



## Gamification of Science

P. Seidel, J. Seifert, A. Perschk

*Professur für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung, Institut für Energietechnik, Fakultät Maschinenwesen, TU Dresden*

### Abstract

Die digitale Entwicklung und die stärkere Verbreitung von sozialen Medien mit u. a. speziellen wissenschaftlichen Kanälen führt zu einem Wandel der Erwartungshaltung der Studierenden an das Thema Lehre. Gleichzeitig wandeln sich die Anforderungen an die Absolventen hin zu einem fachübergreifenden Wissen. Ziel des umzusetzenden Lernprojektes ist es, die bisherigen Einzel-formate mit der Anwendung einer Art Planspiels zu kombinieren, um auf diese Weise die Interaktion sowie die Präsenzteilnahme zu stärken. Dies ermöglicht, die theoretischen Erkenntnisse direkt mit praktischen Komponenten zu koppeln und somit energietechnische Fragestellungen aus verschiedenen Standpunkten zu beleuchten. Durch Elemente der Gamification wird hierbei für die Studierenden eine motivierende Lernsituation hergestellt, welche eine hohe Interaktion fördert. Die erste Umsetzung erfolgt im Rahmen der Vorlesung „Analyseverfahren von komplexen Energiesystemen“, indem ein Gebäudemodell erstellt und die Heizungsanlage ausgelegt werden soll.

Digital development and the greater spread of social media with, among other things, special academic channels are leading to a change in students' expectations of teaching. At the same time, the requirements for graduates are changing towards interdisciplinary knowledge. The goal of the learning project to be implemented is to combine the previous individual formats with the application of a type of business game in order to strengthen interaction as well as attendance participation in this way. This makes it possible to link theoretical knowledge directly with practical components and thus to illuminate energy technology issues from different points of view. Elements of gamification are used to create a motivating learning situation for the students, which promotes a high level of interaction. The first implementation takes place in the context of the lecture "Analysis of complex energy systems", in which a building model is to be created and the heating system is to be designed.

\*Corresponding author: [paul.seidel@tu-dresden.de](mailto:paul.seidel@tu-dresden.de)

## 1. Hintergrund und Idee

Die Vermittlung von themenspezifischem Wissen erfolgt bisher über die bekannten Formate von Vorlesung, Seminar und Praktika. Je nach Themengebiet sind diese untereinander jeweils bezogen auf einen Schwerpunkt - mit einer festgelegten Interaktion zwischen Studierenden und Lehrenden abgestimmt.

Durch den Aspekt der Gamifizierung soll dieser bisherige stationäre Prozess aufgebrochen werden und die Studierenden direkt in die Wissensvermittlung in Form eines Planspiels eingebunden werden, wodurch die Teilnahme an Kursen hybrid, in Präsenz und online, ermöglicht werden soll. Im Besonderen im Fachbereich der Energietechnik mit der Fragestellung einer zukünftig CO<sub>2</sub>-neutralen und resilienten Versorgung müssen ganzheitliche und teils kontroverse Standpunkte und Ansätze mit den theoretischen Grundlagen und Neuentwicklungen betrachtet sowie in der Lehre kombiniert werden. Die hierdurch exemplarisch aufgeworfene Fragestellung ist nicht allein aus technischer Sicht zu beantworten, sondern muss im ganzheitlichen Kontext gesehen werden, da ein erhebliches Spannungsfeld zwischen Klimaschutz, verlässlicher Energieversorgung, Technikakzeptanz und wirtschaftlichen Fragestellungen besteht.

