

## **Kolloquium: “ Konzeption und Realisierung eines E-Learning Planspiels zur Erlernung der Mechanismen des Emissionshandels“**

**Bastian Müller**

**Mittwoch, 17. Januar 2007**

*Zusammenfassung:*

Die Klimaerwärmung findet in den Medien in den letzten Jahren erhöhte Aufmerksamkeit. Viele Mechanismen die den Treibhauseffekt vorantreiben wurden entdeckt und mit dem Kyoto-Protokoll wurde ein Versuch gestartet, diesen einzudämmen. Auch wenn die Wissenschaft nicht alle Zusammenhänge erklären kann, wird doch angenommen, dass der CO<sup>2</sup> - Ausstoß des Menschen durch Industrie, Landwirtschaft und Verkehr für die Klimaerwärmung mit verantwortlich ist.

Das *Kyoto-Protokoll* sieht den Einsatz von flexiblen Mechanismen zur Emissionsreduzierung vor. Einer dieser Mechanismen ist der Emissionshandel.

Mit diesem werden Unternehmen die ihre Emissionen zu niedrigen Kosten senken können, dies im verstärkten Maße tun um dann die Emissionsrechte, die sie somit über ihren eigenen Emissionsminderungsziel erworben haben, an Unternehmen zu verkaufen deren Emissionsreduktionen teurer sind.

Der Handel dieser Emissionsrechte wird in dem, in der Diplomarbeit vorgestellten und realisierten, Programm EHS simuliert.

EHS grenzt sich von anderen Emissionshandelsimulationen dadurch ab dass es sich auf den Emissionshandel konzentriert ohne eine zu hohe Komplexität aufzuweisen. Dies führt zu einer steilen Lernkurve bei den Teilnehmern. Es ist schnell erlernbar und setzt sehr wenig Vorwissen voraus.

EHS ist ein Planspiel welches mehreren Mitspielern oder auch einem Einzelspieler die Möglichkeit gibt, ein Unternehmen zu leiten und innerhalb dieses Systems Emissionshandel zu führen und damit die Mechanismen des Emissionshandels zu erlernen.

*Vier Prämissen* sind bei EHS besonders beachtet:

- Das Spielelement
- Die Steuerung
- Die technische Umsetzung
- Der Lerneffekt

Um eine Motivation über den Lerneffekt hinaus zu geben, eine Simulation zu bedienen, ist EHS so konzipiert, dass die Teilnehmer ihren Spielerfolg an ihrem Punktestand bemessen können. An diesem ist ersichtlich, ob der Spieler Emissionshandel betrieben hat um seine Gesamtsituation zu verbessern. Je höher die Punktezahl, desto effektiver war die Nutzung dieses Instruments. Dadurch wird bei den Teilnehmern der *Spieltrieb* geweckt.

Die *Navigation und Steuerung* von EHS ähnelt dem Aufbau von Webseiten und anderen Browserspielen. Durch diese Ähnlichkeiten sinkt die Einarbeitungszeit in das Programm, da Standardformen, wie Buttons und Eingabefelder schnell als solche erkannt werden.

Bei der *technischen Umsetzung* wurde auf Portabilität, Erweiterbarkeit und Wartbarkeit Wert gelegt. EHS setzt sich aus der Scriptsprache PHP, HTML und einer SQL-Datenbank zusammen. Diese Technologien sind frei verfügbar und allgemein bekannt. Gerade die SQL-Datenbank lässt sich gut mit externen Programmen warten, da hier viele Schnittstellen bereits genutzt werden. PHP bietet viele Möglichkeiten Webseiten dynamisch zu gestalten und dabei mit der Datenbank zu interagieren.

EHS wird über den Webbrowser gespielt, ein derartiges Programm ist mittlerweile auf den meisten Computern installiert.

*Drei Hauptlernziele* werden bei der Durchführung von EHS angestrebt:

- Den gesamtwirtschaftlichen Mechanismus des Emissionshandels zu vermitteln.
- Den Teilnehmern die Möglichkeiten von Kommunikation zu zeigen.
- Zu zeigen, dass eine mathematische Entscheidungsgrundlage großen wirtschaftlichen Nutzen haben kann.

