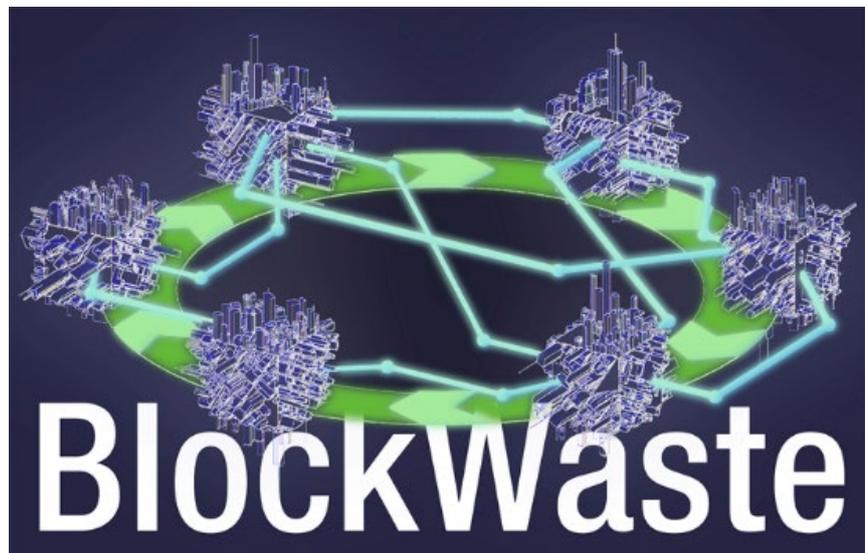


### 03.A3 Interaktives BlockWASTE-Werkzeug Handbuch



#### Haftungsausschluss

Dieses Projekt wurde mit Unterstützung der Europäischen Kommission finanziert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung trägt ausschließlich die Verfasser; die Kommission haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Informationen.



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

## Factsheet zur Ausgabe:

<b>Förderprogramm</b>	Erasmus+ Programm der Europäischen Union
<b>Finanzierung von NA</b>	EL01 Griechische Staatsstipendiat-Stiftung (IKY)
<b>Vollständiger Projekttitle</b>	Innovative Schulungen auf Basis der Blockchain-Technologie für die Abfallwirtschaft - BLOCKWASTE
<b>Angezeigt</b>	KA2 - Zusammenarbeit für Innovation und Austausch bewährter Praktiken KA203 - strategische Partnerschaften für die Hochschulbildung
<b>Projektnummer</b>	2020-1-EL01-KA203-079154
<b>Projektdauer</b>	24 Monate
<b>Startdatum Des Projekts</b>	01-10-2020
<b>Enddatum Des Projekts:</b>	30-09-2022

## Ausgabedetails:

**Ausgabebetitel:** O3: E-Learning-Tool auf Blockchain-MSW-Basis mit Fokus auf Kreislaufwirtschaft

**Titel Der Aufgabe:** A3 - Interaktives BlockWASTE-Werkzeug Handbuch

**Ausgangsleitung:** SAXION

**Leiter der Aufgabe:** SAXION, TALTECH, NTUA, CTM

**Autor(en):** Dimitris Damigos, Nationale Technische Universität Athen, damigos@metal.ntua.gr, Griechenland, George Panagiotopoulos, Nationale Technische Universität Athen, g.panag@metal.ntua.gr, Griechenland, Perry Smit, Saxion UAS, p.j.smit.01@saxion.nl, Niederlande, Ermo Täks, Technische Universität Tallinn, ermo.taks@taltech.ee, Estland, David Caparros Perez, Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales, david.caparros@ctmarmol.es, Spanien

**Geprüft von:** Maria Menegaki, Nationale Technische Universität Athen, menegaki@metal.ntua.gr, Griechenland, Christa Barkel, Saxion UAS, c.barkel@saxion.nl, Niederlande

## Dokumentenkontrolle

Dokumentversion	Version	Änderung
V0.1	30/05/2022	Endgültige Version - 29/07/2022

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	iv
1 Einführung.....	1
1.1. Beschreibung des BlockWASTE-Projekts .....	1
1.2. Ziele und methodischer Ansatz .....	1
2 Blockchain -Modul.....	3
2.1. Das modifizierte „Blockchain-Spiel!“ .....	3
2.2. Der interaktive Blockchain-Simulator.....	5
2.2.1. Erstellen eines öffentlichen und eines privaten Schlüssels .....	6
2.2.2. Spielen des Tools als Einzelspieler .....	9
2.2.3. Wiedergabe mit mehreren Benutzern .....	12
3 Das BlockWASTE-Tool.....	14
3.1. Einführung in das Spiel.....	14
3.2. Detaillierte Beschreibung der Berechnungen des Spiels .....	14
3.2.1. Haushalte .....	15
3.2.2. Bürgermeister .....	16
3.2.3. Hauptannahmen .....	19
3.2.4. MSW Management Tool zur Analyse .....	22
3.3. Detaillierte Beschreibung der Rollen.....	30
3.3.1. Das Spiel wird gestartet .....	30
3.3.2. Haushalte .....	30
3.3.3. Bürgermeister .....	33
3.4. Grundlegende Anweisungen zum Spielen.....	36
3.4.1. Spielen des Spiels.....	36
3.4.2. Nach dem Spiel .....	36
4 Referenzen .....	38

## Liste der Tabellen

Table 1. Relationship between time spent on waste segregation and percentage of waste separated in different bins.....	15
Table 2. Technical assumptions for the aerobic MBT.....	20
Table 3. Technical assumptions for the anaerobic MBT.....	20
Table 4. Technical assumptions for the aerobic BTF.....	20
Table 5. Technical assumptions for the anaerobic BTF.....	21
Table 6. Cost assumptions.....	21
Table 7. Revenues assumptions.....	21
Table 8. Waste composition and collection per household.....	23
Table 9. Input for the aerobic MBT facility.....	23
Table 10. Output from the aerobic MBT facility.....	24
Table 11. Input and output for the aerobic BTF.....	24
Table 12. Input and output for the Materials Recovery Facility.....	25
Table 13. Collection cost for mixed and separated waste (€/kg).....	25
Table 14. Treatment cost for mixed and separated waste (€/kg).....	26
Table 15. Landfill and total costs for mixed and separated waste (€/kg).....	26
Table 16. Revenues from mixed waste (€/kg).....	27
Table 17. Revenues from separated waste (€/kg).....	27
Table 18. Net cost (€) per kg for mixed, separated and total waste.....	28
Table 19. Total revenues and net costs (€/kg).....	28

## Liste der Abbildungen

Figure 1: The Blockchain game Google Drive folder.....	3
Figure 2: View of the Blockchain problem used in BlockWASTE game.....	4
Figure 3: View of the solved problem.....	4
Figure 4: Result of a change in entry 3.....	5
Figure 5. Screenshot of the Bitcoin Blockchain Simulator.....	5
Figure 6. Creation of a new simulated wallet.....	6
Figure 7. Input for generating a new wallet.....	7
Figure 8. Generation of the new wallet.....	7
Figure 9. Generation of the public and private keys.....	8
Figure 10. Simulated blocks created on Blockchain.....	9
Figure 11. Block mining screen.....	10
Figure 12. Turning on the “Auto Mining” option.....	10
Figure 13. Message appearing when a block has successfully mine.....	11
Figure 14. Verifying the block reward.....	11
Figure 15. Balance of user’s wallet.....	11
Figure 16. Creating a new transaction.....	12
Figure 17. The “New Transaction” screen.....	12
Figure 18. Creating and signing a transaction.....	12
Figure 19. Sending the transaction.....	13
Figure 20: The game’s home screen.....	30
Figure 21. The “Add data” window.....	31
Figure 22: The simplified Blockchain problem.....	31
Figure 23: View of a solved Blockchain problem that allows for the submission of the data.....	32
Figure 24. The results window (only for player’s entries).....	32
Figure 25. The results window (showing the results for all players).....	33
Figure 26. The selection of MSW management plan window.....	33
Figure 27. The ‘basic’ information window where the used defines the municipal fees.....	34

Figure 28. The expanded financial information window ..... 35  
 Figure 29. The detailed technical and financial window ..... 36

## Liste der Abkürzungen

<b>Abkürzung</b>	<b>Definition</b>
MSW	Kommunaler Haushaltsmüll
MSWM	Kommunale Abfallwirtschaft
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
IT	Informationstechnologie
BIP	Bruttoinlandsprodukt
OER	Open Educational Resource

## Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts wurde ein interaktives Tool („Interaktives BlockWASTE-Tool“) entwickelt, das frei zugänglich ist und im OER implementiert wird und im Rahmen des „IO4: BlockWASTE Open Educational Resource“ entwickelt wurde.

Ziel des Tools ist es, den Nutzern mehrere Schlüssel zur Integration von Blockchain-basierten MSW zu bieten und ihnen zu helfen, die gesamte Rückverfolgbarkeit und Sichtbarkeit von kommunalen Festabfällen vom Anfang bis zum Ende ihrer Verwaltung zu verstehen. Mit dem „Interactive BlockWASTE Tool“ (<https://game.blockwasteproject.eu/>) kann der Benutzer visualisieren, wie die Verschlüsselung von Informationen einer Blockchain eine Rollenspielumgebung darstellt, die – wann immer nötig – die in der Abfalldatenbank (d. h. „O3/A1. Erstellung der Datenbank für das E-Learning Tool“), die erstellt wurde.

Obwohl das Antragsformular zunächst ein interaktives Tool (das „Interactive BlockWASTE Tool“) vorsieht, wurde beschlossen, zwei verschiedene Module zu entwickeln, um den Bildungsbedarf der identifizierten Zielgruppen und Endnutzer des BlockWASTE-Projekts besser zu erfüllen. Das erste Modul (Blockchain-Modul) zielte insbesondere darauf ab zu visualisieren, wie die Verschlüsselung von Informationen einer Blockchain funktioniert und richtet sich an Nutzer, die mit der Blockchain-Technologie nicht vertraut sind. Das zweite Modul (ursprünglich „MSW Management Tool“ genannt) konzentrierte sich nur auf das MSW-Management mithilfe eines interaktiven Rollenspiels.

Das Ziel dieses Handbuchs ist es zu erklären, was der Zweck des Spiels ist, welchen Input der Benutzer benötigt und wie das Spiel funktionieren (d.h. Details über die Algorithmen hinter den Ergebnissen).

# 1 Einführung

## 1.1. Beschreibung des BlockWASTE-Projekts

Diese Vergleichsstudie ist Teil des BlockWASTE-Projekts, das von der EU finanziert wird und ein Erasmus Plus-Projekt ist. Das Projekt zielt darauf ab, die Interoperabilität zwischen Abfallwirtschaft und Blockchain-Technologie anzugehen und deren ordnungsgemäße Behandlung durch Schulungen zu fördern, so dass die gesammelten Daten in einer sicheren Umgebung geteilt werden, in der es keinen Raum für Unsicherheit und Misstrauen zwischen allen Parteien gibt, die an Abfallketten oder im Recycling beteiligt sind.

Zu diesem Zweck verfolgt das BlockWASTE-Projekt folgende Ziele:

- Forschung zu Haushaltsabfällen, die in Städten entstehen und wie diese verwaltet werden, damit eine Informationsbasis mit bewährten Verfahren geschaffen werden kann, die dazu beiträgt, Abfälle wieder in die Wertschöpfungskette einzubringen und die Idee intelligenter kreisförmiger Städte zu fördern.
- Die Vorteile der Blockchain-Technologie im kommunalen Abfallmanagement (MSW) zu identifizieren.
- Einen Studienplan zu erstellen, der die Ausbildung von Lehrern und Fachleuten von Organisationen und Unternehmen des Sektors unterstützt, bei der Überschneidung der Bereiche Abfallwirtschaft, Kreislaufwirtschaft und Blockchain-Technologie.
- Entwicklung eines interaktiven Tools auf Basis der Blockchain-Technologie, das es ermöglicht, das Management von Daten aus Siedlungsabfällen in die Praxis umzusetzen, so dass die Art und Weise, wie die Daten in der Blockchain implementiert werden, visualisiert und die Nutzer in die Lage versetzt werden, verschiedene Formen des Managements zu bewerten

Weitere Informationen finden Sie auf der BlockWASTE-Projektwebsite <https://blockwasteproject.eu>.

## 1.2. Ziele und methodischer Ansatz

Im Rahmen des Projekts wurde ein interaktives Tool („Interaktives BlockWASTE-Tool“) entwickelt, das frei zugänglich ist und im OER implementiert wird und im Rahmen des „IO4: BlockWASTE Open Educational Resource“ entwickelt wurde.

Ziel des E-Learning-Tools ist es, den Nutzern mehrere Schlüssel zur Integration von Blockchain-basiertem MSW zu bieten und ihnen zu helfen, die gesamte Rückverfolgbarkeit und Sichtbarkeit von kommunalen Festabfällen von Anfang bis Ende ihrer Verwaltung zu verstehen. Mit dem „Interactive BlockWASTE Tool“ kann der Benutzer visualisieren, wie die Verschlüsselung von Informationen einer Blockchain eine Rollenspielumgebung darstellt, in der die in der Abfalldatenbank (d. h. der Abfalldatenbank) gesammelten Informationen bei Bedarf genutzt werden „O3/A1. Erstellung der Datenbank für das E-Learning Tool“), die erstellt wurde.