## 2. Ziel des Lehrprojektes

Das Ziel ist die Entwicklung einer gamifizierten Lernumgebung zur Entwicklung „Zellulärer Energiesysteme“, die die Aspekte der Elektrotechnik und der thermischen Energietechnik verknüpft. Hierzu ist geplant, das zu entwickelnde Spiel in realitätsnahe, authentische Szenarien einzubetten und diese – von qualifizierten (Tele-)Tutoren aus dem Umfeld der TUD moderiert – in verschiedene Lehrveranstaltungen bzw. Lehrmodule zu integrieren. Hierbei ist es erforderlich Didaktik, Verständnis und Umgang mit einem Spiel zu methodischen Wissensvermittlung zu erproben (Prinzip: train the trainer). In der Lehrveranstaltung „Analyseverfahren von komplexen Energiesystemen“ werden im Rahmen des Seminars Elemente der Gamifizierung in das bisherige Konzept integriert. Ziel hierbei ist, zwischen den

Studierenden eine motivierende und herausfordernde Wettbewerbssituation im Zusammenhang mit der Bearbeitung einer ganzheitlichen Aufgabe über mehrerer Seminare herzustellen. Hierzu werden ökologische sowie ökonomische Bewertungskennzahlen und Spielregeln (z. B. Einhaltung der Behaglichkeit in den Gebäuden) verwendet, um die unterschiedlichen Lösungen der Studierenden vergleichbar zu machen. Die Aufgabe hat hierzu einen direkten Bezug zu einem Teilgebiet der Vorlesung, in dem mehrere technisch relevante aufeinander aufbauende Fragestellungen zu beantworten sind. In Abb. 1 ist hierzu exemplarisch die grafische Oberfläche des bisherigen RVK-Simulator-Spiels, welches im Rahmen eines Forschungsprojektes zum „Regionalen Virtuellen Kraftwerk (RVK)“ [1] entstanden ist, dargestellt. Es repräsentiert somit die Vorstufe eines zellularen Energiesystems. In diesem Spiel können von dem Anwender die jeweiligen lila Zellen angesteuert werden. Je Zelle stellt hierbei ein Gebäude mit thermischen Pufferspeicher und einer Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage dar. Mehrere dieser Zellen können virtuell zu einer größeren Zelle verbunden werden. Gebündelt werden alle lila Zellen schließlich in einer Zentrale, welche exemplarisch als Kraftwerk im Bild dargestellt ist. Das Ziel des Spiels ist hierbei, dass mit dem virtuellen Kraftwerk über einen Tag hinweg der möglichst höchste Erlös erzielt wird. Berücksichtigt werden u. a. der Strompreis, der Stromverbrauch sowie der thermische Verbrauch im Gebäude (Diagramm im Bild). Durch das „Ein- und Ausschalten“ der jeweiligen lila Zellen kann der Anwender den Spielverlauf und damit den Erlös beeinflussen.

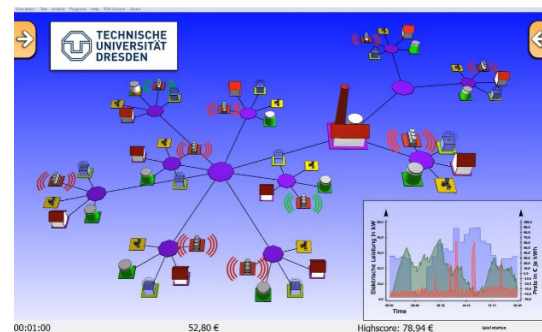


Abb. 1: Darstellung des Vorgänger-Spiels „RVK-Simulator“ [1, 2]

### 3. Praktische Umsetzung

Die erste Umsetzung erfolgt am Beispiel der ganzheitlichen Betrachtung und Auslegung einer Heizungsanlage in einem Wohngebäude (als kleinste energetische Zelle) im Rahmen der Vorlesung „Analyseverfahren von komplexen Energiesystemen“. Nachfolgend wird die Idee vorgestellt.

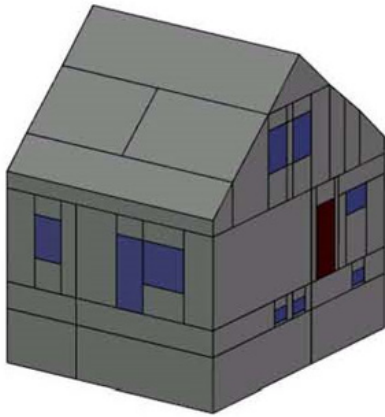


Abb. 2: Darstellung des Gebäudemodells

Für die Betrachtung eines zellularen Energiesystems ist es zu Beginn notwendig, die unterschiedlichen Ebenen der Detailtiefe getrennt voneinander zu berücksichtigen. Dies bedeutet, dass im ersten Schritt ein einzelnes Gebäude als kleinste Einheit eines zellulären Systems betrachtet wird.

