

Engler-Bunte-Institut Teilinstitut Verbrennungstechnik (EBI-vbt)

Tutoren/innen gesucht für Numerik-Praktikum

Wir suchen noch studentische Betreuer für das Praktikum Numerik im Ingenieurwesen.
mehr ...

Chemischer Gleichgewichtsrechner

Probieren Sie auf dieser Seite unser Programm für die Berechnung des thermodynamischen Gleichgewichtes einer Gasmischung
mehr ...

Kontakt

Engler-Bunte-Ring 7
76131 Karlsruhe

Gebäude 40.13.I

Tel: +49(0)721 608-42571
Fax: +49(0)721 608-47770

E-Mail: Sekretariat
Link zur Seite:



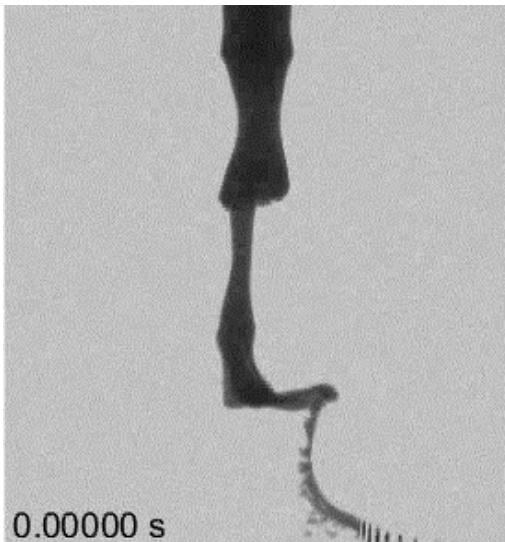
Kooperationspartner:



Bachelor- und Masterarbeiten

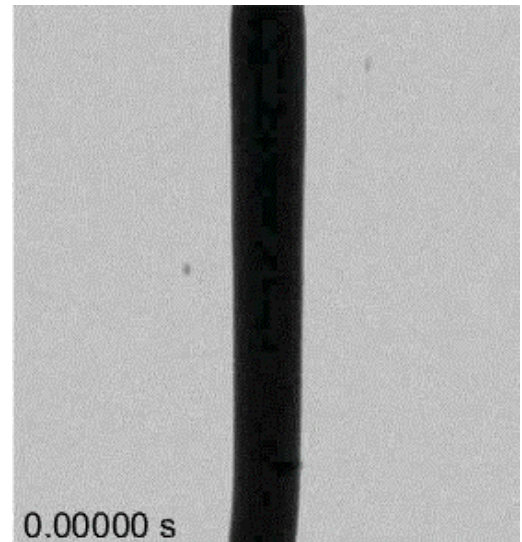
Aktuelle Angebote für das Anfertigen von Bachelor- und Masterarbeiten finden sie auf der folgenden Seite.
mehr ...

Untersuchung des Primärzerfalls hochviskoser Flüssigkeiten in Zweistoffdüsen"



Diese Arbeit ist Teil der
Programmierorientierten
Förderung der Helmholtz
Gemeinschaft
des Forschungsbereichs
Energie im Rahmen des
Programmes:

**"Energy
Efficiency,
Materials and
Resources"**



Motivation

Im Rahmen der weltweit angestrebten Energiewende bietet die Nutzung oder Verwertung biogener Roh- und Abfallstoffe sowie fossiler Brennstoffe von niedriger Qualität über den Prozessweg der Vergasung in einem Hochdruckflugstromvergaser zu Synthesegas einen vielversprechenden Ansatz im Hinblick auf Last- und Produktflexibilität für zukünftige Energieversorgungssysteme. Das erzeugte Synthesegas kann in einem nachfolgenden Schritt als Brennstoff in einer Gasturbine zur Strom- und Dampferzeugung eingesetzt oder mittels katalytischer Prozessen zur Synthese von SNG (Substitute Natural Gas) oder hochwertiger flüssiger Kraftstoffe (CtL, Btl) umgesetzt werden. Um einen möglichst vollständigen Brennstoffumsatz sowie eine hohe Synthesegasqualität (Kein Ruß oder nicht umgesetzte Kohlenwasserstoffe) zu erreichen ist es notwendig eine hohe Spraygüte bei der Zerstäubung des Brennstoffes zu erreichen. Aufgrund der komplexen physikalischen Eigenschaften wie beispielsweise Partikelbeladung und der typischerweise sehr hohen Viskosität der Einsatzstoffe von bis zu 1000 mPa s kommen dabei vor allem gasgestützte Zerstäuberdüsen (Zweistoffdüsen) zum Einsatz.