Obwohl das Antragsformular zunächst ein interaktives Tool (das „Interactive BlockWASTE Tool“) vorsieht, wurde beschlossen, zwei verschiedene Module zu entwickeln, um den Bildungsbedarf der identifizierten Zielgruppen und Endnutzer des BlockWASTE-Projekts besser zu erfüllen. Das erste Modul (Blockchain-Modul) zielte insbesondere darauf ab zu

visualisieren, wie die Verschlüsselung von Informationen einer Blockchain funktioniert und richtet sich an Nutzer, die mit der Blockchain-Technologie nicht vertraut sind. Das zweite Modul (ursprünglich „MSW Management Tool“ genannt) konzentrierte sich nur auf das MSW-Management mithilfe eines interaktiven Rollenspiels.

Die ersten beiden Pilotkurse in Deutschland und Griechenland nutzen diese beiden Module. Obwohl die allgemeine Meinung der Teilnehmer zu den Trainingstools sehr positiv war, wurde in einigen Kommentaren erwähnt, dass die Rolle von Blockchain im Abfallwirtschaftssystem nicht sehr klar sei. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Pilotschulen wurde eine neue Version des Tools BlockWASTE entwickelt. Es wurde beschlossen, das „Blockchain-Modul“ separat und unabhängig vom „MSW-Management-Tool“ zu halten, aber letzteres (d.h. das „MSW-Management-Tool“) integrierte ein kurzes Blockchain-Spiel, wie später ausführlicher erläutert. Die aktualisierte Version des „MSW Management Tools“ heißt „Interactive BlockWASTE Tool“. In der dritten Pilotschule (d.h. in Estland) wurde die neue Version des „Interactive BlockWASTE Tools“ getestet.

Kurz gesagt, um den Nutzern klarzumachen, wie Blockchain funktioniert, enthält das „Blockchain-Modul“ eine modifizierte Version von „The Blockchain Game!“ (<https://medium.com/predict/how-to-teach-blockchain-with-the-blockchain-game-44360c542c81>) erstellt von J. Scott Christianson, einem Associate Teaching Professor an der University of Missouri. Darüber hinaus wird ein interaktiver Blockchain-Simulator bereitgestellt, in dem die Nutzer alle Schritte hinter einer Blockchain spielen und simulieren (<https://bitcoinsimulator.tk/>).

Die endgültige Version des „Interactive BlockWASTE-Tools“ konzentriert sich hauptsächlich auf das MSW-Management mittels eines interaktiven Rollenspiels, das auf zwei Routen (Rollen) basiert, nämlich dem Bürgermeister (vermutlich verantwortlich für die MSW-Verwaltungsbehörde) und den Haushalten. Während des Spiels liefert die Gruppe „Haushalte“ anhand der in der zuvor erstellten MSW-Datenbank gesammelten Informationen (O3/O1) Angaben zur MSW-Menge und -Zusammensetzung pro Monat (für ein Jahr) und zurzeit, die für separate MSW an der Quelle aufgewendet wurde (Letzteres wird in einen Geldwert übersetzt, wie in einem späteren Abschnitt beschrieben), der die Recyclingquote bestimmt. Der „Bürgermeister“ muss eine MSW-Behandlungsoption auswählen (es gibt vier verschiedene Alternativen) und jeden Monat die Kommunalgebühren festlegen, die jedem Haushalt auf der Grundlage der Gesamtabfallmenge, der getrennten und gemischten Abfallmengen, der Sammlung, Aufbereitungs- und Entsorgungskosten sowie die potenziellen Einnahmen aus recycelbaren Materialien oder der Stromerzeugung aus Biogas. Um die Schnittstelle zwischen Abfallwirtschaft und Blockchain zu demonstrieren, wurde ein einfaches Blockchain-Problem hinzugefügt. Der Nutzer muss das Problem zuerst lösen (genau wie das Problem von Bitcoin-Miner in realen Situationen gelöst wird), um Eingabedaten an die Stadtverwaltung zu übermitteln. Darüber hinaus können alle Nutzer anonymisierte Informationen, die auf einer Blockchain aufgezeichnet werden, über Abfallerzeugung, Kommunalabgaben, Abfalltrennungsgewohnheiten usw. sehen. Das „Interaktive Tool BlockWASTE“ ist vollständig frei zugänglich und wird innerhalb des OER implementiert, das in der „IO4: BlockWASTE Open Educational Resource“ entwickelt wurde.

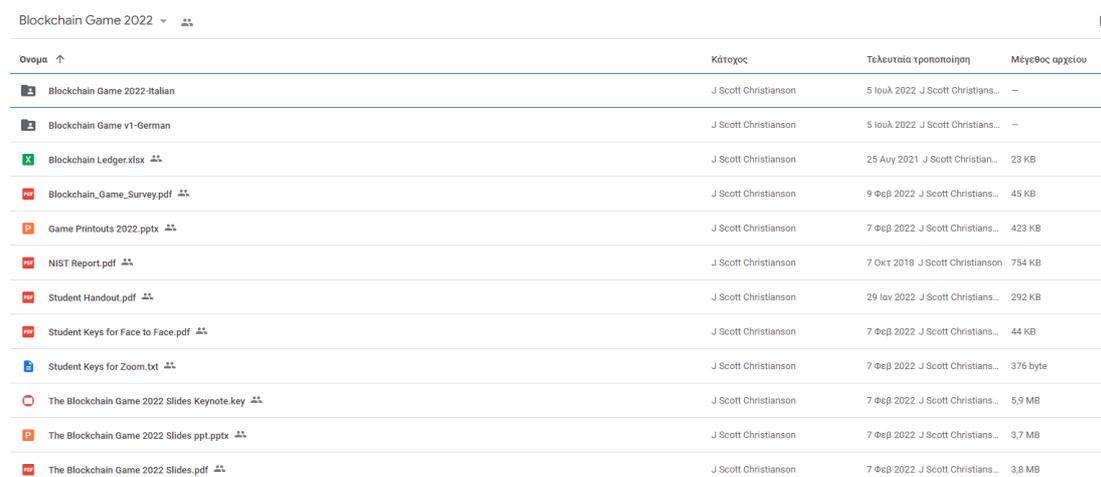
Das Ziel dieses Handbuchs ist es zu erklären, was der Zweck der Spiele ist, was der Input der Benutzer benötigt und wie die Spiele funktionieren (d.h. Details über die Algorithmen hinter den Ergebnissen)

## 2 Blockchain -Modul

### 2.1. Das modifizierte „Blockchain-Spiel!“

Um den Nutzern zu helfen, die Logik hinter Blockchain zu verstehen, „The Blockchain Game!“ (<https://medium.com/predict/how-to-teach-blockchain-with-the-blockchain-game-44360c542c81>) erstellt von J. Scott Christianson, einem Associate Teaching Professor an der University of Missouri, wurde nach einer gründlichen Untersuchung verwandter Werkzeuge ausgewählt.

„Das Blockchain-Spiel!“ Ist eine praktische Übung, die die Kernprinzipien von Blockchain anhand eines Blockchain-Beispiels für akademische Partituren (Christianson, 2019) erklärt. Das Spiel vermittelt Blockchain-Konzepte wie Distributed Ledger, transparentes, aber anonymes Ledger, unveränderliches Ledger usw. einer der Hauptvorteile dieses speziellen Spiels ist, dass die Materialien für das Blockchain-Spiel unter einer Creative Commons Attribution-Non Commercial-Share Alike International License verfügbar sind, So dass es für jedermann frei ist, es für ihre eigenen Zwecke zu verwenden und zu verändern (Christianson, 2019). Darüber hinaus gibt der Schöpfer Richtlinien, wie man Blockchain mit „The Blockchain Game!“ beibringt. (Christianson, 2022) Und alle notwendigen Dateien (einschließlich des Spiels im Excel-Format, Präsentationen des Spiels, Studenten Handouts, etc.) sind über Google Drive ([https://drive.google.com/drive/folders/1c7\\_zfwzZ\\_acsVN4n7tS\\_ItRUOpLN0vPd](https://drive.google.com/drive/folders/1c7_zfwzZ_acsVN4n7tS_ItRUOpLN0vPd)) verfügbar, wie in Abbildung 1gezeigt.



Όνομα	Κάτοχος	Τελευταία τροποποίηση	Μέγεθος αρχείου
Blockchain Game 2022-Italian	J Scott Christianson	5 Ιουλ 2022 J Scott Christians...	—
Blockchain Game v1-German	J Scott Christianson	5 Ιουλ 2022 J Scott Christians...	—
Blockchain Ledger.xlsx	J Scott Christianson	25 Aug 2021 J Scott Christian...	23 KB
Blockchain_Game_Survey.pdf	J Scott Christianson	9 Φεβ 2022 J Scott Christians...	45 KB
Game Printouts 2022.pptx	J Scott Christianson	7 Φεβ 2022 J Scott Christians...	423 KB
NIST Report.pdf	J Scott Christianson	7 Οκτ 2018 J Scott Christianson	754 KB
Student Handout.pdf	J Scott Christianson	29 Ιαν 2022 J Scott Christians...	292 KB
Student Keys for Face to Face.pdf	J Scott Christianson	7 Φεβ 2022 J Scott Christians...	44 KB
Student Keys for Zoom.txt	J Scott Christianson	7 Φεβ 2022 J Scott Christians...	376 byte
The Blockchain Game 2022 Slides Keynote.key	J Scott Christianson	7 Φεβ 2022 J Scott Christians...	5,9 MB
The Blockchain Game 2022 Slides ppt.pptx	J Scott Christianson	7 Φεβ 2022 J Scott Christians...	3,7 MB
The Blockchain Game 2022 Slides.pdf	J Scott Christianson	7 Φεβ 2022 J Scott Christians...	3,8 MB

Abbildung 1: Das Blockchain-Spiel Google Drive Ordner

Für die Zwecke von BlockWASTE wurde die ursprüngliche Excel-Datei geändert und das verwendete Beispiel bezieht sich auf die Verwaltung von MSW. Das Problem betrifft insbesondere Haushalte, die in verschiedenen Stadtgebieten leben (z. B. rot, blau, grün usw.), einen öffentlichen Identifikationsschlüssel haben (ähnlich dem öffentlichen Schlüssel von Bitcoin) und unterschiedliche Abfallmengen produzieren (Abbildung 2).

Nach der ursprünglichen Idee des Spiels muss der Benutzer einen Hash, also die Funktion, die die verschlüsselten Anforderungen erfüllt, die für eine Blockchain-Berechnung benötigt werden, wie folgt lösen:

Hash = Nonce + a + b + c – Wert der letzten 2 Stellen des vorherigen Hashs

Wobei: A = Wert des ersten Buchstabens des Bereichs

b = Wert des ersten Buchstabens des öffentlichen Schlüssels für den Haushalt

c = Wert des Gesamtabfalls

Nonce = Wert zwischen 1 und 3, der angepasst werden muss, um einen Hash zu berechnen, der durch 3 gleichermaßen teilbar ist

Block	Area	Householder	Total waste	Nonce (1-3)	a	b	c	Last two digits from prev. Hash	Hash	Divid 3
									212	
1	Red	ad59dn	25	2	82	65	25	12	162	
2	Blue	Bd9efe	30	2	66	66	30	62	102	
3	Green	da603d	90							
4	Red	ad59dn	18							
5	Blue	Bd9efe	16							
6	Green	da603d	30							

Abbildung 2: Ansicht des Blockchain-Problems, das im BlockWASTE-Spiel verwendet wird

Die Werte der Parameter a, b und c werden aus einer Nachschlagetabelle abgerufen, die in der Excel-Datei enthalten ist. Wenn der Hash korrekt gelöst wurde, wird die letzte Spalte grün (Abbildung 3). Wenn das Hauptbuch angegriffen wird (d.h. jemand ändert einen vorherigen Eintrag), dann wird die letzte Spalte ab dem Zeitpunkt der Änderung rot (Abbildung 4).

Block	Area	Householder	Total waste	Nonce (1-3)	a	b	c	Last two digits from prev. Hash	Hash	Divid 3
									212	
1	Red	ad59dn	25	2	82	65	25	12	162	
2	Blue	Bd9efe	30	2	66	66	30	62	102	
3	Green	da603d	90	1	71	68	90	2	228	
4	Red	ad59dn	18	1	82	65	18	28	138	
5	Blue	Bd9efe	16	1	66	66	16	38	111	
6	Green	da603d	30	1	71	68	30	11	159	
7	Red	ad59dn	44	3	82	65	44	59	135	
8	Blue	Bd9efe	21	2	66	66	21	35	120	
9	Green	da603d	10	3	71	68	10	20	132	
10	Red	ad59dn	51	2	82	65	51	32	168	
11	Blue	Bd9efe	66	2	66	66	66	68	132	
12	Green	da603d	19	3	71	68	19	32	129	

Abbildung 3: Ansicht des gelösten Problems

Block	Area	Householder	Total waste	Nonce (1-3)	a	b	c	Last two digits from prev. Hash	Hash	Divid 3
1	Red	ad59dn	25	2	82	65	25	12	162	127
2	Blue	Bd9efe	30	2	66	66	30	62	102	102
3	Green	da603d	90	1	73	68	90	2	230	230
4	Red	ad59dn	18	1	82	65	18	30	136	136
5	Blue	Bd9efe	16	1	66	66	16	36	113	113
6	Green	da603d	30	1	71	68	30	13	157	157
7	Red	ad59dn	44	3	82	65	44	57	137	137
8	Blue	Bd9efe	21	2	66	66	21	37	118	118
9	Green	da603d	10	3	71	68	10	18	134	134
10	Red	ad59dn	51	2	82	65	51	34	166	166
11	Blue	Bd9efe	66	2	66	66	66	66	134	134
12	Green	da603d	19	3	71	68	19	34	127	127

Abbildung 4: Ergebnis einer Änderung in Eintrag 3

## 2.2. Der interaktive Blockchain-Simulator

Wie in der Einleitung geschrieben, zusätzlich zu „The Blockchain Game!“ Es wird ein interaktiver Bitcoin Blockchain-Simulator verwendet, der dem Nutzer die Erfahrung vermittelt, wie Blockchain praktisch im Hintergrund funktioniert. Der interaktive Blockchain-Simulator ist auf der folgenden Website zu finden:

<https://www.bitcoinsimulator.tk/blockchain?chain=BlockWaste> (Abbildung 5).

