



## Mit Virtual Reality eintauchen ins forschende Lernen in der Verfahrenstechnik

*Senior-Fellowship des Stifterverbandes*

**Gregor D. Wehinger<sup>1</sup>**

Institut für Chemische und Elektrochemische Verfahrenstechnik  
Technische Universität Clausthal

---

Transportphänomene in verfahrenstechnischen Apparaten und Reaktoren sind komplex und stark abhängig vom zugrundeliegenden Design. Die numerische Strömungsmechanik (CFD) beschreibt die auftretende Strömung und damit verbundenen Transportphänomene sehr detailliert. In der Master-Lehrveranstaltung "CFD für Verfahrenstechnik" wenden die Studierenden diesen Modellierungsansatz an, um eine aktuelle und praxisnahe Fragestellung zu erforschen. Ziel ist es, neuartige Lehr- und Prüfungsformate für diese Veranstaltung weiterzuentwickeln und zu erproben. Im Fokus steht dabei die Einbindung von virtueller Realität (VR) in das forschende Lernen. Den Studierenden ermöglicht diese Technik eine bisher nicht erreichte Immersionstiefe in ihrer Gruppenarbeitsphase. Ausgebildete VR-Tutorinnen und Tutoren unterstützen die Studierenden zudem mit Tutorials, Präsentationstechniken und individueller Betreuung.

---

### *Beschreibung der Lehrinnovation*

Der Kern der Lehrveranstaltung „Computational Fluid Dynamics (CFD) für Verfahrenstechnik“ – eine Pflichtveranstaltung im Masterstudiengang Verfahrenstechnik/Chemieingenieurwesen an der Technischen Universität Clausthal – ist das Bearbeiten einer praxisorientierten Fragestellung aus der Verfahrenstechnik mit Hilfe der CFD in Kleingruppen von drei Studierenden. Interessant an der CFD ist, dass die Berechnung der Strömung auf einer detaillierten Beschreibung der zugrundeliegenden Geometrie des verfahrenstechnischen Apparates/Reaktors basiert. Kleine Änderungen dieser Geometrie bewirken zum Teil große Änderungen der Strömung und damit z.B. auch Änderungen des Resultats des verfahrenstechnischen Prozesses, wie z.B. Umsatz zu gewünschten Produkten, übertragene Wärme, geringer Druckverlust, etc. Die Wechselwirkungen zwischen Änderung der Geometrie und verfahrenstechnischer Zielgröße ist jedoch in den meisten Fällen komplex und kann nur mit großer Erfahrung abgeschätzt werden. Die Virtual Reality ermöglicht es mit der entsprechenden Technik, wie z. B. einem Headset, in einen virtuellen Raum einzutauchen. Für eine CFD-Simulation bedeutet das, die zugrundeliegende CAD-Zeichnung dreidimensional zu erkunden, auch „fly-through“ genannt. Somit ist es möglich, Besonderheiten der CAD-Zeichnung wahrzunehmen, ohne über den Abstraktionspfad 2D-Zeichnung eines 3D-Bauteils mit entsprechenden Schnitten zu gehen. Mit der CFD-Software STAR-CCM+ von Siemens ist es zudem möglich die Ergebnisse der konvergierten CFD-Simulation, also die berechnete Strömung und die zugehörigen Größen, in VR zu betrachten.

---

<sup>1</sup> Prof. Dr.-Ing. Gregor D. Wehinger

Institut für Chemische und Elektrochemische Verfahrenstechnik, Technische Universität Clausthal, Leibnizstr. 17, 38678 Clausthal-Zellerfeld, ☎05323-722183, ✉[wehinger@icvt.tu-clausthal.de](mailto:wehinger@icvt.tu-clausthal.de)

So kann, wie in Abbildung 1 zu sehen, z.B. die Durchströmung eines Festbettreaktors erkundet werden.

VR unterstützt also die Designerkundung der Studierenden und fördert die Kommunikation in der Kleingruppe. Schlussendlich befähigt der Umgang mit VR die Studierenden den Zusammenhang zwischen zugrundeliegender Geometrie und Transportphänomenen schneller und tiefgreifender zu verstehen. Die Auswirkungen einer Geometrieänderung auf die verfahrenstechnische Zielgröße werden also erlebbar. Das forschende Lernen erhält mit der Implementierung von VR in die Gruppenphase also eine weitere Dimension.