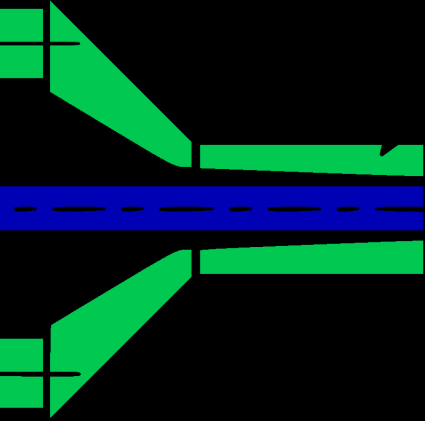


Abb. 1: Gasgestützte Zerstäuberdüse (Zweistoffdüse)

Eine solche Zweistoffdüse ist schematisch in Abbildung 1 dargestellt. Dabei wird der durch eine zentrale Vorlage austretende Flüssigkeitsstrahl mittels des aus einem koaxial dazu angeordneten Ringspalts eingebrachten Zerstäubungsmedium beschleunigt, wodurch dieser im Anschluss aufgrund der Scherkräfte zerfällt.

Stand der Forschung

Die experimentellen und theoretischen Untersuchungen zur Zerstäubung von Flüssigkeiten in Zweistoffdüsen mit koaxialer Vorlage haben sich bisher vor allem mit niederviskosen Medien und der Spraygüte nach Abschluss der Zerstäubung beschäftigt. Zumeist wurde dabei Wasser zerstäubt. Hierfür sind in der Literatur, beispielsweise in (1), verschiedene Korrelationen für die Zerfallslänge des Flüssigkeitsstrahls oder Einteilungsschemata für den Primärzerfallsmodus zu finden. Aber insbesondere bei der Umsetzung von biogenen Rohstoffen zu Synthesegas hat die hohe Viskosität der Einsatzstoffe einen entscheidenden Einfluss auf den Primärzerfallsmodus sowie die Tropfengrößen nach Abschluss des Sekundärzerfalls.

Wie eingangs bereits erwähnt haben sich die bisherigen Experimente und Theorien zur Zerstäubung hauptsächlich auf niederviskosen Fluiden beschränkt. Die Zerstäubung läuft im Allgemeinen in drei Schritten ab. In einem ersten Schritt wird der zentrale Strahl durch die umgebende Gasströmung beschleunigt, wodurch sich kleine Störungen an der Oberfläche in Form von Wellen oder einzelnen Störungspunkten ausbilden. Diese werden in einem zweiten Schritt, dem sogenannten Primärzerfall, durch den Angriff des Staudrucks stetig vergrößert bis die Störung nicht mehr von der Oberflächenspannung kompensiert werden kann und es zu einer Abtrennung von Flüssigkeitsballen (Ligamenten) kommt. Bei Vorliegen einer ausreichenden Geschwindigkeitsdifferenz zwischen diesen Ligamenten und der umgebenden Gasphase kommt es zum Sekundärzerfall, wobei die Ligamente weiter zu Tropfen zerfallen, welche zu Abschluss des Zerfallsprozesses annähernd die Geschwindigkeit des Gases erreicht haben.

Aufgrund der Komplexität des Zerstäubungsvorganges und der Eigenschaften des realer Suspensionsbrennstoffe wurden in den ersten Versuchen anstelle dieser verschiedene Modellflüssigkeiten wie beispielsweise Glycerin-Wasser-Mischungen zur Nachbildung gewisser Eigenschaften verwendet.

Dabei zeigte sich sowohl für nieder- als auch hochviskosen Modellflüssigkeiten, dass einerseits der

Ergebnisse liert (2) und andererseits die komplexe Rheologie wie sie für Pyrolyseole üblich ist einen signifikanten Einfluss auf die Spraygüte hat (3). Weiterführende Untersuchungen für hochviskose Modellbrennstoffe zeigten darüber hinaus einen nicht zu erwartenden Einfluss der Viskosität auf den Primärzerfallsmodus des Flüssigkeitstrahls (4), welcher in den bisherigen Einteilungen zum Primärzerfall in Zweistoffdüsen nicht beschrieben wird (Abbildung 2).