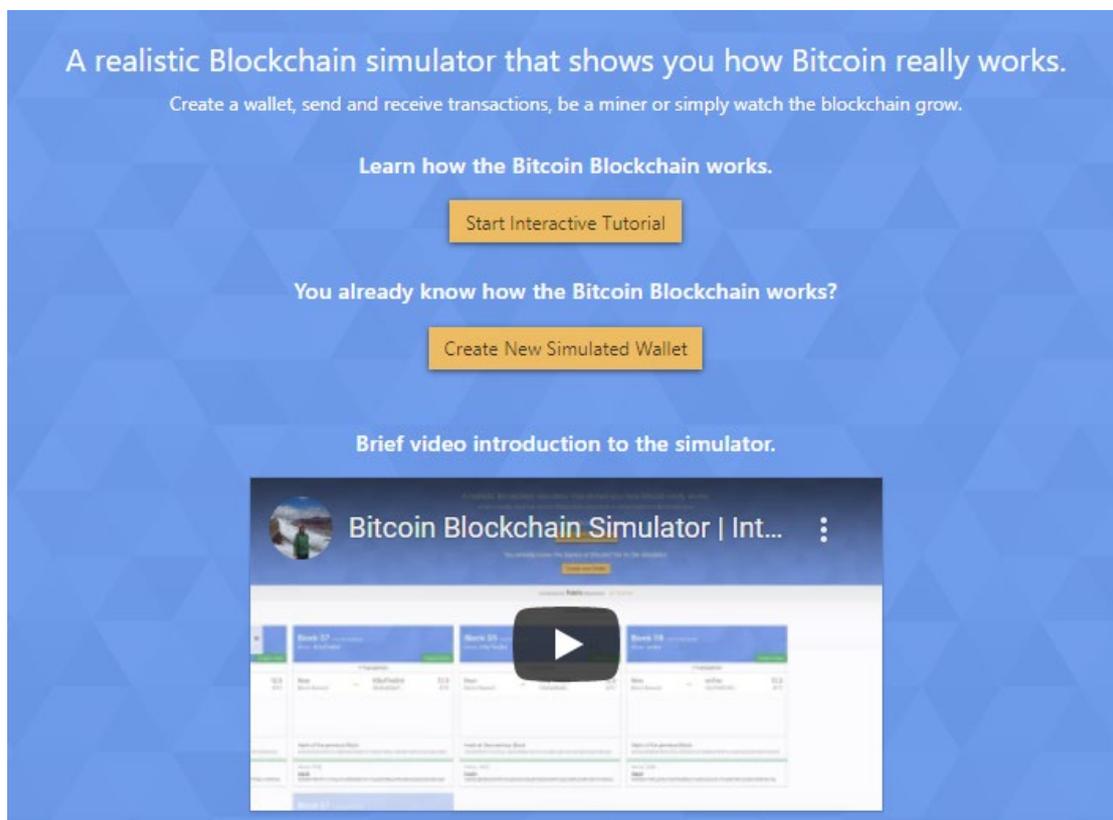


Abbildung 5. Screenshot des Bitcoin Blockchain Simulators

Benutzer, die nicht mit Blockchain vertraut sind, wird dringend empfohlen, mit dem interaktiven Tutorial auf dieser Website zu beginnen. Wenn der Nutzer den theoretischen Teil verstanden hat, kann er den Teil fortsetzen, in dem er/sie lernt, wie eine Blockchain-Praxis im Hintergrund funktioniert. Der Benutzer kann sich das Video auf der Webseite ansehen und/oder die unten beschriebenen Schritte befolgen, um ein besseres Verständnis der Vorgänge zu erhalten.

Was der Benutzer durch dieses Spiel lernen wird, ist folgendes:

- Was öffentliche und private Schlüssel sind und wie eine Identität erstellt wird.
- Wie ein Benutzer diese Schlüssel verwenden kann, um eine Transaktion zu erstellen.
- Wie eine Transaktion auf der Blockchain verarbeitet wird, wie der Validierungsprozess läuft und wie der Mining-Prozess funktioniert.
- Wie eine Transaktion in der Blockchain verarbeitet wird.

### 2.2.1. Erstellen eines öffentlichen und eines privaten Schlüssels

Um mit dem interaktiven Blockchain-Simulator zu spielen, müssen Sie einen öffentlichen und einen privaten Schlüssel erstellen. Sie können dies tun, indem Sie auf Neue simulierte Brieftasche erstellen (Abbildung 6) klicken:



*Abbildung 6. Erstellung eines neuen simulierten Wallets*

Nach dem Klicken auf die Schaltfläche Erstellen Sie eine neue Brieftasche, erscheint dieser Bildschirm (Abbildung 7):

Please note: This page is purely educational, it's only a simulation not real Bitcoin. Wallets in this simulation do not have any value!

### Generate new Wallet

A random pair of keys (256 bit) will be generated. For simplicity, you can enter a unique username linked to your public key.

Username

---

### Load existing Wallet

Enter your private key to retrieve an existing wallet.

Private Key

---

Abbildung 7. Eingabe für die Generierung eines neuen Wallets

Wenn Sie einen Benutzernamen eingeben, wird ein blauer Button „Neue Brieftasche generieren“ angezeigt (Abbildung 8):

Please note: This page is purely educational, it's only a simulation not real Bitcoin. Wallets in this simulation do not have any value!

### Generate new Wallet

A random pair of keys (256 bit) will be generated. For simplicity, you can enter a unique username linked to your public key.

Michae|

Username already taken.

Generate new Wallet

Abbildung 8. Generation der neuen Brieftasche

Schließlich wird durch Klicken auf die Schaltfläche „Neue Brieftasche generieren“ ein öffentlicher und ein privater Schlüssel erstellt (Abbildung 9).



## 2.2.2. Spielen des Tools als Einzelspieler

Der Benutzer kann seine Tasten kopieren und einfügen und die Schritte im Fenster lesen. Dann kann der Benutzer auf den Button „Got it“ klicken, direkt unter der Ecke. Der folgende Bildschirm wird angezeigt (Abbildung 10), der einige Blöcke simuliert, die bereits auf einer Blockchain erstellt wurden. In diesem Fall suchen wir nach einer öffentlichen Blockchain in einem Testmodus. Die Transaktionen haben keinen realen Wert.

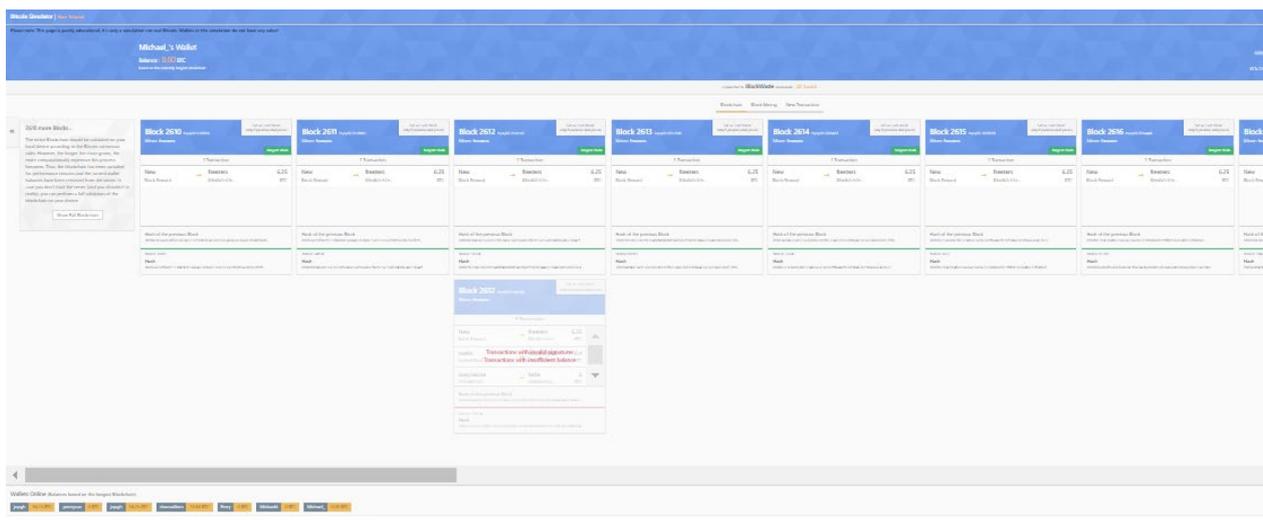


Abbildung 10. Simulierte Blöcke, die auf Blockchain erstellt wurden

Am unteren Bildschirmrand werden die Benutzernamen des Benutzers und anderer Wallets angezeigt, die auf der Blockchain aktiv sind. Lasst uns zuerst ein paar Coins holen.

Wenn der Benutzer den Simulator zum ersten Mal startet, ist der Kontostand seiner Brieftasche gleich Null. Um Bitcoins zu verdienen, kann der Benutzer zwei Dinge tun:

1. Bitten Sie einen anderen Benutzer, Bitcoins zu senden.
2. Spielen Sie die Rolle eines Miners und erhalten Sie einige Belohnungen für das Mining.

Werfen wir einen Blick auf den zweiten Weg und holen wir uns einige Coins durch den Miner.

Durch Klicken auf den Reiter „Block Mining“ in der Mitte der Seite erscheint der folgende Bildschirm (Abbildung 11):

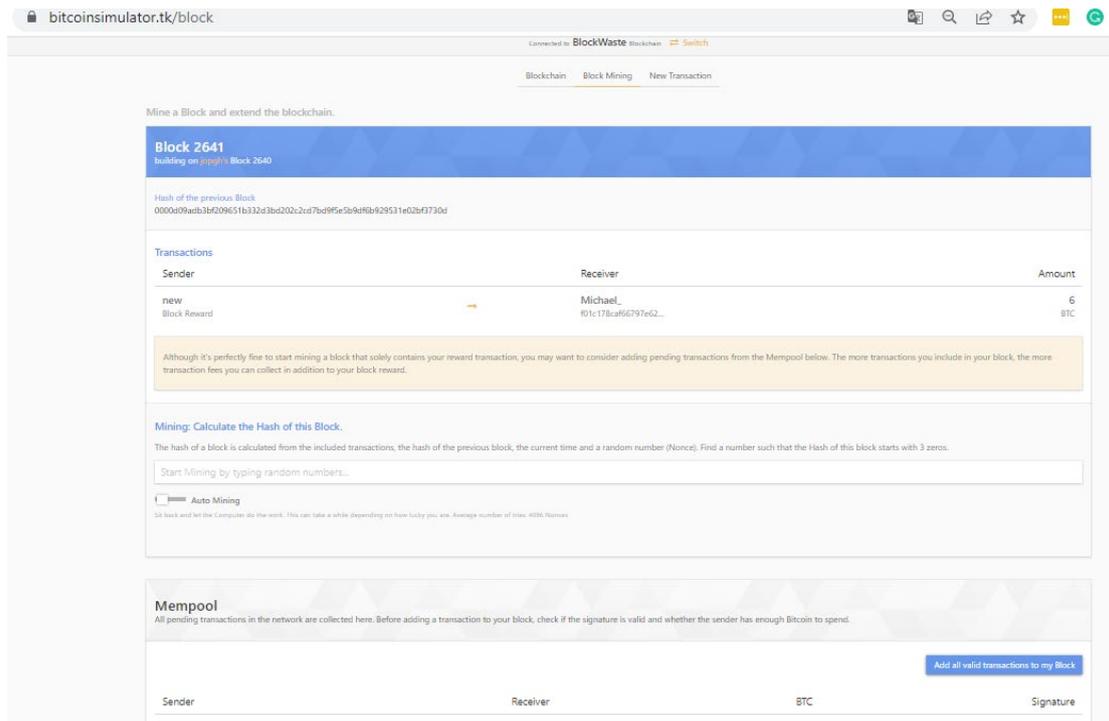


Abbildung 11. Block Mining-Bildschirm

Um den Hash eines Blocks zu berechnen, schaltet der Benutzer die Option „Auto Mining“ ein und wartet einige Minuten (Abbildung 12).