Dies umfasst die Gebäudekubatur sowie die installierte Erzeugungsanlage (Heizungs- und Klimaanlage), welche auf das jeweilige Gebäude angepasst ist.

Im zweiten Schritt werden anschließend mehrere Gebäude zu einem Quartier zusammengefasst. Dabei ist es zusätzlich möglich, dass als Quartierslösung mehrere Gebäude gemeinsam energetisch versorgt werden. In einem dritten Schritt werden anschließend mehrere Quartiere zu einem ganzheitlichen Energiesystem zusammengefasst.

So wäre das ganzheitliche Ziel eine resiliente Energieversorgung aller energetischer Zellen untereinander. Dies bedeutet, dass die Energieversorgung durch eine hohe Ausfallsicherheit charakterisiert ist, indem viele unterschiedliche kleine steuerbare Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen als Verbund die Energieversorgung übernehmen und sich so die einzelnen energetischen Zellen gegenseitig mit dem Austausch von Energie absichern. Da

diese Aufgabenstellung in Gänze sehr umfangreich und komplex ist, wurden daraus Teilaufgaben entwickelt. Diese Teilaufgaben werden während des Semesters nach dem spielerischen Ansatz überarbeitet, sodass die theoretischen Grundlagen direkt an einem Praxisbeispiel angewendet werden können. Spielerisch bedeutet in diesem Kontext, dass für Teilaufgaben Punkte vergeben werden und die Studierenden vor Beginn der Teilaufgabe den jeweiligen Bewertungsschwerpunkt festlegen können. Dies können z.B. niedrige Betriebskosten, eine hohe Effizienz oder ein hoher regenerativer Anteil an der Energieversorgung des Gebäudes sein. Auf diese Weise kann in jedem Seminar ein anderer Fokus (in vorgegebenen Grenzen) gelegt werden.

Wie beschrieben erfolgt die erste Umsetzung des Konzepts an der kleinsten Einheit eines zellulären Energiesystems, einem Wohngebäude. Hierzu wird das an der Professur entwickelte Gebäude- und Anlagensimulationstool TRNSYS-TUD [3] verwendet.

Die folgenden Aufgaben müssen hierbei durch die Studierenden bearbeitet werden:

- Erstellung eines Gebäudemodells (siehe Abb. 2)
- Durchführung einer Wärmebedarfsrechnung
- Erstellung eines Modells der Heizungsanlage (Wärmeverteilung und -übergabe, siehe Abb. 3)
- Erstellung von unterschiedlichen Wärmeerzeugermodellen
- Szenarienuntersuchung mittels Gebäude- und Anlagensimulation

Das Gebäudemodell, welches für alle Teilnehmenden die gleichen Randbedingungen hat, basiert auf vorgegebenen Bauplänen, Wandaufbauten und Nutzerverhalten. Bei der Heizungsanlage wiederum beginnt die variable Umsetzung durch unterschiedliche Möglichkeiten für Wärmeerzeugung sowie -übergabe, wie u. A.:

- Fußbodenheizung oder Heizkörper
- Luft-Wärmepumpe, Erdreich-Wärmepumpe oder Gas-Therme
- Solarthermie

- Pufferspeichervolumen
- Art der Trinkwarmwassererzeugung
- Art der Regelung

Mit diesen Variationsmöglichkeiten können die Studierenden bis zu fünf Szenarien mittels einer Jahressimulation erproben.

Ergänzt werden kann die Aufgabenstellung mit zusätzlichen Komponenten der Wirtschaftlichkeit, dem Einsatz von regenerativen Energien oder spezifischen Fragen aus anderen Lehrbe-

reichen. Zu nennen ist hier im Wesentlichen der Bereich der Elektroenergieversorgung, welcher im Kontext einer ganzheitlichen Energieversorgung unter Nutzung der Sektorenkopplung einen entscheidenden Einfluss hat. Fragen in diesem Kontext sind daher zum Beispiel, ob das Gebäude innerhalb eines zellularen Energiesystems zukünftig energetisch einen reinen Verbraucher oder einen Erzeuger darstellt. Auf diese Weise wird die Aufgabenstellung stetig erweitert werden.