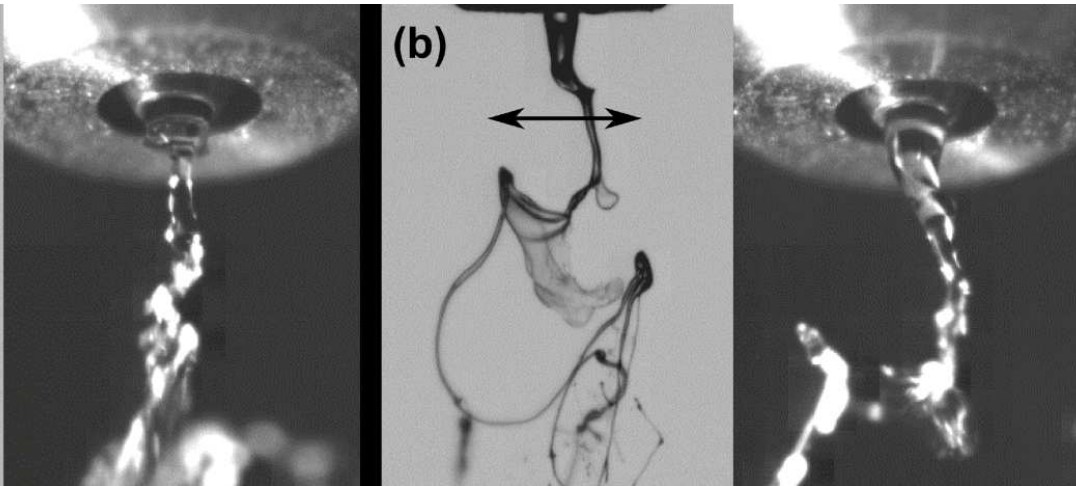


Abb. 2: Seiten- und Schrägansicht des Primärzerfalls eines Flüssigkeitstrahls bei konstanter Gasgeschwindigkeit (4)

In Abbildung 2 (a) ist darüber hinaus zu erkennen, dass es sich beim Primärzerfall um ein oszillierendes Phänomen handelt, für welches in Abhängigkeit des Betriebspunktes und der Stoffeigenschaften eine charakteristische Frequenz bestimmt werden konnte. Durch diese kann es im weiteren Verlauf des Strahlerfalls bis zum Abschluss des Tropfenzerfalls hin zu einer Schwankung des lokalen Oxidator-zu-Brennstoff-Verhältnis kommen. Diese Schwankung kann die im Anschluss an die Zerstäubung stattfindenden Vergasungskinetik beeinflussen.

Ziele

Zunächst sollen die bisherigen experimentellen Ergebnisse der Zerstäubung in einer numerischen Simulation der Zweiphasenströmung abgebildet werden (dreidimensional, Navier-Stokes, kompressibel, instationär). Im Anschluss soll die Instationarität und Oszillation des Flüssigkeitsmassenanteils während des Primärzerfalls erfasst werden und deren Einfluss auf das lokale Oxidator-zu-Brennstoff-Verhältnis bestimmt werden. Weiterhin sollen die Einflüsse verschiedener Stoffeigenschaften der Flüssigkeit wie die Oberflächenspannung oder die Viskosität auf die Primärzerfallsfrequenz mittels virtueller Fluide isoliert betrachtet werden.

Methodik

Die Basis zur Durchführung der numerischen Simulationen der Zweiphasenströmung stellt dabei das Open-Source-Softwarepaket OpenFOAM dar. Zur Beschreibung der beiden Phasen wird die "Volume of Fluid"-Methode (VOF) verwendet, die von Hirt und Nichols etabliert worden ist (5).

Die VOF Methode verwendet dabei zur Definition der Phasen eine Indikatorfunktion α für, welche den Volumenanteil einer Phase innerhalb des Kontrollvolumens bestimmt und konvektiv mit dem Strömungsfeld transportiert wird. So stellt beispielsweise ein Wert von $\alpha=0$ ein vollständig mit Gas gefülltes Kontrollvolumen dar, während ein Wert von $\alpha=1$ einem mit Flüssigkeit gefüllten Volumen entspräche. Daher ist die exakte Lage der Grenzfläche durch alle Zellen mit einem Wert von $0 < \alpha < 1$ beschrieben.

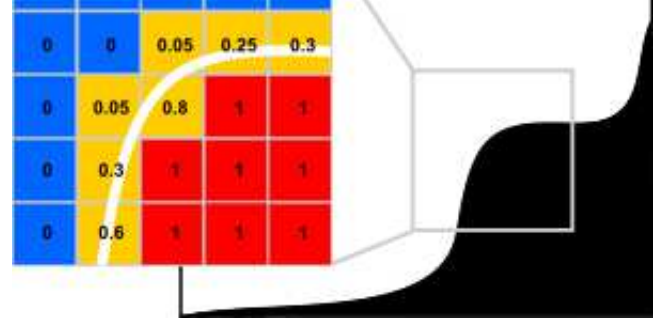


Abb. 3: Schematische Darstellung der VOF-Methode

Ergebnisse

Die folgenden Abbildungen und Videos stellen neuste Ergebnisse der Simulation des Primärzerfalls hochviskoser Flüssigkeiten in Zweistoffdüsen dar. Nähere Informationen dazu sind in den unten aufgeführten Publikationen zu finden.