Abbildung 12. Aktivieren der Option „Auto Mining“

Der Miner wird versuchen, ein Rätsel zu lösen (in diesem Fall muss der Miner eine Zahl finden, die einen Hash erzeugt, der mit 3 Null beginnt). Wenn das Problem gelöst ist, erscheint die folgende Meldung (Abbildung 13):

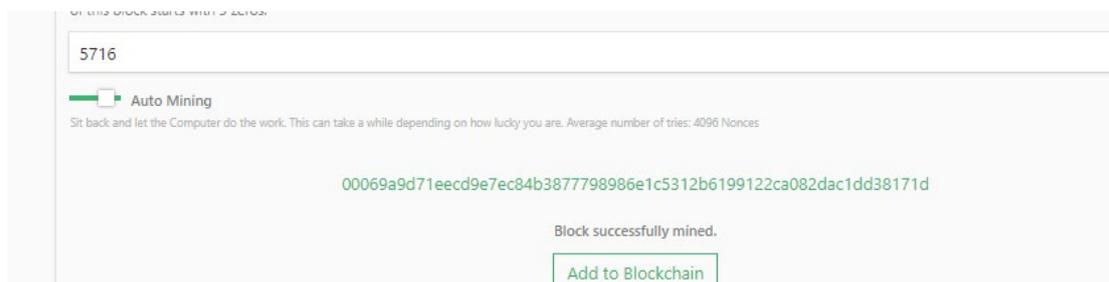


Abbildung 13. Meldung, die erscheint, wenn ein Block erfolgreich abgebaut wurde

Durch Klicken auf den Button „zur Blockchain hinzufügen“ wird dem Benutzer ein neues Fenster (Abbildung 14) angezeigt, in dem er den Block überprüft und die Möglichkeit bietet, die Prämie seinem Guthaben hinzuzufügen.

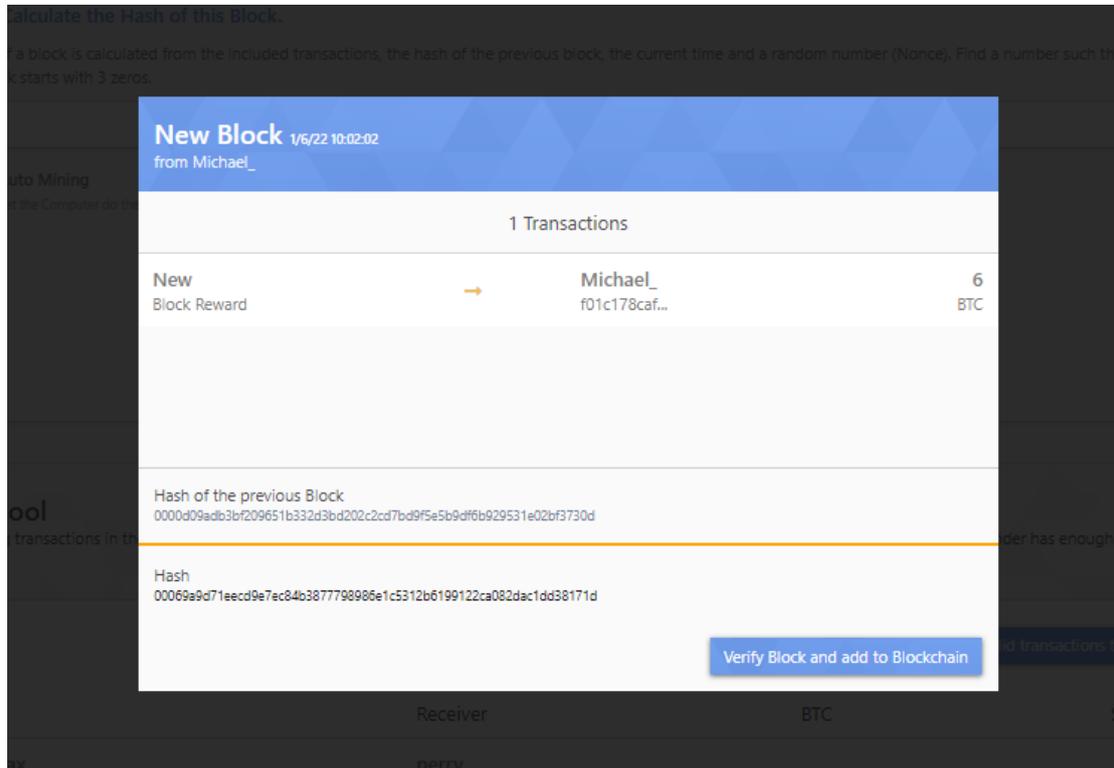


Abbildung 14. Überprüfen der Blockprämie

Wie in Abbildung 15 gezeigt wird, ist das neue Guthaben des Benutzers jetzt 6,25 BTC.



Abbildung 15. Guthaben des Benutzers

Nun, da der Benutzer einige Bitcoins besitzt, kann er einem Freund einige Coins schicken.

### 2.2.3. Wiedergabe mit mehreren Benutzern

Um das Spiel mit mehreren Benutzern zu spielen, muss jeder der Benutzer nach dem oben genannten Verfahren ein eigenes Konto erstellen. Wenn das Konto erstellt wurde, kann der Benutzer auf Neue Transaktion (Abbildung 16) klicken:

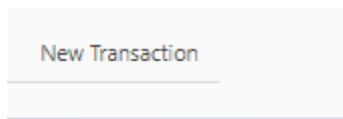


Abbildung 16. Eine neue Transaktion wird erstellt

In diesem Fall wird der folgende Bildschirm angezeigt (Abbildung 17):

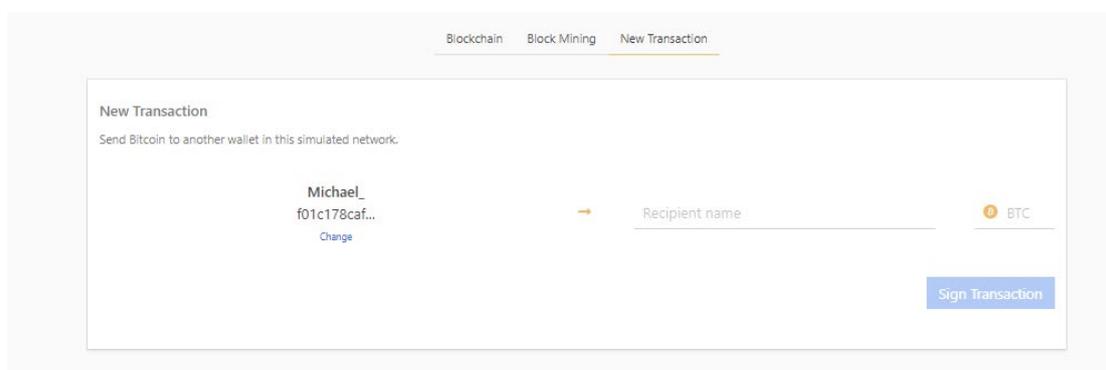


Abbildung 17. Der Bildschirm „Neue Transaktion“

Der Benutzer muss den Benutzernamen des Empfängers und die Anzahl der zu sendenden Bitcoins eingeben und dann auf die Schaltfläche „Transaktion unterschreiben“ (Abbildung 18) klicken.

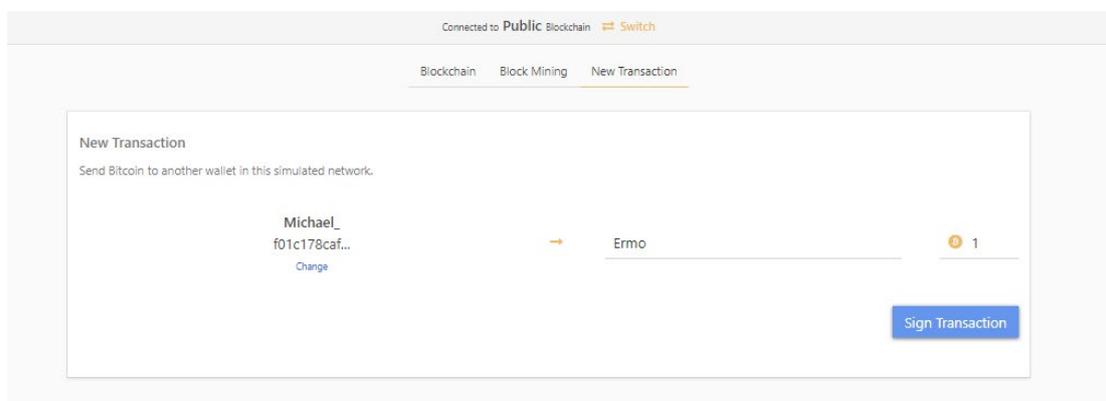
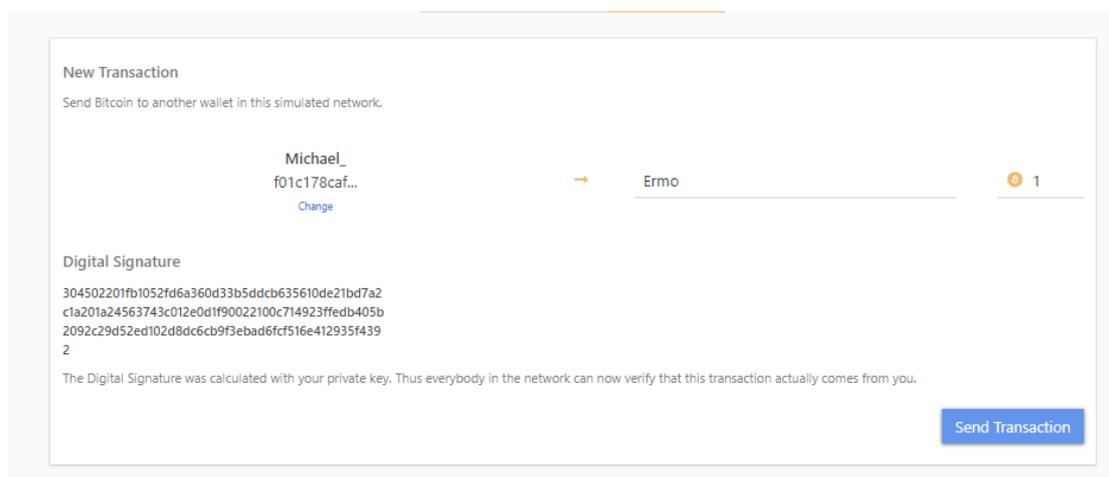


Abbildung 18. Erstellen und Signieren einer Transaktion

Nach dem Signieren der Transaktion wird der folgende Bildschirm angezeigt (Abbildung 19), und der Benutzer kann die Transaktion nun an die Blockchain senden.



*Abbildung 19. Die Transaktion wird gesendet*

Jetzt können die Benutzer die Registerkarte „Block Mining“ aufrufen und die Transaktion mit dem „Auto Mining“ erneut validieren. Wenn der Block gelöst ist, erhält der Empfänger die gesendeten Bitcoins.

## 3 Das BlockWASTE-Tool

### 3.1. Einführung in das Spiel

Wie bereits erwähnt, ist das „Interactive BlockWASTE Tool“ (<https://game.blockwasteproject.eu/>) ein interaktives Rollenspiel, das sich auf das MSW-Management mit der Integration eines einfachen Blockchain-Problems konzentriert. Das Spiel ermöglicht die Interaktion einer Klassengruppe durch den Einsatz von Computern (aber auch Tablets oder sogar Smartphones), und es zeigt in Echtzeit den Fortschritt der gesamten Klasse.

Das Spiel umfasst zwei verschiedene Rollen, nämlich den Bürgermeister (vermutlich verantwortlich für die MSW-Verwaltungsbehörde) und die Haushalte. Die Klassengruppe wird zu Beginn des Spiels in diese beiden Gruppen aufgeteilt, aber die Rolle des Bürgermeisters wird nur einer Person zugewiesen. Während des Spiels liefern die „Haushalte“ anhand der in der erstellten MSW-Datenbank gesammelten Informationen (O3/O1) Angaben über die Menge und Zusammensetzung der MSW pro Monat (für ein Jahr) und die Zeit, die der separaten MSW an der Quelle gewidmet ist (letztere wird in einen Geldwert übersetzt), die die Recyclingquote bestimmt. Der „Bürgermeister“ wählt eine MSW-Behandlungsoption (es gibt vier verschiedene Alternativen) und definiert monatlich die Kommunalgebühren, die jedem Haushalt berechnet werden, basierend auf der Gesamtabfallmenge, den getrennten und gemischten Abfallmengen, der Sammlung, Aufbereitungs- und Entsorgungskosten sowie die potenziellen Einnahmen aus recycelbaren Materialien oder der Stromerzeugung aus Biogas.

Rollenspiele helfen den Studierenden, ihre Ziele zu erreichen (z. B. möchte der Bürgermeister die Entsorgung von Abfällen auf Deponien minimieren oder die Haushalte möchten die Kosten für die Verwaltung von MSW minimieren). Das Spiel ermöglicht die Interaktion einer Klassengruppe durch den Einsatz von Computern (aber auch Tablets oder sogar Smartphones), und es zeigt in Echtzeit den Fortschritt der gesamten Klasse. Die effektive Leistung des Instruments wird durch die Präsenz von Wegen mit unterschiedlichen MSW-Behandlungssystemen und unterschiedlichen Zielen zwischen Haushalten und Gemeinden oder zwischen Haushalten selbst gewährleistet. Auf diese Weise wirkt sich das Tool direkt auf das Management von MSW und die derzeit bestehenden schlechten Praktiken im Hinblick auf die Genauigkeit der Informationen über Arten, Mengen und Endziele von MSW-Abfällen aus.