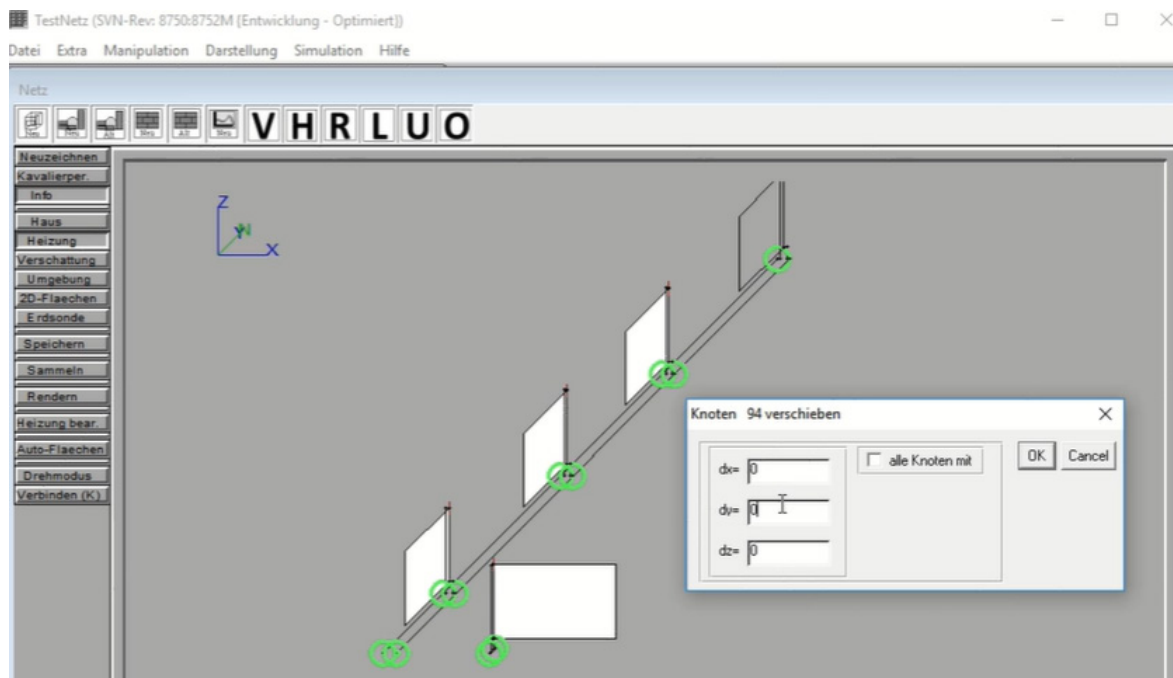


Abb. 3: Interaktive Bearbeitung von Teilkomponenten (Simulationsmodell des Heiznetzes) am Beispiel der Platzierung und Dimensionierung von Heizkörpern

#### 4. Bewertung innerhalb des Spiels/Seminars

Im Rahmen des Seminars in Verbindung mit der Vorlesung sind die Pfade auf dem Weg zu verschiedenen Antwortmöglichkeiten strukturiert vorgegeben (Abhängig vom Aufgabenschwerpunkt und Lehrmodulkombination). Bei der Bearbeitung wird Unterstützung durch die Lehrenden angeboten, wodurch ein vollständiges Scheitern nicht möglich ist. Vielmehr wird im Ergebnis quantifiziert, wie gut unterschiedliche Ziele erreicht wurden. So können auch mehrere Sieger ermittelt werden.

In die Hauptbewertung der vorgestellten Aufgabenstellung fließen im Wesentlichen zwei Kenngrößen ein. Diese sind der Jahreswärmeverbrauch des Gebäudes sowie die Einhaltung

der Raumtemperaturen während der Nutzungszeit. Weitere Bewertungsmaßstäbe, welche genutzt werden, sind der Primärenergiebedarf sowie die Wirtschaftlichkeit mit einer vereinfachten Berechnung der Kosten für Installation und Betrieb der Anlage.