Die gesamtwirtschaftlichen Mechanismen werden schnell und als erstes vermittelt. Nur wenige Spielrunden sind nötig, um zu zeigen, dass die Mechanismen des Emissionshandels greifen. Die Kostenersparnis ist, durch die Punktezahl, direkt ersichtlich. Im zweiten Schritt realisieren die Spieler ähnlich schnell die Möglichkeit die eigenen Kosten zu minimieren indem sie mit den Mitspielern kommunizieren. Gespräche über die Minderungsstrukturen und die Preisfindung können mit Mitspielern gehalten werden. Damit verringert sich die Gefahr am Ende der Abrechnungsperiode mit Emissionsrechten unterdeckt zu sein, wenn die Mitspieler z.B. die Anzahl der zum Verkauf stehenden Emissionsrechte bekannt geben.

Ein wichtiger Lerneffekt ist, dass die Mitspieler versuchen sich eine Prognose des jeweils nächsten Handelspreises aus dem bisherigen Spielgeschehen heraus vorzustellen.

Wenn das Spiel von einem Spielleiter moderiert wird kann dieser den Spielern das optimale Verhalten bekannt geben und erklären wie es dazu gekommen ist. Die Spieler können angeregt werden, das Verhalten der Mitspieler zu analysieren, um zu erkennen ob mögliche Fehler zum eigenen Vorteil genutzt werden können.

EHS sollte im Rahmen einer nach dem *Blended Learning* gestalteten Unterrichtseinheit eingesetzt werden. Blended Learning verbindet die Vorteile der elektronischen Lernformen mit den sozialen Vorteilen des Gruppenunterrichts. Die Präsenz bei den Veranstaltungen ist bei dem Blended Learning stets betont. In der Realität hat die Durchführung eines E-Learning Planspiels eine Reihe von Problemen, die mit Ad hoc Briefings und Wiederholungen von Schulungseinheiten gelöst werden können. Flexible Reaktionen und Aktionen des Spielleiters sind ohne körperliche Präsenz der Teilnehmer fast nicht möglich.

Der mathematische Hintergrund ist wichtig für ein korrektes Planspiel, auch sollten die Teilnehmer ausgewählte Aspekte des *mathematischen Modells* kennen lernen.

Bei dem Versuch, die eigene Minderung als Teilnehmer möglichst preisgünstig zu mindern, wird das Wissen um die *Grenzkosten* benötigt.

Die Grenzkosten bilden den Preis für das Mindern einer bestimmten Tonne. Jede Tonne ist in der Minderung teurer als die Vorhergegangene.

„Die erste Tonne ist immer die leichteste.“ Ist ein guter Merksatz.

Es gibt bei der Emissionsreduzierung das gesamtwirtschaftlich *optimale Verhalten*. Dies wird bestimmt indem für jede Tonne CO<sub>2</sub> welche im System zu mindern ist, die minimalen Grenzkosten gefunden werden. Damit wird der CO<sub>2</sub> Ausstoß unabhängig von den eigenen Minderungszielen gemindert, so dass nach diesem Prozess durch den Emissionshandel die

jeweiligen Emissionsbilanzen ausgeglichen werden müssen um keine Über- oder Unterdeckung bei einem Teilnehmer zu haben.

Die Mehrminderungen bzw. fehlenden Minderungen können zu dem *fairen Handelspreis* gehandelt werden. Der faire Handelspreis wird so ermittelt, dass der Gewinn durch den Handel durch die Verkäufer genauso hoch ist wie die Ersparnisse der Einkäufer. Dadurch entsteht eine Win-Win Situation. |

EHS kann als Einzelspielervariante und Mehrspielervariante gespielt werden. Die *Einzelspielervariante* wird mit/ bzw. gegen computergesteuerte Spieler gespielt und konzentriert sich, durch das Ausbleiben von sozialen Aspekten auf die Mechanismen des Emissionshandels und ist auch als Trainingsvariante für eine Teilnahme an einem Mehrspielerspiel entworfen.

In der *Mehrspielervariante* ist es möglich, als Administrator oder auch Spielleiter das Spielgeschehen zu überwachen und unter Umständen beratend einzugreifen. Dieser Aspekt wurde berücksichtigt, da EHS in der Regel innerhalb einer Unterrichtseinheit eingesetzt wird und innerhalb dieser dem Leiter die Rolle als Administrator zufällt.