Am Ende des Spiels, d. h. nach der Ausführung des Spiels über 12 Zeiträume (d. h. Monate), kann ein Bericht erstellt werden, in dem die von den Spielern (d. h. dem Bürgermeister und den Haushalten) verfolgten Wege aufgeführt sind, einschließlich Informationen über die Art, Menge und Endziele von MSW-Abfällen, die MSW-Sammlung, Die Kosten für Behandlung und Entsorgung, die Einnahmen aus dem Recycling und der Verwendung bestimmter Abfälle usw. auf diese Weise können die Kursgruppe und der Kursleiter die strategischen Ziele der Akteure und die Auswirkungen dieser Strategien auf die Managementpraktiken von MSW diskutieren.

### 3.2. Detaillierte Beschreibung der Berechnungen des Spiels

Vor der Diskussion der Rollen und der für das Spiel erforderlichen Beiträge ist es notwendig, die grundlegenden Annahmen und Berechnungen, die hinter den Ergebnissen stehen, im Detail zu demonstrieren. Um die Instruktoren und die Spieler des Spiels zu erleichtern, werden die Details für die beiden Rollen im Folgenden separat angegeben.

### 3.2.1. Haushalte

Für die Haushalte berücksichtigt das Spiel folgende Variablen:

- HH-Mitglieder
- MSW-Generation pc/Jahr
- HH-MSW-Generierung/Monat
- Zusammensetzung von MSW:
  - Organische Stoffe
  - Papier
  - Kunststoffe
  - Metall
  - Glas
  - Andere
- Zeitaufwand für die Abfallsortierung (zwischen 0-45 Minuten pro Woche)
- Zeitwert (€/Stunde.Monat)
- Prozentsatz des Abfalls, der in verschiedenen Behältern getrennt ist
- Prozentsatz gemischter MSW (gemischter Abfall, organischer und anderer Abfall)
  
- Kommunalgebühren (€/Monat)
- Gesamtkosten (€/Monat)

Die Variablen HH-Mitglieder, MSW-Generation pc/Jahr, Zusammensetzung von MSW und die Zeit, die für die Abfallsortierung aufgewendet wird, werden vom Benutzer definiert. Insbesondere können die MSW-Generation pc/Jahr und die Zusammensetzung von MSW von der MSW-Datenbank abgerufen werden, die O3/O1 erstellt wurde. Die Datenbank umfasst Daten zur Erzeugung und Verwaltung von MSW in europäischen Ländern, sozioökonomische Daten, Zusammensetzung von MSW, Preise für recycelte Kunststoffe, Glas und Papier usw.

Die Zeit, die für die Abfallsortierung aufgewendet wurde, basierte auf der Annahme, dass ein Haushalt zwischen 15 und 45 Minuten pro Woche für das Recycling aufwendet und (Nainggolan et al., 2019) dass diejenigen, die seinen Hausmüll sortieren, durchschnittlich 30 Minuten pro Woche dafür (Bruvoll et al., 2002) verwenden. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse wurde angenommen, dass ein Zusammenhang zwischen der Zeit, die auf der Ebene der Quelle für die Trennung von Abfällen aufgewendet wurde, und dem Prozentsatz des Abfalls, der in verschiedenen Behältern getrennt wurde, besteht, was in Tabelle 1 gezeigt wird.

*Tabelle 1. Verhältnis zwischen der Zeit, die für die Abfalltrennung aufgewendet wurde, und dem Prozentsatz des Abfalls, der in verschiedenen Behältern getrennt wurde*

Zeit, die für die Abfalltrennung aufgewendet wurde (Minuten pro Woche)	Prozentsatz des Abfalls, der in verschiedenen Behältern getrennt ist
0-2	0%
3-10	10%
11-15	25%
16-20	50 %
21-30	75%
31-45	100%

Der Prozentsatz der gemischten MSW wird wie folgt durch den Prozentsatz der Abfälle, die in verschiedenen Behältern getrennt sind, geschätzt:

$$\text{Prozentsatz gemischter MSW} = 1 - \text{Prozentsatz des Abfalls, der in verschiedenen Behältern getrennt ist}$$

Der Wert der Zeit, die für die Sortierung des Abfalls aufgewendet wurde, basierte auf früheren Umfragen (Bartelings & Sterner, 1999; Bruvoll et al., 2000; Huhtala, 2010; Lee et al., 2017; Nainggolan et al., 2019). Der Zeitwert liegt deutlich zwischen 0,3 € pro Stunde (Bruvoll et al., 2000) und 283,9 € pro Stunde, basierend auf der durchschnittlichen Anzahl der Stunden, die für die Sortierung und das durchschnittliche Einkommen pro Stunde nach Steuern aufgewendet werden. (Bartelings & Sterner, 1999) Für das Spiel wurde ein Zeitwert von 15 € pro Stunde angenommen.

Die Gemeindegebühren werden vom Bürgermeister festgelegt, wie später in diesem Handbuch erläutert, und die Gesamtkosten für den Haushalt werden wie folgt geschätzt:

$$\text{Gesamtkosten} = \text{Zeitwert} + \text{Kommunalgebühren}$$

### 3.2.2. Bürgermeister

Es gibt vier alternative Abfallbewirtschaftungssysteme als Optionen für die kommunalen Behörden:

- S1. Aerobe MBT – Kompost
- S2. Anaerobe MBT – Kompost
- S3. Anaerobe MBT – anaerob
- S4. Biodrying MBT - anaerob

Diese Alternativen werden im Folgenden näher erläutert.

#### S1. Aerobe MBT – Kompost

Nach Angaben von S1 werden gemischte Abfälle (d. h. Organische Stoffe, Papier, Kunststoffe, Metall, Glas und andere) werden an eine mechanisch-biologische Behandlungsanlage (MBT) mit aerober Verdauung geleitet. Die Anlage produziert als Output:

- Papier
- Kunststoffe
- Metall
- Glas
- Andere
- RDF
- Kompostähnliche Ausgabe (CLO)

Es gibt auch Verluste (Feuchtigkeit) und Rückstände, die auf einer Deponie beseitigt werden.

Die organischen Stoffe aus den abgetrennten Abfällen werden an eine aerobe Bioabfallbehandlungsanlage geleitet, die Kompost produziert. Es gibt wieder Verluste durch Feuchtigkeit. Papier, Kunststoffe, Metall, Glas und andere Abfälle werden in eine Materialrückgewinnungsanlage (MRF) überführt, die saubere Wertstoffe herstellt.

### S2. Anaerobe MBT – Compost

Nach Angaben von S2 werden gemischte Abfälle (d. h. Organische Stoffe, Papier, Kunststoffe, Metall, Glas und andere) werden an eine mechanisch-biologische Behandlungsanlage (MBT) mit anaerob Verdauung geleitet. Die Anlage produziert als Output:

- Papier
- Kunststoffe
- Metall
- Glas
- Andere
- RDF
- Kompostähnliche Ausgabe (CLO)
- Strom aus Biogas

Es gibt auch Verluste (Feuchtigkeit) und Rückstände, die auf einer Deponie beseitigt werden.

Die organischen Stoffe aus den abgetrennten Abfällen werden an eine aerobe Bioabfallbehandlungsanlage geleitet, die Kompost produziert. Es gibt wieder Verluste durch Feuchtigkeit. Papier, Kunststoffe, Metall, Glas und andere Abfälle werden in eine Materialrückgewinnungsanlage (MRF) überführt, die saubere Wertstoffe herstellt.

### S3. Anaerobe MBT – anaerob

Nach Angaben von S3 werden gemischte Abfälle (d. h. Organische Stoffe, Papier, Kunststoffe, Metall, Glas und andere) werden an eine mechanisch-biologische Behandlungsanlage (MBT) mit anaerob Verdauung geleitet. Die Anlage produziert als Output:

- Papier
- Kunststoffe
- Metall
- Glas
- Andere
- RDF
- Kompostähnliche Ausgabe (CLO)
- Strom aus Biogas

Es gibt auch Verluste (Feuchtigkeit) und Rückstände, die auf einer Deponie beseitigt werden.

Die organischen Stoffe aus den abgetrennten Abfällen werden an eine anaerobe Bioabfallbehandlungsanlage geleitet, die Strom aus Biogas und Kompost erzeugt. Es gibt wieder Verluste durch Feuchtigkeit. Papier, Kunststoffe, Metall, Glas und andere Abfälle werden in eine Materialrückgewinnungsanlage (MRF) überführt, die saubere Wertstoffe herstellt.

#### S4. Biodrying MBT - anaerob

Nach Angaben von S4 werden gemischte Abfälle (d. h. Organische Stoffe, Papier, Kunststoffe, Metall, Glas und andere) werden an eine Biodrying Mechanical Biological Treatment (MBT)-Einrichtung weitergeleitet. Die Anlage produziert als Output:

- SRF
- Metall
- Glas

Es gibt auch Verluste (Feuchtigkeit) und Rückstände, die auf einer Deponie beseitigt werden.

Die organischen Stoffe aus den abgetrennten Abfällen werden an eine anaerobe Bioabfallbehandlungsanlage (BTF) geleitet, die Strom aus Biogas und Kompost erzeugt. Es gibt wieder Verluste durch Feuchtigkeit. Papier, Kunststoffe, Metall, Glas und andere Abfälle werden in eine Materialrückgewinnungsanlage (MRF) überführt, die saubere Wertstoffe herstellt.

Basierend auf den Input und Output jedes alternativen MSW-Managementszenarios erhält der Bürgermeister Informationen über:

- Die Gesamtmenge an MSW, die von jedem Haushalt erzeugt wurde, die Menge an MSW, die von jedem Haushalt getrennt wurde, und die Menge an MSW, die als gemischter Abfall entsorgen wurde
- Die gesamten MSW-Sammelkosten (für getrennte, gemischte und Gesamtabfälle)
- Die gesamten MSW-Behandlungskosten (für getrennte, gemischte und Gesamtabfälle)
- Die Gesamteinnahmen aus dem Verkauf von Kompost, recycelten Materialien, Elektrizität usw. (für getrennte, gemischte und Gesamtabfälle)
- Die Nettogesamtkosten (für getrennte, gemischte und Gesamtabfälle)
- Die Nettokosten pro kg (für getrennte, gemischte und Gesamtabfälle)
- Die Nettokosten pro Haushalt

Es wird davon ausgegangen, dass die Gesamtmenge von MSW sowie die Mengen von getrenntem und gemischtem MSW, die von jedem Haushalt erzeugt werden, bekannt sind (z. B. durch die Einführung angepasster Müllsäcke, die Verwendung von Sammelfahrzeugen mit Geräten zum Wiegen des Mülls, Platzieren Sie intelligente Abfallbehälter mit Waage, um das Gewicht und RFID-Tags (Radio Frequency Identification) zu messen, um Haushalte usw. zu identifizieren.

Die Inkassokosten werden wie folgt veranschlagt:

*Sammelkosten für gemischten Abfall (€) = Sammelkosten (€/t) \* Gemischte MSW-Menge (t)*

*Sammelkosten für getrennte Abfälle (€) = Sammelkosten (€/Tonne) \* getrennte MSW-Menge (Tonne)*

*Sammelkosten für Gesamtabfall (€) = Sammelkosten (€/t) \* Gesamtmenge der Nachnahmegebühr (t)*

In ähnlicher Weise werden die Behandlungskosten je nach Behandlungseinrichtung wie folgt veranschlagt:

*Behandlungskosten für gemischte Abfälle (MBT aerob) (€) = Behandlungskosten (€/Tonne) \* gemischte MSW-Menge (Tonne)*

*Behandlungskosten für gemischte Abfälle (MBT anaerob) (€) = Behandlungskosten (€/Tonne) \* gemischte MSW-Menge (Tonne)*

*Behandlungskosten für getrennte organische Abfälle (BTF Aerobic) (€) = Behandlungskosten (€/Tonne) \* getrennte organische Abfälle (Tonne)*

*Behandlungskosten für getrennte organische Abfälle (BTF anaerob) = Behandlungskosten (€/Tonne) \* getrennte organische Abfälle (Tonne)*

*Behandlungskosten für getrennte Materialien, z. B. Kunststoffe, Glas usw. (MRF) (€) = Behandlungskosten (€/Tonne) \* getrennte Materialien (Tonne)*

Die Einnahmen werden durch Multiplikation der Abfälle 'Produkte' (z.B. Strom, Wertstoffe, etc.) mit dem jeweiligen Preis geschätzt.