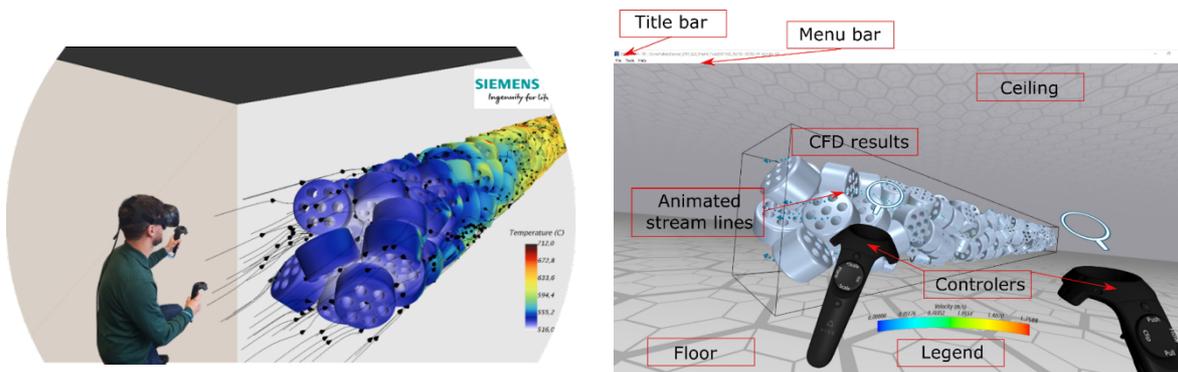


Abbildung 1: (Links) Designerkundung eines Festbettreaktors mit VR. (Rechts) Benutzeroberfläche in STAR-CCM+ VR.

*Inwieweit wurden die mit der Lehrinnovation verfolgten Ziele erreicht? Welche Probleme haben dazu geführt, dass Ziele nicht wie geplant erreicht wurden?*

In dieser Lehrinnovation wurden fast alle Ziele erreicht. Wie waren mit der finanziellen Unterstützung des Stifterverbands in der Lage VR-Geräte (HTC Vive) und leistungsstarke Rechner mit einer entsprechenden Grafikkarte zu beschaffen. Für die Benutzung der Geräte wird von HTC eine Mindestfläche von 2x1,5 m empfohlen. Da die TUC einen großen Raum zur Einrichtung des VR-Labs zur Verfügung gestellt hat, konnten wir sogar drei VR-Stationen installieren. Außerdem wurden studentische Tutoren im Umgang mit VR geschult und entsprechende Video-Tutorials für die reibungsfreie Anwendung von VR im Rahmen der CFD-Lehrveranstaltung entwickelt.

Seit dem Wintersemester 2019/2020 ist die aktive Anwendung von VR fester Bestandteil in der CFD-Lehrveranstaltung. Nach einer allgemeinen Einführung in VR und ersten Anwendungen, integrieren die Studierenden im Rahmen ihrer Projektarbeit VR in die Designerkundung und Kommunikationsphase. Nach etwa 2/3 der Vorlesungszeit findet eine Präsentation der Zwischenergebnisse statt, bei der ebenfalls VR-Szenen präsentiert werden. Zusätzlich gelang auch der Transfer von VR in die Forschung. Dabei verwenden die Doktoranden VR aktiv bisher in Studien der Transportphänomene in Festbettreaktoren und zur Präsentation ihrer Forschungsergebnisse.

Der Pandemie-bedingte Lockdown der Präsenzlehrveranstaltungen im Wintersemester 2020/2021 verhinderte die aktive VR-Anwendung durch die Studierenden. Durch die relativ rasche Umstellung auf Online-Lehre waren wir nicht in der Lage ein adäquates Alternativsystem zu errichten, mit dem z.B. der Remotezugriff auf die VR-Einheiten möglich sind.

*Was sind die „lessons learnt“ (nicht intendierte positive/negative Effekte, unabdingbare Voraussetzungen, etc.)?*

Die wichtigste Erkenntnis aus dieser Lehrinnovation ist, dass nicht die technischen Voraussetzungen das VR-Lab zum Erfolg machen, sondern die aktive Teilnahme der Studierenden. Deshalb werden wir noch früher in dieser Veranstaltung und auch in der

Orientierungswoche vor offiziellem Beginn des Masterstudiengangs den Studierenden eine Einführung in das VR-Lab geben. Somit sinkt die Aktivierungsbarriere der Benutzung von VR während des Semesters. Die aktuelle Literatur weist zudem darauf hin, dass die Freude durch die Benutzung die größte Hebelwirkung hat, um die Vorteile von VR umzusetzen (Bower et al. 2020).

*Inwieweit wurde die Lehrinnovation verstetigt?*

Das VR-Lab soll kontinuierlich weiterentwickelt werden und neben der CFD-Lehrveranstaltung auch verstärkt in der Forschung genutzt werden. Zudem bietet es sich an z.B. Projektpartnern in Drittmittelgeförderten Projekten aktuelle Forschungsergebnisse anschaulich im VR-Lab zu präsentieren.