Auf diese Weise können unterschiedliche Lösungsansätze und Konzepte auch in Bezug auf die Verwendung regenerativen Energien zum Gewinn der Aufgabe führen. Die Wichtung der einzelnen Faktoren können zu Beginn durch die Studierenden gemeinsam festgelegt werden (wie z. B. ein Team mit den geringsten Kosten, ein Team mit den geringsten CO<sub>2</sub>-Emissionen).

Der wichtigste Aspekt hierbei ist jedoch die Diskussion und die ganzheitliche Betrachtung

tungsweise über einzelne Lehrfächer (Maschinenbau/Energietechnik sowie Elektrotechnik hinweg von einer vorgegebenen Problemstellung. Diese Bearbeitung zieht sich hierbei über ein gesamtes Semester oder alternativ über mehrere Seminarveranstaltungen in geringem Umfang hinweg. Durch dieses neue Konzept wurde der bisherige Lernmodus von der einzelnen Aufgabenbearbeitung flexibilisiert und aufgebrochen. Das Feedback der Studenten war sehr positiv, da theoretische Betrachtungen mit der realen Anwendung direkt verknüpft wurden. Anzumerken ist jedoch, dass bei diesem ersten Durchlauf nur sechs Studenten an der Vorlesung teilgenommen haben.

### 5. Art der Umsetzung

Die Umsetzung der Idee erfolgte sehr variabel. Dies bedeutet, dass der Testlauf des Seminars als spielerischer Wettbewerb hybrid umgesetzt wurde. Dies beinhaltet die Bearbeitung der Aufgabe vor Ort in Präsenz (siehe Abb. 4) sowie mittels online-Zugang. Zentraler Punkt ist, dass eine Plattform erstellt wurde, in der die Studierenden interagieren und die Software zur Gebäude- und Anlagensimulation innerhalb des Campus-Netzes nutzen können. Verwendet werden hierfür verschiedene Tools und Gegenstände. Zu nennen sind hierzu Tools für Umfragen [4], gemeinsame whiteboards und interaktiven Folien/Präsentationen und eine neu beschaffene digitale Tafel [5], welche die interaktive Zusammenarbeit gegenüber herkömmlichen PowerPoint-Präsentationen erheblich steigerte. Auf diese Weise konnten die Aufgabe sowie verschiedene Lösungsansätze und Detailprobleme interaktiv besprochen und mit den Student:innen diskutiert werden.

Ein weiterer Punkt, welcher geplant war aber noch nicht vollständig umgesetzt werden konnte, ist der Einsatz zusätzlicher digitaler Möglichkeiten der Wissensvermittlung (e-learning) zur Ergänzung der Lehre in Präsenz. Im aktuellen zeitlichen Rahmen war es jedoch möglich, ein erstes Tutorial in Form eines Videos zur Einführung in die Simulationssoftware zu erstellen. Dies beinhaltet einen Teil der Powerpoint-Präsentation der Vorlesung sowie ein Bildschirmvideo von der Erstellung eines Beispielgebäudes mit Erklärungen.

Das weiterführende online-Angebot für die Studierenden wird erstellt, indem eine Art Aufzeichnungsstudio im Labor der Professur aufgebaut werden soll. Für die Umsetzung wird mit einer höherwertigen Webcam sowie einem Greenscreen gearbeitet. Die Bearbeitung der