Die Nettokosten werden berechnet, indem die Einnahmen von den Kosten abgezogen werden, d. h.:

*Nettokosten für gemischte Abfälle (€) = Gesamtkosten für gemischte Abfälle (€) – Einnahmen für gemischte Abfälle (€)*

*Nettokosten für getrennte Abfälle (€) = Gesamtkosten für getrennte Abfälle (€) – Einnahmen für getrennte Abfälle (€)*

*Nettokosten für Gesamtabfall (€) = Gesamtkosten für Gesamtabfall (€) – Einnahmen für Gesamtabfall (€)*

Die Nettokosten pro kg Abfall werden angegeben durch:

*Nettokosten für gemischte Abfälle pro kg (€/kg) = Nettokosten für gemischte Abfälle (€) / gemischte MSW-Menge (kg)*

*Nettokosten für getrennten Abfall pro kg (€/kg) = Nettokosten für getrennten Abfall (€) / getrennte MSW-Menge (kg)*

*Nettokosten für Gesamtabfall pro kg (€/kg) = Nettokosten für Gesamtabfall (€) / Gesamtmenge MSW (kg)*

Schließlich werden die Nettokosten pro Haushalt nach der folgenden Gleichung berechnet:

*Nettokosten pro Haushalt (€) = Nettokosten für gemischte Abfälle pro kg (€/kg) \* Gemischte MSW-Menge pro Haushalt (kg) + Nettokosten für getrennte Abfälle pro kg (€/kg) \* Getrennte MSW-Menge pro Haushalt (kg)*

Auf der Grundlage der Ergebnisse für die Nettokosten pro Haushalt muss der Bürgermeister die Kommunalgebühren definieren, die jedem Haushalt zu berechnen sind. Die Gebührenpolitik des Bürgermeisters hat ein hohes Maß an Freiheit, solange die Gesamtgebühren die Nettokosten der MSW-Verwaltung decken (ein Beispiel ist in einem folgenden Abschnitt angegeben).

### 3.2.3. Hauptannahmen

Zur Durchführung der Berechnungen wurden die folgenden technischen und finanziellen Annahmen berücksichtigt. Die Annahmen basierten auf Daten, die von wissenschaftlicher und

grauer Literatur (z. B. (Arcadis & Eunomia, 2010; Hogg, n.d.; Lasaridi et al., 2006; Seruga et al., 2020; Velis et al., 2010), Sowie die Abfallbewirtschaftungsexperten, die am BlockWaste-Projekt teilnehmen.

#### A. Technische Annahmen

Die technischen Annahmen beziehen sich auf die Rückgewinnung von Materialien aus der MBT-Anlage, die Umrechnungsfaktoren für die Produktion von Biogas und Strom aus der anaeroben Behandlung organischer Stoffe in MBT und BTF sowie die Rückgewinnung von Materialien aus dem MRF-Plan.

Die technischen Annahmen sind in den folgenden Tabellen dargestellt.

*Tabelle 2. Technische Annahmen für die aerobe MBT*

<b>Produkte von MBT (aerob)</b>	<b>Recovery-Faktoren</b>
Wertstoffe	
- Papier (kg)	56%
- Kunststoffe (kg)	59%
- Metall (kg)	95%
- Glas (kg)	90%
- Sonstige (kg)	50 %
CLO (kg) für die Deponieabdeckung oder Bodensanierung	52%
RDF (kg) für die Energieerzeugung	15%
Verluste	20%

*Tabelle 3. Technische Annahmen für die anaerobe MBT*

<b>Produkte von MBT</b>	<b>Recovery-Faktoren</b>
Wertstoffe	
- Papier (kg)	56%
- Kunststoffe (kg)	59%
- Metall (kg)	95%
- Glas (kg)	90%
- Sonstige (kg)	50 %
Biogas (m <sup>3</sup> )	105 m <sup>3</sup> /Tonne
Strom (kWh)	150,4 kWh/Tonne
CLO (kg) für die Deponieabdeckung oder Bodensanierung	31%
RDF (kg) für die Energieerzeugung	15%
Verluste (kg)	25%

*Tabelle 4. Technische Annahmen für den aeroben BTF*

Organische Stoffe aus abgetrenntem Abfall	Recovery-Faktoren
Kompost	55%
Verluste	45%

*Tabelle 5. Technische Annahmen für den anaeroben BTf*

Organische Stoffe aus abgetrenntem Abfall	Recovery-Faktoren
Biogas (m <sup>3</sup> )	110 m <sup>3</sup> /Tonne
Strom (kWh)	240 kWh/Tonne
Kompost	16%

Für die Materialrückgewinnungsfazität (MRF) wird ein Rückgewinnungsfaktor von 100 % vorausgesetzt, dass die Materialien aus verschiedenen Behältern gesammelt werden.

### B. Finanzielle Annahmen

Die finanziellen Annahmen beziehen sich auf MSW-Kosten für Sammlung, Behandlung und Deponierung sowie Einnahmen aus dem Verkauf von Elektrizität, recycelten Materialien, Kompost, SRF und CLO. Es wird angenommen, dass der produzierte RDF für die Energieerzeugung verwendet wird, aber sein Preis liegt praktisch bei Null.

Die folgenden Tabellen (Tabelle 6 und Tabelle 7) stellen die finanziellen Annahmen dar, die für die Berechnungen des MSW Management Tools verwendet werden.

*Tabelle 6. Kostenannahmen*

Kostenkategorie	Kosten (€/Tonne)
Sammelkosten - Mischabfall	60
Sammelkosten - gemischte Wertstoffe	140
Sammelkosten - organisch	80
Abholkosten - Papier	60
Sammelkosten - Kunststoffe	350
Sammelkosten - Metalle	150
Abholkosten - Glas	60
Abholkosten - andere Wertstoffe	100
Kosten für Deponierung	100
Kompostierung	65
Anaerobe MBT	90
Aerobe MBT	70
Biodrying MBT	80
Anaerobe Verdauung	60
Sortierung nach gemischten Wertstoffen	180
Verarbeitung von abgetrenntem Abfall	50

*Tabelle 7. Umsatzannahmen*

Umsatzkategorie	Erlöse (€/Tonne und €/MWh für Strom)
Strom (EUR/MWh)	129
Papier	100
Kunststoffe	250
Metall	212,5
Glas	40
Andere	20
Kompost	20
SRF	25
CLO	1
RDF	0

**Hinweis:** RDF wird für die Energieerzeugung verwendet, aber der Preis liegt bei 0

### 3.2.4. MSW Management Tool zur Analyse

Das MSW Management Tool bietet eine Vielzahl technischer und finanzieller Ergebnisse. Genauer gesagt analysiert das Tool den Input und Output aller Aufbereitungsanlagen, die Kosten für Sammlung, Behandlung und Deponierung (für gemischte, getrennte und gesamte MSW), die Einnahmen aus verschiedenen Abfallströmen und Produkten sowie die Nettokosten (für gemischte, getrennte und gesamte MSW) für die Gesamtmengen, Pro kg Abfall (für gemischte, getrennte und gesamte MSW) und pro Haushalt. Es ist zu beachten, dass die Analyse zu Berechnungszwecken vom Haushalt durchgeführt wird. Dennoch stellt das Online-MSW-Management-Tool nur die Ergebnisse vor, die in einem realen Fall verfügbar wären (z. B. Materialgesamtmengen, Gesamtkosten, Kosten pro kg basierend auf den Gesamtkosten und den MSW-Gesamtmengen usw.). Zu Bildungszwecken wird jedoch als Begleitmaterial eine Excel-Datei bereitgestellt, die alle Berechnungen detailliert aufführt und dem Kursleiter und der Klassengruppe die Möglichkeit bietet, mit verschiedenen Eingabedaten zu experimentieren sowie eigene Szenarien zu formulieren.

Die folgenden Tabellen zeigen beispielhaft die Ausgabe von S1. Aerobe MBT – Kompost.

Ταβέλλα 8. Αβφάλλζυςαμμνςςζττ και -Σαμμλττ πρσ Ηαυςαλττ

	Αβφάλλζυςαμμνςςζττ						Αβφάλλςαμμλττ		
	Οργανίςςεςςεςς (kg)	Παπίρ (kg)	Κυςςτςςτφεςςεςς (kg)	Μετáλλ (kg)	Γλας (kg)	Άνδερε (kg)	Γεμίςςχττ Σαμμλεαβφάλλ (kg)	Γετρενντ γεςςαμμλεττ Αβφάλλ (kg)	Γεςςαμττ Αβφάλλ (kg)
Ηαυςαλττε									
HH1	36,6	18,7	15,3	2,6	0,0	11,9	0,0	85,0	85,0
HH2	42,0	21,0	12,6	1,1	3,2	25,2	26,3	78,8	105,0
HH3	64,8	27,8	21,6	3,1	3,1	33,9	138,8	15,4	154,2
<b>Συμμεν</b>	<b>143,3</b>	<b>67,5</b>	<b>49,5</b>	<b>6,7</b>	<b>6,2</b>	<b>71,0</b>	<b>165,0</b>	<b>179,2</b>	<b>344,2</b>

Ταβέλλα 9. Είγγαγγ έγγρ έγγε αερόβε ΜΒΤ-Ανλγε

ΜΒΤ (ΑΕΡΟΒΕ ΒΕΡΔΑΥΥΓ) - ΕΙγγΑγγ							
Αυςς γεμίςςχττ Αβφάλλ							
Ηαυςαλττε	Γεςςαμττ Αβφάλλ (kg)	Οργανίςςεςςεςς (kg)	Παπίρ (kg)	Κυςςτςςτφεςςεςς (kg)	Μετáλλ (kg)	Γλας (kg)	Άνδερε (kg)
HH1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
HH2	26,3	10,5	5,3	3,2	0,3	0,8	6,3
HH3	138,8	58,3	25,0	19,4	2,8	2,8	30,5
<b>Συμμεν</b>	<b>165,0</b>	<b>68,8</b>	<b>30,2</b>	<b>22,6</b>	<b>3,0</b>	<b>3,6</b>	<b>36,8</b>

Табелле 10. Ergebnisse aus der aeroben MBT-Anlage

MBT (AEROBE VERDAUUNG) - AUSGANG									
Aus gemischtem Abfall									
Haushalte	Papier (kg)	Kunststoffe (kg)	Metall (kg)	Glas (kg)	Andere (kg)	CLO (kg)	RDF (kg)	Verluste (kg)	Rückstände (kg)
HH1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
HH2	2,9	1,9	0,2	0,7	3,2	5,5	2,4	2,1	7,4
HH3	14,0	11,5	2,6	2,5	15,3	30,3	12,1	11,7	38,9
<b>Summen</b>	<b>16,9</b>	<b>13,3</b>	<b>2,9</b>	<b>3,2</b>	<b>18,4</b>	<b>35,8</b>	<b>14,4</b>	<b>13,8</b>	<b>46,3</b>

Табелле 11. Input und Output für den aeroben BTF

	BIOABFALLBEHANDLUNG (AEROB) - INPUT	BIOABFALL- BEHANDLUNGSANLAGE (AEROB) - AUSGANG	
Aus separierten organischen Stoffen			
Haushalte	Organische Stoffe (kg)	Kompost (kg)	Verluste (kg)
HH1	36,6	20,1	16,4
HH2	31,5	17,3	14,2
HH3	6,5	3,6	2,9
<b>Summen</b>	<b>74,5</b>	<b>41,0</b>	<b>33,5</b>

Table 12. Input and Output for the Material Recovery Facility

MRF (MATERIALRÜCKGEWINNUNGSANLAGE) / INPUT=OUTPUT					
Aus getrenntem Abfall					
Haushalte	Papier (kg)	Kunststoffe (kg)	Metall (kg)	Glas (kg)	Andere (kg)
HH1	18,7	15,3	2,6	0,0	11,9
HH2	15,8	9,5	0,8	2,4	18,9
HH3	2,8	2,2	0,3	0,3	3,4
<b>Summen</b>	<b>37,2</b>	<b>26,9</b>	<b>3,6</b>	<b>2,7</b>	<b>34,2</b>

Table 13. Collection costs for mixed and sorted waste (€/kg)

Inkassokosten							
Haushalte	Gemischter Abfall	Getrennter Abfall					
		Organische Stoffe	Papier	Kunststoffe	Metall	Glas	Andere
HH1	0,0	2,9	1,1	5,4	0,4	0,0	1,2
HH2	1,6	2,5	0,9	3,3	0,1	0,1	1,9
HH3	8,3	0,5	0,2	0,8	0,0	0,0	0,3
<b>Summen</b>	<b>9,9</b>	<b>6,0</b>	<b>2,2</b>	<b>9,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>	<b>3,4</b>

Tabelle 14. Behandlungskosten für gemischte und getrennte Abfälle (€/kg)

		Behandlungskosten					
		Gemischter Abfall	Getrennter Abfall				
	Organische Stoffe		Papier	Kunststoffe	Metall	Glas	Andere
Haushalte							
HH1	0,0	2,4	0,9	0,8	0,1	0,0	0,6
HH2	1,8	2,0	0,8	0,5	0,0	0,1	0,9
HH3	9,7	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2
<b>Summen</b>	<b>11,6</b>	<b>4,8</b>	<b>1,9</b>	<b>1,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>1,7</b>

Tabelle 15. Deponie und Gesamtkosten für gemischte und getrennte Abfälle (€/kg)

	Deponiekosten	Gesamtkosten	Gesamtkosten	Gesamtkosten
		Gemischter Abfall	Getrennter Abfall	Gesamtabfall
Haushalte				
HH1	0,0	0,0	15,8	15,8
HH2	0,7	4,2	13,3	17,5
HH3	3,9	21,9	2,7	24,6
<b>Summen</b>	<b>4,6</b>	<b>26,1</b>	<b>31,8</b>	<b>57,9</b>

Tabelle 16. Einnahmen aus Mischabfällen (€/kg)