Als Spielleiter kann er die Leistungen und Entscheidungen der Spieler bewerten und ist für das Erzeugen und Start des Spiels zuständig.

Bei Spielstart kann er so genannte *Sichtbarkeiten* aktivieren. So kann der Minderungsmaßnahmenmultiplikator der Mitspieler, die eigene optimale Minderung und der faire Handelspreis bekannt gegeben werden.

Bis zu sieben Teilnehmer können antreten.

Das Spiel wird *Rundenweise* bedient. Jede Runde im Spiel simuliert ein halbes Jahr. Bis zum Ende des laufenden Jahres hat jeder Teilnehmer die Möglichkeit, den eigenen Emissionsausstoß zu mindern. Halbjahre werden im Spiel auch Handelsperioden genannt. Es ist die Aufgabe des Spielleiters die gespielte Zeit bei Spielbeginn zu begrenzen indem er die maximale Anzahl an zu spielenden Runden festlegt.

Bei der *First Price Sealed Bid - Auktion* gibt jeder Nachfrager ein verdecktes Gebot ab. Das beste Gebot erhält den Zuschlag und der Gewinner leistet eine Zahlung in Höhe seines Gebots. Der Verkäufer indes gibt einen Mindestpreis vor, welchen er minimal erzielen möchte. Die Gebote der Nachfrager werden nach ihrer Höhe bedient, beginnend mit dem höchsten Gebot. Alle Gebote die unter dem Mindestpreis liegen, gehen natürlich leer aus. Dieser Auktionsalgorithmus ist gewählt, da er nur wenige Iterationen benötigt, im Gegensatz zu beispielsweise simulierten Saalauktionen oder zeitkritischen Auktionen.

Eine Schwäche der Umsetzung des Algorithmus von EHS ist, dass die Auktionsteilnehmer bei Geboten gleicher Höhe alphabetisch bevorzugt werden.

Der CO<sub>2</sub> Ausstoß der Unternehmen bleibt gleich über Spielverlauf, er kann nur durch eigene Minderungsmaßnahmen verändert werden. Jedes Jahr, also jede zweite Runde verknappt sich der erlaubte Ausstoß um 2 %, . Jedes Jahr wird jedem Unternehmen, gemessen an der Startemission in Runde 1, weniger Emissionsrechte als zuvor zugeteilt. Die *Allokation der Emissionsrechte* hat großen Einfluss auf den Spielverlauf.

Diese können nur mit Emissionsminderungsmaßnahmen oder durch Auktionseinkäufe beschafft werden.

Wenn durch die Verknappung der Minderungsrechte und der fehlenden oder unvollständigen Beschaffung dieser daraufhin der Emissionsausstoß des Unternehmens nicht vollständig gedeckt ist, wird eine *Strafe* fällig. Die Strafe ist eine Geldsumme, welche für jede Tonne nicht gedeckter Emission von CO<sub>2</sub> fällig wird. Die Höhe der Strafe ist der doppelte faire Handelspreis. Die Unterdeckung wird damit nicht ausgeglichen, so dass die Minderungsleistung noch erbracht werden muss in den laufenden Spielrunden.

Jedem gespielten Unternehmen in EHS werden verschiedene Attribute zugeteilt. Der *Minderungsmaßnahmenmultiplikator* und eine *Startemission*. Als Variable in der Formel zur Bestimmung der Kostenstruktur eines jeden Unternehmens, bestimmt der Minderungsmaßnahmenmultiplikator die Höhe der Kosten die bei Minderungsmaßnahmen entstehen. Ein hoher Wert führt zu einer kostenintensiven Minderung.

Zu jedem Jahresabschluss, also bei der Neuzuteilung von Minderungsrechten und dem Zeitpunkt von Strafzuteilungen wird auch der *Punktstand* errechnet. Er ergibt sich für jede Runde aus der Geldersparnis durch das Mittel des Emissionshandels und kumuliert sich jede Runde auf. Hat der Emissionshandel zu finanziellen Schäden geführt, ist die Punktezahl negativ. Strafen führen natürlich ebenso zu finanziellen Schäden.

