werden.

5.2 Indikatorenset

Um die Handelsergebnisse zu bewerten, werden die folgenden Messindikatoren aus den Handelsdaten errechnet:

Theoretisches Optimum mit Handel (π_{CE})

Auf Basis des Flächenminderungsziels und der mit Fiskalwerten hinterlegten städtebaulichen Maßnahmen wird das theoretische Optimum des Flächenhandels ermittelt. In diesem theoretischen Optimum werden die Entwicklungsmaßnahmen umgesetzt, die zusammen den höchsten aggregierten Barwert ergeben und gleichzeitig das Reduktionsziel für die Flächenneuausweisung und die Entwicklungsziele jeder Kommune erfüllen.

Theoretisches Optimum ohne Handel (π_{OH})

Zudem wird das Optimum ohne Handel berechnet. Dies entspricht der Summe der eingelösten Barwerte, wenn jede Kommune eigenständig ihr – durch den Zuteilungsschlüssel vorgegebenes – Minderungsziel ohne Handel erfüllt. Dazu werden die Kommunen gebeten, diejenigen Maßnahmen auszuwählen, die sie unter Einhaltung ihres individuellen Minderungsziels entwickeln würden.

Summe der tatsächlich eingelösten Barwerte (π)

Nach Durchführung jeder Simulationsrunde wird die Summe der tatsächlich eingelösten Barwerte berechnet. Resultierend aus den eingesetzten Zertifikaten ist sie eine Maßzahl für die Flächeninanspruchnahme.

Effizienzgrad

Der Effizienzgrad ist eine Prozentzahl, die angibt, wie nah die teilnehmenden Akteure durch ihre Flächeninanspruchnahme und die entsprechende Zertifikatsnutzung an das theoretische Opti-

mum mit Handel herangekommen sind. Dies ist ein Gradmesser für die Leistungsfähigkeit der Marktinstitution, des Handels und der Auktion.

$$\text{Effizienzgrad} = \frac{\text{Summe der tatsächlich eingelösten Barwerte}}{\text{Theoretisches Optimum mit Handel}} = \frac{\pi}{\pi_{CE}}$$

Handelsgewinne

Zur Beurteilung des Handels gegenüber einem Kontingentierungssystem ohne Handel – also einem System welches jeder Kommune eine verbindliche Grenze der Neuausweisung fest auf-erlegt – werden die Handelsgewinne (*gains of trade*) herangezogen. Die theoretisch maximal möglichen Handelsgewinne ergeben sich aus der Differenz zwischen dem Wert der Entwicklungsmaßnahmen, die im Optimum mit Handel umgesetzt werden, und dem Wert der Entwicklungsmaßnahmen, die im Optimum ohne Handel zum Einsatz kommen.

$$\begin{aligned} \text{Handelsgewinn} &= \frac{\text{Summe tatsächlich eingelöster Barwerte} - \text{Theoretisches Optimum ohne Handel}}{\text{Theoretisches Optimum mit Handel} - \text{Theoretisches Optimum ohne Handel}} \\ &= \frac{\pi - \pi_{OH}}{\pi_{CE} - \pi_{OH}} \end{aligned}$$

Der Handelsgewinn misst somit den prozentualen Anteil des tatsächlichen am theoretisch möglichen Handelsgewinn. Ohne Handel betrüge die Maßzahl demzufolge Null. Je näher die Simulationsergebnisse am theoretischen Optimum mit Handel liegen, desto mehr nähern sich die Handelsgewinne der Zahl 1 an.

Handelsvolumen und Spekulation

Das Handelsvolumen beschreibt die Summe aller Transaktionen (Käufe und Verkäufe) im kontinuierlichen Handel während der Simulation. Hierbei lässt sich zwischen dem gesamten Handelsvolumen und den Netto-Transaktionen unterscheiden (Handelsbilanz), da der Handel allen Teilnehmern den Kauf und den Wiederverkauf von Rechten erlaubt. Eine Handelsbilanz ist negativ, wenn die Zahl der Zertifikatskäufe die Zahl der -verkäufe übersteigt. Hingegen ist die Handelsbilanz positiv, wenn ein Spieler mehr Zertifikate verkauft, als er kauft. Die Differenz zwischen dem gesamten und dem Nettotransfervolumen gibt an, wie viel Spekulation stattgefunden hat. Als Spekulation wird bezeichnet, wenn Zertifikate in der Annahme ge- oder verkauft werden, dass sie sich in absehbarer Zeit im Wert verändern, und dann gewinnbringend ver- oder gekauft werden können.

Preise und Preisentwicklung

Die Preisentwicklung wird durch die gezahlten Preise pro Zertifikat beschrieben. Diese geben Aufschluss darüber, ob der Handel funktionsfähig ist und die Marktteilnehmer durch den laufenden Handel die realen Knappheitspreise erreichen können. Der Indikatorpreis setzt die Differenz der Barwerte zweier alternativer Maßnahmenbündel in Relation zum Mehrbedarf an Zertifikaten. Er gibt damit das Niveau des Marktpreises für Zertifikate an, ab dem das Maßnahmenbündel mit geringerem Zertifikatebedarf dem alternativen Maßnahmenbündel vorzuziehen ist.

Siedlungsentwicklung

Anhand der für die Baugebiete genutzten Flächenzertifikate wird untersucht, ob an den richtigen Standorten auf die Entwicklung eines Baugebietes verzichtet wird und es zu einer effizienten Verteilung der Vermeidungs- und Anpassungsaktivitäten kommt.

Banking Rate und Anzahl weißer Zertifikate

Für jedes simulierte Jahr kann eine Banking Rate bestimmt werden, die anzeigt, wie groß der Anteil der Rechte ist, die in einem Jahr nicht eingesetzt und auf das nächste Jahr übertragen wurden. Hierdurch lässt sich zeigen, welche zeitlichen Präferenzen die Teilnehmer verfolgen. Darüber hinaus ist die Anzahl der pro Periode geschaffenen weißen Zertifikate wichtig zur Beurteilung ihrer instrumentellen Relevanz und für die Untersuchung etwaiger periodenbezogener Preissenkungseffekte.

Marktmacht

Durch Unterschiede in der initialen Zuteilungsmenge kann es dazu kommen, dass die mit Überschusszertifikaten ausgestatteten Spieler den Zertifikatspreis zu ihren Gunsten beeinflussen. Um Asymmetrien in der Marktmacht einzelner Teilnehmer zu bewerten, wird der Gewinn der starken Marktseite berechnet, der sich aus den Einnahmen aus den Baugebieten, dem Handelssaldo und dem Wert des Rechtebestandes nach der letzten Handelsrunde zusammensetzt. Der aus diesen Werten gebildete Index für die Marktmacht gibt dann an, wie viel dieser Gewinne auch tatsächlich während des Experiments umgesetzt wurde.

Marktmacht

$$= \frac{\text{Summe tatsächlich eingelöster Barwerte} - \text{Theoretisches Optimum mit Handel}}{\text{Theoretisches Optimum mit Marktmacht} - \text{Theoretisches Optimum mit Handel}}$$