		Erlöse aus						
		Gemischter Abfall						
Haushalte		Papier	Kunststoffe	Metall	Glas	Andere	CLO	RDF
HH1		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
HH2		0,3	0,5	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
HH3		1,4	2,9	0,6	0,1	0,3	0,0	0,0
<b>Summen</b>		<b>1,7</b>	<b>3,3</b>	<b>0,6</b>	<b>0,1</b>	<b>0,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>Gesamteinnahmen aus gemischtem Abfall</b>								<b>6,2</b>

Tabelle 17. Einnahmen aus getrennten Abfällen (€/kg)

		Erlöse aus					
		Getrennter Abfall					
Haushalte		Kompost	Papier	Kunststoffe	Metall	Glas	Andere
HH1		0,4	1,9	3,8	0,5	0,0	0,2
HH2		0,3	1,6	2,4	0,2	0,1	0,4
HH3		0,1	0,3	0,5	0,1	0,0	0,1

Summen	0,8	3,7	6,7	0,8	0,1	0,7
	Gesamteinnahmen aus getrennten Abfällen					12,8

Tabelle 18. Nettokosten (€) pro kg für gemischten, getrennten und Gesamtabfall

Nettokosten gemischter Abfälle pro kg	Nettokosten für getrennte Abfälle pro kg	Nettokosten des Gesamtabfalls pro kg
0,121	0,106	0,113

Tabelle 19. Gesamtumsatz und Nettokosten (€/kg)

	Gesamtumsatz	Nettokosten Gemischter Abfall	Nettokosten Getrennter Abfall	Nettokosten Gesamtabfall	Nettokosten für Gemeinde Pro Haushalt
<b>Haushalte</b>					
HH1	6,9	0,0	8,9	8,9	9,0
HH2	5,8	3,2	8,4	11,7	11,5
HH3	6,3	16,7	1,7	18,3	18,4
<b>Summen</b>	<b>19,0</b>	<b>19,9</b>	<b>19,0</b>	<b>38,9</b>	<b>38,9</b>



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



### 3.3. Detaillierte Beschreibung der Rollen

#### 3.3.1. Das Spiel wird gestartet

Das Spiel ist unter <https://game.blockwasteproject.eu/> verfügbar. Um mehr Flexibilität zu bieten, umfasst das Spiel fünf verschiedene Slots, die es fünf verschiedenen Teams ermöglichen, gleichzeitig zu spielen. Um ein Spiel zu starten, muss der Spieler, der mit der Rolle des Bürgermeisters beauftragt ist, zuerst in s freien Slot (Abbildung 20) eintreten. Danach müssen die restlichen Spieler den gleichen Slot betreten. Die Gesamtzahl der Spieler, die als 'Haushalte' agieren können, beträgt 30. Daher muss jeder Spieler vor Beginn des Spiels einer eindeutigen Zahl zwischen 1 und 30 zugewiesen werden.

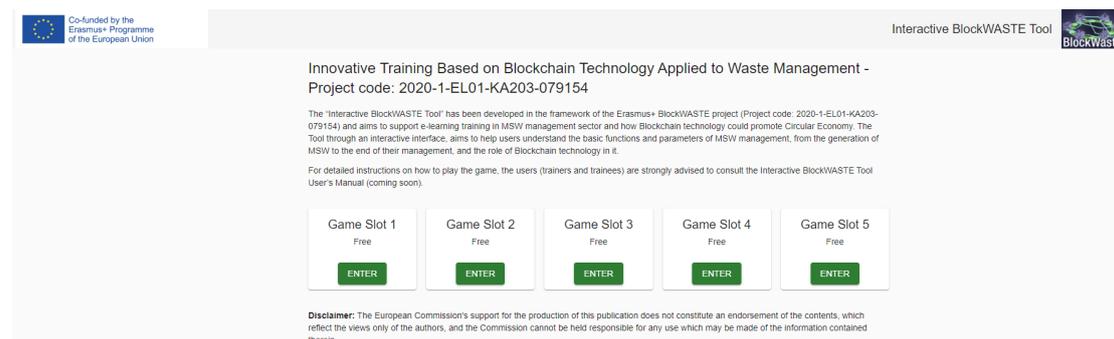


Abbildung 20: Der Startbildschirm des Spiels

#### 3.3.2. Haushalte

Sobald die 'Haushalts' Spieler den Slot betreten,

Nach der Anmeldung klickt der Benutzer auf die Schaltfläche „Daten hinzufügen“ und das Fenster wird erweitert (Abbildung 21), sodass der Spieler die folgenden Informationen angeben kann:

- Haushaltsmitglieder
- MSW-Generation pro Kopf und Jahr
- Zusammensetzung der MSW des Haushalts
- Zeitaufwand für die Abfallsortierung (in Minuten pro Woche)
- Monat des Jahres

Nach der Eingabe der Daten muss der Nutzer auf die Schaltfläche „Absenden“ klicken, um sie abzusenden. Das Spiel beginnt immer mit dem ersten Monat des Jahres (d. h. Januar) entsperrt. Der nächste Monat wird automatisch entsperrt, wenn der Spieler die Gemeindegebühren des Vormonats vom Bürgermeister erhält.

Add data

Household members \* 4 MSW generation \* 420 pc/year

Organic: 39% Paper: 24% Plastic: 20% Metal: 4% Glass: 4% Other: 9%

Time spent on sorting waste (between 0-45) \* 25 minutes per week Choose month \* March

Submit

Abbildung 21. Das Fenster „Daten hinzufügen“

Um die Daten zu übermitteln, muss der Nutzer jedoch ein kurzes – und vereinfachtes – Blockchain-Problem lösen, d.h. einen geeigneten Nonce finden, der einen Hash berechnet, der durch 3 ( ) gleichermaßen teilbar Abbildung 22 ist.

Balance: €0.00

Add data

Household members \* 3 MSW generation \* 440 pc/year

Organic: 37% Paper: 12% Plastic: 14% Metal: 6% Glass: 9% Other: 22%

Time spent on sorting waste (between 0-45) \* 25 minutes per week Choose month \* January

Submit

Block	Area	Householder	Total waste	Nonce (1-3)	a	b	c	Last two digits from prev. Hash	Hash	Solved
1	Green	Mj37gcj8e1vs	18	Nonce (1-3) *	71	77	18	2	168	✗
2	Green	P8zch630ye76	94	Nonce (1-3) *	71	80	94	68	313	✗
3	Red	Rz8mbde90lyo	2	Nonce (1-3) *	82	82	2	13	179	✗

Abbildung 22: Das vereinfachte Blockchain-Problem

Wenn das Problem erfolgreich gelöst wurde, wird die Schaltfläche „Senden“ grün und der Benutzer ist bereit, die Daten an den ‘Mayor’ ( ) zu senden.

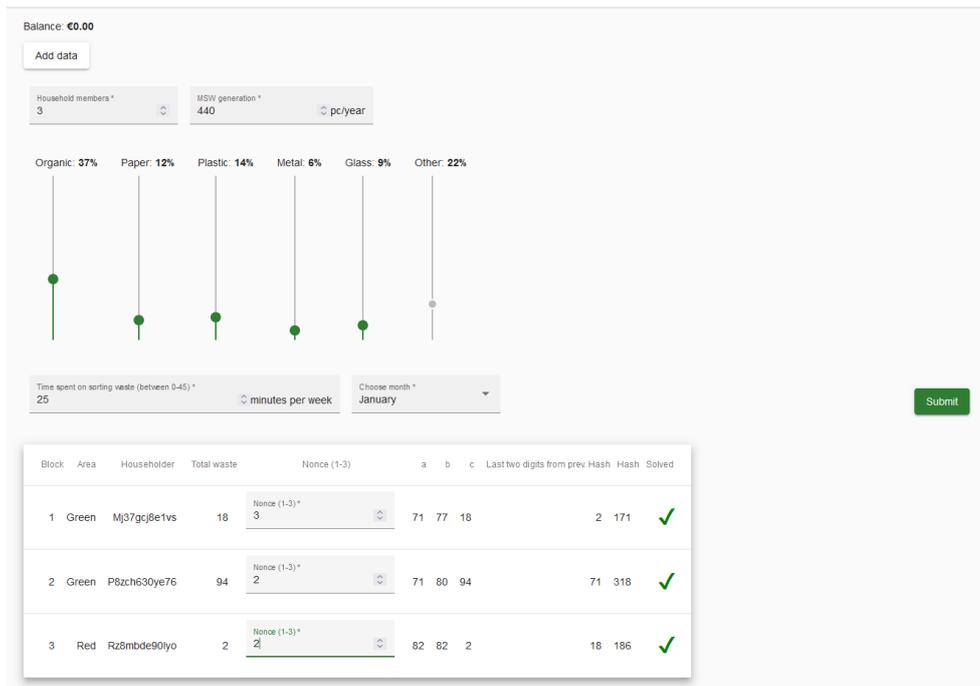


Abbildung 23: Ansicht eines gelösten Blockchain-Problems, das die Übermittlung der Daten ermöglicht

Nach dem Senden der Daten erhält der Nutzer die Gemeindegebühren (wie vom Bürgermeister festgelegt) und erhält seine Gesamtkosten (d. h. den Wert der Zeit, die für die Abfallsortierung aufgewendet wurde, zuzüglich der Gemeindegebühren).

Im Laufe des Spiels hat der Nutzer die Möglichkeit, die Ergebnisse der vergangenen Monate für seinen Haushalt ( ) oder für alle am Spiel teilnehmenden Haushalte ( ) zu überwachen (Abbildung 24 und Abbildung 25) (ohne jedoch die wahre Identität der anderen Spieler oder andere 'sensible' Daten zu kennen, Z. B. die Anzahl der Haushaltsmitglieder, die MSW-Generation pro Kopf usw.).

Only show my entries

Month: All | Household: All

Household	HH members	MSW generation pc/year	HH MSW generation/ month	Time spent on sorting waste (between 0-45 minutes per week)	Value of time (Euros/ hour.month)	Percentage of recyclables separated (different bins)	percentage of mixed MSW (mixed waste, organic and other)	Total cost (Euros/month)	Municipal fees (Euros/month)
<b>January</b>									
Me	2	410	68.33	35	15	100%	0%	21.5	6.5
<b>February</b>									
Me	2	410	68.33	40	15	100%	0%	21	6
<b>Total</b>				<b>75</b>	<b>€30.00</b>			<b>€42.50</b>	<b>€12.50</b>

Abbildung 24. Das Ergebnisfenster (nur für Spielereinträge)

Only show my entries

Month: All

Household: All

Household	HH members	MSW generation pc/year	HH MSW generation/ month	Time spent on sorting waste (between 0-45 minutes per week)	Value of time (Euros/ hour.month)	Percentage of recyclables separated (different bins)	percentage of mixed MSW (mixed waste, organic and other)	Total cost (Euros/month)	Municipal fees (Euros/month)
<b>January</b>									
Me	2	410	68.33	35	15	100%	0%	21.5	6.5
PK2	N/A	N/A	34.17	N/A	N/A	75%	25%	N/A	4
<b>February</b>									
Me	2	410	68.33	40	15	100%	0%	21	6
PK2	N/A	N/A	34.17	N/A	N/A	75%	25%	N/A	6
<b>Total</b>				<b>75</b>	<b>€30.00</b>			<b>€42.50</b>	<b>€12.50</b>

Abbildung 25. Das Ergebnisfenster (zeigt die Ergebnisse für alle Spieler an)

Das Spiel endet mit dem Erhalt der Gemeindegebühren für den letzten Monat des Jahres (d. h. Dezember).

### 3.3.3. Bürgermeister

Nach dem Betreten des Slots muss der Benutzer, dem die Rolle des 'Mayors' zugewiesen ist, eines der vier alternativen MSW-Verwaltungsszenarien auswählen und dann auf „Weiter“ (Abbildung 26) klicken.

## Choose your plan

As the mayor, you have to select a plan for ...

Choose wisely!

---

S1. Aerobic MBT - Compost

S2. Anaerobic MBT - Compost

S3. Anaerobic MBT - Anaerobic

S4. Biodrying MBT - Anaerobic

Abbildung 26. Das Fenster Auswahl des MSW-Managementplans

Anschließend wird der Benutzer in ein neues Fenster mit den Einträgen der teilnehmenden Haushalte geleitet (Abbildung 27). Die folgenden Informationen werden bereitgestellt:

- Gemischter, getrennter und gesamter Abfall, der von jedem Haushalt und gesammelt (d. h. erzeugt) wird
- Nettokosten für die Gemeinde pro Haushalt

Es sollte hervorgehoben werden, dass der 'Bürgermeister' vor der Berechnung der Gebühren warten muss, bis alle Haushalte reagieren.