Damit kann als *Spielziel* formuliert werden:  
Finde die kostengünstige Mischung aus eigenen Minderungsmaßnahmen und Auktionsgeschäften um zum Jahresabschluss den eigenen Ausstoß voll mit Emissionsrechten gedeckt zu haben.

Der Erfolg kann an der Höhe der Punktezahl gemessen werden, wobei nicht bei jedem Spieler die gleiche Punktezahl zu erreichen ist, also einige Spieler höhere Einsparmöglichkeiten durch den Emissionshandel haben.

*Umgesetzt wurde dieses Konzept* in einem Programm welches über den Browser bedient wird. Jeder Spieler loggt sich in das Spiel über eine entsprechende Maske ein. Einmal angemeldet, kann er über entsprechende Buttons die verschiedenen Masken ansteuern.

In vier Masken, welche sich durch ihren Aufbau und durch thematisch passende Bilder unterscheiden, können *Informationen eingeholt und Entscheidungen getroffen werden*. Im Spielerhauptschirm sind die meisten Informationen zu sehen. Das eigene Unternehmen ist komplett abgebildet und auch das aktuelle Gebot und die letzte Minderungsmaßnahme ist jeweils im Detail zu sehen.

In der Maske der *Minderungsmaßnahmen* können Maßnahmen getroffen werden, Grenzkosten und Gesamtkosten berechnet werden. Dafür befinden sich hier kleine Hilfsanwendungen. Dadurch kann ein adäquater Preis für Emissionsrechte ermittelt werden, wenn diese ein- oder verkauft werden sollen. Dies geschieht durch Eingabe in die jeweils vorgegebenen Felder. Die Eingabe der Emissionsminderung sollte an dieser Stelle sehr vorsichtig getroffen werden, da diese Eingabe nur durch SQL-Statements des Spielleiters reversibel sind. Eine Minderung ist nur einmal pro Jahr möglich, dies bedeutet, dass nicht jede Runde Minderungsmaßnahmen getroffen werden können und diese Entscheidung auch aus diesem Grund nicht unüberlegt getroffen werden sollte.

Im *Auktionsschirm* kann der Spieler ein Gebot abgeben, dies passiert durch die Eingabe einer Gebotshöhe in Tonnen und einen Mindestpreis bzw. Angebots für jede Tonne CO<sub>2</sub>. Ein Gebot hat wiederholt abgegeben werden, das zuvor abgegebene Gebot wird dadurch gelöscht. Bei Verkauf von Emissionsrechten muss eine negative Tonnagenzahl eingegeben werden.

Der Spielleiter erhält fortwährend eine Übersicht über die Gebote der Spieler, wenn er sieht, dass aus Versehen ein Vorzeichenfehler bei einem der Teilnehmer möglich ist, kann er darauf hinweisen und den Spieler seinen Fehler korrigieren lassen.

Wenn die Runde von allen Spielern beendet wurde, werden in dieser Maske, die Gebote veröffentlicht die die einzelnen Spieler abgegeben haben. Dies ist eine wichtige Information um den Preisverlauf in den nächsten Runden einzuschätzen.

Bei der entsprechend aktivierten Sichtbarkeit, kann sich der Spieler im Unternehmensumfeld einzuordnen, also einschätzen zu können ob er Nettoein- oder Verkäufer ist. Der Minderungsmaßnahmenmultiplikator jedes Teilnehmers ist dann in der *Spielerübersicht* sichtbar. Wenn der eigene Minderungsmaßnahmenmultiplikator z.B. höher ist, als der der Mitspieler weiß er, dass er Nettoeinkäufer ist.

Die Spieler beenden ihre Runde über den dafür gekennzeichneten Button. Wenn alle Teilnehmer ihre *Runde beendet* haben, liegt es an dem Spielleiter die nächste Handelsperiode einzuleiten.

*Computergesteuerte Mitspieler* kommen auf Wunsch des Spielleiters oder in der Einzelspielervariante zum Einsatz.