*Auf welche Lehr-/Lernsituationen – auch in anderen Disziplinen – kann der Lehrinnovation übertragen werden?*

Das Interesse am gezielten Einsatz von VR in Lehrveranstaltungen steigt stetig, auch weil die Geräte mittlerweile relativ günstig sind, der Zugang und die Funktionalität zugenommen hat und viele Studierenden bereits in ihrer Freizeit mit VR in Kontakt gekommen sind. VR hat das Potential die Immersion zu verstärken, das räumliche Vorstellen zu verbessern, Empathie zu unterstützen, die Motivation zu steigern und möglicherweise auch den Lernerfolg zu steigern. Aktuell wird jedoch noch intensiv daran geforscht, inwieweit sich dieses Potential in der Hochschullehre umfänglich ausschöpfen lässt. Nichtsdestotrotz wird VR bereits in vielen Disziplinen in der Lehre eingesetzt, z.B. in der Medizin, Chemie, Physik, Fabrikplanung, etc. Damit Lehrende VR effektiv einsetzen, benötigen sie neben technischer Unterstützung auch solche, die ihnen den pädagogischen Nutzen dieser vielversprechenden Technik aufzeigt.

*Inwieweit haben der Fachbereich/die Fakultät und die Hochschule Sie bei der Durchführung des Lehrvorhabens unterstützt?*

Die Fakultät und die Hochschule haben dieses Lehrvorhaben sehr deutlich unterstützt. So wurde ein großer Raum zur Verfügung gestellt, der genügend Platz bietet, um an drei Stationen parallel mit VR die Strömungssimulationen zu erkunden. Mit Hilfe der Öffentlichkeitsarbeit der TU Clausthal wurde zudem über die Eröffnung des VR-Labs auf der TUC-Homepage als auch in der regionalen Zeitung berichtet. Außerdem wurden wir dabei unterstützt unser Lehrprojekt auf nationalen und internationalen Fachkonferenzen vorzustellen und zudem einen Fachaufsatz zu publizieren:

- G. D. Wehinger & S. Flaischlen (2020). Studying Computational Fluid Dynamics in a New Dimension with Virtual Reality. In *Computer Aided Chemical Engineering* (Vol. 48, pp. 2041-2046). Elsevier. DOI: 10.1016/B978-0-12-823377-1.50341-4
- G. D. Wehinger & S. Flaischlen (2020) Using Virtual Reality to Gain Deeper Insights into Transport Phenomena in Process Engineering, *2020 Virtual AIChE Annual Meeting*
- G. D. Wehinger (2020) Mit Virtueller Realität vertiefte Einblicke in Transportphänomene in der Verfahrenstechnik gewinnen, *10. ProcessNet-Jahrestagung und 34. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen 2020*

*Wie haben Sie von den Fellowtreffen und den Lehr-/Lernkonferenzen profitiert?*

Der Austausch auf den Fellowtreffen und den Lehr-/Lernkonferenzen war immer sehr intensiv, wobei stets unterschiedliche Meinungen zugelassen und umfangreich diskutiert wurden. Besonders gut hat mir bei den Treffen der persönliche Austausch mit anderen Lehrenden, insbesondere auch aus ganz verschiedenen Fachbereichen, gefallen. Damit war es

mir möglich meine eigenen Lehrveranstaltungen aus einer anderen Blickrichtung zu reflektieren. Das große Engagement der Kolleginnen und Kollegen motiviert mich zudem meine Lehrveranstaltungen stetig zu verbessern und aktuelle Lehr-/Lernkonzepte einzubeziehen.

### *Danksagung*

Die Lehrinnovation „Mit Virtual Reality eintauchen ins forschende Lernen in der Verfahrenstechnik“ hätte ohne die finanzielle Unterstützung des Stifterverbands als auch der TU Clausthal in dieser Form nicht realisiert werden können. Ich bedanke mich auch recht herzlich für die Organisation der Fellowtreffen und der Lehr-/Lernkonferenzen und freue mich auf weiteren Austausch auf diesem spannenden Feld!

### *Weiterführende Literatur*

Billinghurst, M. (2002). Augmented reality in education. *New horizons for learning*, 12(5), 1-5.

Bower, M., DeWitt, D., & Lai, J. W. (2020). Reasons associated with preservice teachers' intention to use immersive virtual reality in education. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2214-2232. <https://doi.org/10.1111/bjet.13009>

Bower, M., & Jong, M. S. Y. (2020). Immersive virtual reality in education. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 1981-1990. <https://doi.org/10.1111/bjet.13038>

McGovern, E., Moreira, G., & Luna-Nevarez, C. (2020). An application of virtual reality in education: Can this technology enhance the quality of students' learning experience?. *Journal of Education for Business*, 95(7), 490-496. <https://doi.org/10.1080/08832323.2019.1703096>

Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B., & Plimmer, B. (2017). A systematic review of Virtual Reality in education. *Themes in Science and Technology Education*, 10(2), 85-119. <https://www.learntechlib.org/p/182115/>.

Wehinger, G. D., & Flaischlen, S. (2020). Studying Computational Fluid Dynamics in a New Dimension with Virtual Reality. In *Computer Aided Chemical Engineering* (Vol. 48, pp. 2041-2046). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823377-1.50341-4>