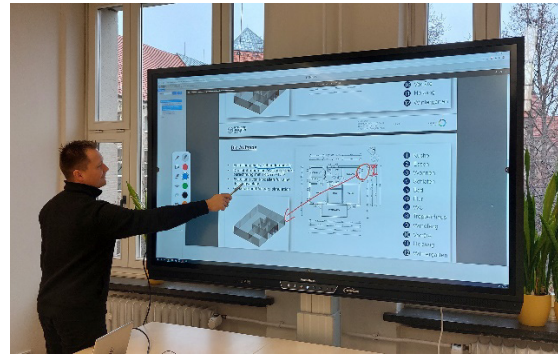


Abb. 4: Praktische Durchführung und Live-Bearbeitung während des Seminars

Aufzeichnung soll mit der Software Camtasia [6] erfolgen, mit welcher Videos von Präsentationen interaktiv mit mehr Effekten aufgezeichnet werden können. Für die Bereitstellung von Videos, Wissensinhalten und Wissenstests soll auf Ressourcen des Bildungsportals Sachsen im Rahmen von Opal zurückgegriffen werden.

### 6. Übertragbarkeit

Das Konzept der Gamifizierung von Lehrveranstaltungen/Seminaren kann auf nahezu alle Themengebiete eines ganzen Lehrmodul oder nur einzelne Vorlesungsreihen angewandt werden.

Beispiele hierfür könnten sein:

- Raumluftechnik / Erarbeitung für Lüftungs- und Klimatisierungsstrategien
- regionale virtuelle Kraftwerke / Erarbeitung für Versorgungsstrategien
- Gastechnik / Erarbeitung von Strategien zur  $H_2$  - Einbindung (Resilienz)

Am Beispiel der Vorlesungsreihe „Raumluftechnik“ sind u. a. folgende Aspekte wie die klimatischen Randbedingungen, der Aufbau und die Auslegung von Komponenten (Wärmeübertrager, Ventilatoren, etc.) und die Fragen zur Luftreinheit und Schadstoffen ( $CO_2$ -Konzentration, Schadstoffbelastung) zu nennen.

Gekoppelt werden diese technischen Fragestellungen mit praktischen Ansätzen, indem die Studenten und Studentinnen bestimmte Randbedingungen (wie beispielsweise die Platzverhältnisse oder die baulichen Gegebenheiten) vor Ort als Technikexkursion z. B. hinter den Kulissen des Hörsaalzentrums erarbeiten.

## 7. Anmerkung

Auf Grund der aktuellen Lage mit sehr langen Lieferzeiten konnte mit der direkten praktischen Umsetzung noch nicht vollständig begonnen werden. Zum ersten Test wurde im Rahmen eines Seminars als Basis die Aufgabe der Planung und Auslegung einer Heizungsanlage für ein Wohngebäude mittels Simulation mit spielerischen Ansätzen umgesetzt. Dies umfasste zusätzlich die Erstellung eines Gebäudemodells auf Basis vorgegebener Bauzeichnungen oder Rohrleitungs- und Installationschemas (R&I) sowie unter Berücksichtigung eines unterschiedlichen Nutzerverhaltens sowie Wärmeschutzstandards des Gebäudes.

Fortlaufend wird das Konzept auf weitere Teilaspekte bis hin zur ganzheitlichen Betrachtung eines zellulären Energiesystems erweitert, indem sich im nächsten Schritt mehrere Gebäude gegenseitig energetisch versorgen müssen sowie die wirtschaftliche Betrachtung in die Aufgabengestaltung einfließt.

## Literatur

- [1] J. Seifert, P. Seidel, J. Werner, P. Schegner, A. Meinenbach, J. Haupt, L. Schinke, T. Hess, Regionales Virtuelles Kraftwerk auf Basis der Mini- und Mikro-KWK Technologie, Berlin: VDE Verlag, 2015
- [2] J. Seifert, J. Werner und P. Seidel, RVK II - Praxiserprobung des regionalen Virtuellen Kraftwerks auf Basis der Mikro-KWK-Technologie, Berlin: VDE - Verlag, 2018.
- [3] A. Perschk, „Gebäude- und Anlagensimulation - Ein "Dresdner Modell",“ *gi Gesundheits-Ingenieur - Haustechnik - Bauphysik - Umwelttechnik*, Jg. 131 Nr. 4, 2010
- [4] <https://ahaslides.com/de>
- [5] <https://www.prometheanworld.com/de/produkte/interaktive-displays/activpanel/>
- [6] Software Camtasia:  
<https://www.techsmith.de/camtasia.html>