Sie mindern immer gesamtwirtschaftlich optimal, das bedeutet, dass sie immer die gesamtwirtschaftlich optimale Minderung vornehmen und die Differenz zu ihrem eigenen Minderungsziel zu dem fairen Handelspreis zu ersteigern oder zu verkaufen versuchen. Wenn in dem ersten Halbjahr nach der jeweiligen Jahresabrechnung noch Emissionsrechte eingekauft oder verkauft werden müssen, versuchen sie dies in dem zweiten Halbjahr erneut. Da sie ihre Minderung jedoch immer gesamtwirtschaftlich optimal vornehmen, kommt es zu einer Unterdeckung oder Überdeckung mit Emissionsrechten, wenn der menschliche Spieler das Einsparpotential als zu gering eingeschätzt hat.

Auf *eine einfache Installation* wurde Wert gelegt. Die Dateien auf der in der Diplomarbeit beigelegten CD-ROM müssen nur auf den lokalen Datenträger kopiert werden,

Das Programm hat verschiedene *Testzyklen* durchlaufen.

Es wurden drei Testspiele durchgeführt und ein Systemtest im Mathelabor in Raum A3401 an dem Campus Gummersbach.

Der Systemtest in Raum A3401 verlief erfolgreich. Hauptaugenmerk wurde auf Performance und Netzwerkfähigkeit gerichtet. Dafür wurde EHS auf zwei verschiedenen Systemen installiert und dann jeweils über andere PCs in diesem Raum als Clients angesteuert. Dieser Test ist sehr wichtig gewesen, da EHS für Rechnerumgebungen wie diese entworfen wurde.

Die Testspiele haben wichtige funktionale Erkenntnisse gebracht, sowie verschiedene mögliche *Strategien* aufgezeigt. Unterschieden wird zwischen voll-kooperativen, halb-kooperativen und aggressiven Strategien.

In der *voll-kooperativen* Strategie wurden die minimalen Grenzkosten für die Minderung gefunden. Die Spieler haben sich also optimal verhalten. Das Ergebnis war hier das Beste, es wurde also die höchste Ersparnis durch das Mittel des Emissionshandels erreicht. Der Emissionshandel wurde zu dem fairen Handelspreis betrieben.

Die *halb-kooperative* Strategie unterscheidet sich von der voll-kooperativen Strategie vor allem durch den Unterschiede in der Preisfindung. Die Spieler behielten die genauen Ersparnisse für sich und handelten einen Preis aus. Die Gesamtminderung im System wurde jedoch auch hier optimal vollzogen. Der Handelspreis hat keinen Einfluss auf das gesamtwirtschaftlich optimale Verhalten.

Die *aggressive* Strategie wird von einem Minimum an Kommunikation begleitet. Der Spieler versucht seine Marktsituation einzuschätzen und Punkte durch günstige Einkäufe oder Verkäufe zu erwerben.

Dieses Vorgehen ist von Vorsicht begleitet, da er durch eine Unterdeckung mit Emissionsrechten riskiert eine Strafe zu bekommen.

Die Möglichkeit eine Runde lang nicht am Emissionshandel teilzunehmen, also alle Minderungen aus eigener Kraft zu treffen, kann genutzt werden um die

Mitspieler zu Fehlern zu verleiten. Wenn die Mitspieler zum Beispiel fest mit einem gewissen Angebot des aggressiven Spielers rechnen, kann eine dort eine von ihm gewollte Unterdeckung auftreten. Das gesamtwirtschaftlich optimale Verhalten wurde dabei nicht beobachtet oder erreicht.

EHS ist ein auf die Emissionshandelsmechanismen didaktisch reduziertes Mehrspielerspiel. Es hat eine steile Lernkurve und ist dadurch nach einer nur kurzen Einführung spielbar.

Technisch ist es möglich EHS über das Internet zu spielen, Kooperation wird aber erst persönlich mit mehreren Mitspielern möglich.

Die Anwesenheit eines Spielleiters ist in jedem Fall vonnöten, da er den Spieleinstieg mit einer kurzen Einführung erst möglich macht und er die Preisentwicklung beobachten und bewerten kann. Technisch jedoch nicht, da der erste Spieler die auch Administratorrechte übernehmen kann bei der Erzeugung des Spiels.

Das Konzept des Planspiels bietet eine vielversprechende Chance den Unterricht interaktiv zu gestalten. Dabei sollte jedoch beachtet werden, dass E-Learning Planspiele allein keine umfassende Lösung bilden. Erst die richtige Einbindung in den Unterricht lässt Planspiele ihr volles Potential entfalten.