Balance: -€11.31

Month: All Household: All

Household	Mixed collected waste (kg)	Separated collected waste (kg)	Total waste collected (Kg)	Net cost for municipality	Municipal fees (Euros/month)
<b>January</b>					
PK1	0	68.33	68.33	€6.63	Fee 6.5 € Save
PK2	8.543	25.628	34.17	€3.34	Fee 4 € Save
<b>February</b>					
PK1	0	68.33	68.33	€6.63	Fee 6 € Save
PK2	8.543	25.628	34.17	€3.34	Fee 6 € Save
<b>March</b>					
PK1	35	105	140	€13.85	Fee € Save
<b>Total</b>	<b>52.085</b>	<b>292.915</b>	<b>345</b>	<b>€33.81</b>	<b>€22.50</b>

Abbildung 27. Das 'grundlegende' Informationsfenster, in dem das verwendete die Gemeindegebühren definiert

Basierend auf den Nettokosten für die Gemeinde pro Haushalt wählt der 'Mayor' eine angemessene Gemeindegebühr aus. Die einzige Regel, die befolgt werden sollte, ist, dass der „Saldo“ für die Gemeinde nicht negativ sein darf (d. h. der Nutzer kann kein finanzielles Defizit verursachen). Abgesehen davon ist der Benutzer völlig frei, seine eigene Strategie auszuwählen. Angenommen, der 'Mayor' möchte den Haushalten, die recyceln, einen Rabatt von 10 % zu 100 % anbieten. Die Nettokosten für den Gesamtabfall pro kg werden nach folgender Gleichung berechnet:

$$\text{Nettokosten für Gesamtabfall pro kg (€/kg)} = \frac{\text{Nettokosten für Gesamtabfall (€)} / \text{Gesamtmenge MSW (kg)}}{[\text{Nettokosten für gemischten Abfall pro kg (€/kg)} * \text{Gesamtmenge gemischter MSW (kg)} + \text{Nettokosten für getrennten Abfall pro kg (€/kg)} * \text{Gesamtmenge getrennter MSW}] / \text{Gesamtmenge MSW (kg)}}$$

Der 'Bürgermeister' kennt die Nettokosten für gemischte Abfälle pro kg (€/kg), die Nettokosten für getrennte Abfälle pro kg (€/kg) und die Nettokosten für gemischte Abfälle pro kg (€/kg) sowie die gesamten gemischten und getrennten Abfallmengen.

Nehmen wir an, dass die oben genannten Zahlen sind, wie folgt

- Nettokosten für gemischte Abfälle pro kg (€/kg): 0,121
- Nettokosten für getrennte Abfälle pro kg (€/kg): 0,106
- Nettokosten für Gesamtabfall pro kg (€/kg): 0,113
- Gemischter MSW insgesamt (kg): 165
- Getrennte MSW insgesamt (kg): 179,2
- Gesamt-MSW (kg): 344,2

Der Rabatt von 10 % führt zu einer Kommunalgebühr von 0,095 für getrennte Abfälle pro kg (€/kg) (d. h. 90 % \* 0,106). Um das finanzielle Defizit zu vermeiden, muss der 'Mayor' die Gemeindegebühr für den gemischten Abfall pro kg erhöhen, um die Nettokosten für den Gesamtabfall pro kg konstant zu halten (d. h. 0,113 €/kg). Die Gemeindegebühr für den Mischabfall pro kg kann wie folgt berechnet werden:

*Nettokosten für gemischte Abfälle pro kg (€/kg) =*

*[Nettokosten für Gesamtabfall pro kg (€/kg) \* Gesamt-MSW (kg) - Nettokosten für getrennte Abfälle pro kg (€/kg) \* Gesamt-MSW] / Gesamt-MSW (kg)*

Wenn die Zahl des Beispiels ersetzt wird, ergeben sich Nettokosten für gemischte Abfälle pro kg (€/kg) von 0,132 €/kg (d.h. eine Steigerung von 9,1 %).

Durch Drücken der Schaltfläche „Bericht“ wird dem 'Mayor' weitere finanzielle Details präsentiert (Abbildung 28).

Month	Collection cost		Treatment cost		Landfill cost			Total cost			Revenues			Net cost			Net cost / waste (kg)		
	Mixed	Separated	Mixed	Separated	cost	Mixed	Separated	Total	Mixed	Separated	Total	Mixed	Separated	Total	Mixed	Separated	Total		
January	€0.5	€11.6	€0.6	€5.3	€0.2	€1.3	€17.0	€18.3	€0.5	€7.8	€8.3	€0.9	€9.1	€10.0	0.1	0.097	0.097		
February	€0.5	€11.6	€0.6	€5.3	€0.2	€1.3	€17.0	€18.3	€0.5	€7.8	€8.3	€0.9	€9.1	€10.0	0.1	0.097	0.097		
March	€2.1	€14.0	€2.5	€5.9	€0.9	€5.4	€19.8	€25.3	€2.0	€9.5	€11.4	€3.5	€10.4	€13.9	0.1	0.099	0.099		
April	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	0	0	0		
May	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	0	0	0		

Abbildung 28. Das erweiterte Fenster für Finanzinformationen

Durch die Aktivierung der Option „MBT-, Bioabfall- und MRF-Daten anzeigen“ erhält der 'Mayor' zusätzliche Daten zu den Materialflüssen (Input und Output) in den verschiedenen Behandlungseinrichtungen (Abbildung 29). Außerdem bietet das Tool die Möglichkeit, die detaillierten Ergebnisse zur weiteren Verarbeitung in eine CSV-Datei zu exportieren.

Month		Household											Plan	Show MBT, Blowaste, and MRF data	Dashboard																															
All		All											S1, Aerobic MBT - Com...																																	
	MBT - INPUT (Mixed waste)											MBT - OUTPUT											BIOWASTE TREATMENT FACILITY - INPUT				BIOWASTE TREATMENT FACILITY - OUTPUT				MATERIALS RECOVERY FACILITY / INPUT=OUTPUT (Separated waste)						Collection cost		Treatment cost		Landfill cost	Total cost		Revenues		
Month	Total waste (mixed)	Organic (kg)	Paper (kg)	Plastic (kg)	Metal (kg)	Glass (kg)	Other (kg)	Paper (kg)	Plastic (kg)	Metal (kg)	Glass (kg)	Other (kg)	Electricity (kwh)	CLO (kg)	RDF (kg)	SRF (kg)	Losses (kg)	Residues (kg)	Organic (kg)	Compost (kg)	Electricity (kwh)	Losses (kg)	Paper (kg)	Plastic (kg)	Metal (kg)	Glass (kg)	Other (kg)	Mixed	Separated	Mixed	Separated	cost	Mixed	Separated	Total	Mixed	Separated	Total								
January	8.5	3.8	1.8	1.9	0.3	0.2	0.6	1.0	1.1	0.3	0.2	0.3	0.0	2.0	0.7	0.0	0.8	2.2	41.3	22.7	0.0	18.6	25.9	15.9	3.1	0.5	7.3	€0.5	€11.6	€0.6	€5.3	€0.2	€1.3	€17.0	€18.3	€0.5	€7.8	€8.3								
February	8.5	3.8	1.8	1.9	0.3	0.2	0.6	1.0	1.1	0.3	0.2	0.3	0.0	2.0	0.7	0.0	0.8	2.2	41.3	22.7	0.0	18.6	25.9	15.9	3.1	0.5	7.3	€0.5	€11.6	€0.6	€5.3	€0.2	€1.3	€17.0	€18.3	€0.5	€7.8	€8.3								
March	35.0	13.7	8.4	7.0	1.4	1.4	3.2	4.7	4.1	1.3	1.3	1.6	0.0	7.1	3.2	0.0	2.7	9.0	41.0	22.5	0.0	18.4	25.2	21.0	4.2	4.2	9.5	€2.1	€14.0	€2.5	€5.9	€0.9	€5.4	€19.8	€25.3	€2.0	€9.5	€11.4								
April	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0								
May	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0								
June	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0								
July	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0								
August	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0								
September	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0								
October	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0								
November	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0								
<b>Total</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>6.7</b>	<b>6.3</b>	<b>2.0</b>	<b>1.6</b>	<b>2.2</b>	<b>0.0</b>	<b>11.0</b>	<b>4.6</b>	<b>0.0</b>	<b>4.2</b>	<b>13.4</b>	<b>123.6</b>	<b>68.0</b>	<b>0.0</b>	<b>55.6</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>€3.1</b>	<b>€37.2</b>	<b>€3.6</b>	<b>€16.5</b>	<b>€1.3</b>	<b>€8.1</b>	<b>€53.7</b>	<b>€51.9</b>	<b>€2.9</b>	<b>€25.1</b>	<b>€28.0</b>								

Abbildung 29. Das detaillierte technische und finanzielle Fenster

### 3.4. Grundlegende Anweisungen zum Spielen

#### 3.4.1. Spielen des Spiels

Der Kursleiter muss zuerst eine kurze Beschreibung des Szenarios geben und dann den Spielern (einem Bürgermeister und den Haushalten) die Rollen zuweisen. Sie können spezifische Anweisungen erhalten, wie sie handeln sollen, oder sie werden gebeten, in ihrem eigenen Eigeninteresse zu handeln. Es ist wichtig, deutlich zu machen, dass der Beitrag aller im Spiel wertvoll ist und dass es keine Beurteilung gibt. Außerdem ist es wichtig, ein Zeitlimit (das Spiel kann zwischen 15 Minuten und 30 Minuten dauern, abhängig von den geübten Fähigkeiten) und das Niveau der Fähigkeiten der Teilnehmer festzulegen. Wenn die Lernziele jedoch Berechnungen erfordern, kann mehr Zeit erforderlich sein. Wenn der Kursleiter schließlich feststellt, dass die Teilnehmer Schwierigkeiten haben und stecken bleiben oder die Show unaufmerksam wird, ist es in Ordnung, das Rollenspiel zu stoppen und eine Auszeit anzurufen. Um das Spiel zu starten, verteilt der Kursleiter je nach Rolle die Konten, die bereits erstellt wurden, an die Spieler.

#### 3.4.2. Nach dem Spiel

Nach dem Ende des Spiels beginnen Sie eine Diskussion. Der Kursleiter und die Teilnehmer können das Spiel besprechen, z. B. welche Strategie sie verfolgt haben, was aus Sicht des Lernens effektiv war usw. um die Diskussion zu erleichtern, kann der Kursleiter auch einige allgemeine oder spezifische Fragen stellen, z. B.:

- Was waren ihre Bedenken in Bezug auf ihre Rollen?
- Haben sie ihre Strategie im Laufe des Spiels basierend auf den erhaltenen Ergebnissen geändert?

- Wurden sie von dem, was andere Haushalte taten, beeinflusst?
- Was war für sie das wichtigste Thema bei der Auswahl einer spezifischen Strategie (z. B. Maximierung des Umweltvorteilen, Kostenminimierung usw.)?

Es ist auch nützlich, am Ende der Sitzung einige abschließende Bemerkungen zu machen (z. B. das Ziel des Spiels erneut zusammenzufassen, Ihre Meinung über den Erfolg des Spiels zu präsentieren usw.).

## 4 Referenzen

- Arcadis & Eunomia. (2010). Assessment of the option to improve the management of bio-waste in the European Union. *European Commission Directorate-General Environment, 11/004759(07)*, 1–237.
- Bartelings, H., & Sterner, T. (1999). Household Waste Management in a Swedish Municipality: Determinants of Waste Disposal, Recycling and Composting. *Environmental and Resource Economics, 13*(4), 473–491. <https://doi.org/10.1023/A:1008214417099>
- Bruvoll, A., Halvorsen, B., & Nyborg, K. (2000). Household sorting of waste at source. *Economic Survey, 4*, 26–35.
- Bruvoll, A., Halvorsen, B., & Nyborg, K. (2002). Households' recycling efforts. *Resources, Conservation and Recycling, 36*(4), 337–354. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(02\)00055-1](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(02)00055-1)
- Christianson, J. S. (2019, April 29). *The Blockchain Game: A great new tool for your classroom.* Blockchain. <https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2019/04/the-blockchain-game-a-great-new-tool-for-your-classroom/>
- Christianson, J. S. (2022, February 9). *How to Teach Blockchain with “The Blockchain Game!”* <https://medium.com/predict/how-to-teach-blockchain-with-the-blockchain-game-44360c542c81>
- Hogg, D. (n.d.). *Financing and incentive schemes for municipal waste management: Case studies, final report to Directorate General Environment, European Commission.* Eunomia Research & Consulting.
- Huhtala, A. (2010). Income effects and the inconvenience of private provision of public goods for bads: The case of recycling in Finland. *Ecological Economics, 69*(8), 1675–1681. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.03.018>

- Lasaridi, K. E., Rovolis, A., & Abeliotis, K. (2006). Waste management costs in Greece: Spatial patterns and causal factors. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 98. <https://doi.org/10.2495/EEIA060061>
- Lee, M., Choi, H., & Koo, Y. (2017). Inconvenience cost of waste disposal behavior in South Korea. *Ecological Economics*, 140, 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.031>
- Nainggolan, D., Pedersen, A. B., Smed, S., Zemo, K. H., Hasler, B., & Termansen, M. (2019). Consumers in a Circular Economy: Economic Analysis of Household Waste Sorting Behaviour. *Ecological Economics*, 166, 106402. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106402>
- Seruga, P., Krzywonos, M., Seruga, A., Niedźwiecki, Ł., Pawlak-Kruczek, H., & Urbanowska, A. (2020). Anaerobic Digestion Performance: Separate Collected vs. Mechanical Segregated Organic Fractions of Municipal Solid Waste as Feedstock. *Energies*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/en13153768>
- Velis, C. A., Longhurst, P. J., Drew, G. H., Smith, R., & Pollard, S. J. T. (2010). Production and Quality Assurance of Solid Recovered Fuels Using Mechanical—Biological Treatment (MBT) of Waste: A Comprehensive Assessment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 40(12), 979–1105. <https://doi.org/10.1080/10643380802586980>