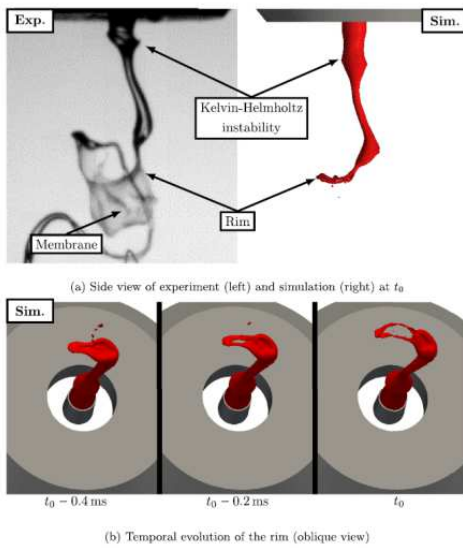


Abb. 4: Vergleich der Zerfallsmorphologie in Experiment und Simulation sowie der zeitliche Verlauf der Membranbildung in der Simulation

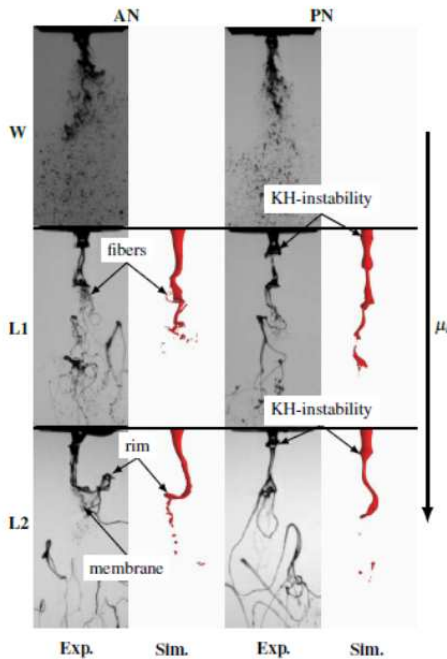
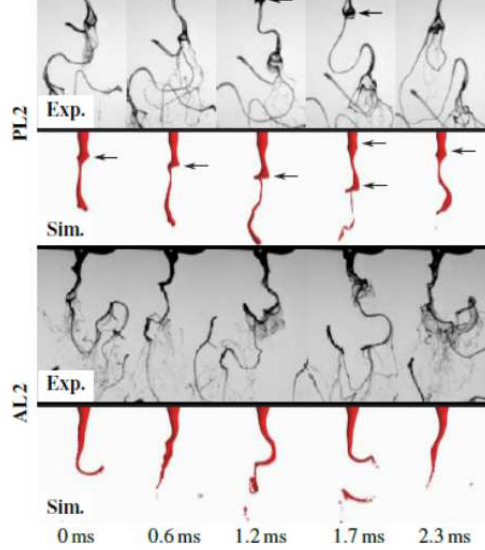


Abb. 5: Untersuchung des Einflusses von Flüssigkeitsviskosität und Düsengeometrie auf den Primärzerfall in Experiment und Simulation. Eine gute Übereinstimmung zwischen Experiment und Simulation ist erkennbar.

zwischen Experiment und Simulation sowie die beiden unterschiedlichen Zerfallsmodi aufgrund der Düsengeometrie bei konstanten Betriebsbedingungen sind deutlich zu sehen.



Visualisierung der Simulation des Primärzerfalls für Fall AL2 (links) und PL2 (rechts)

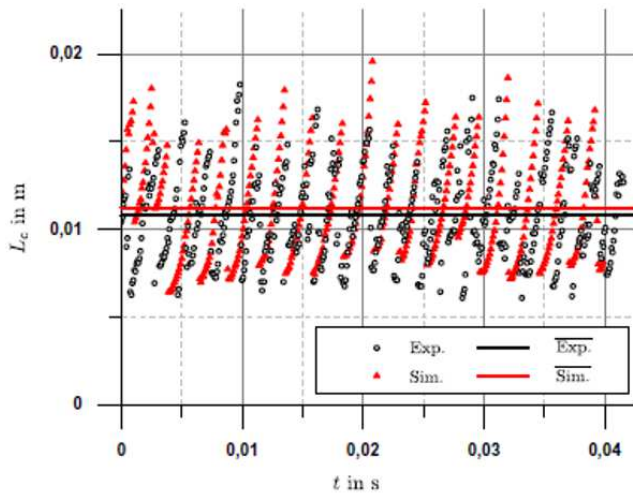
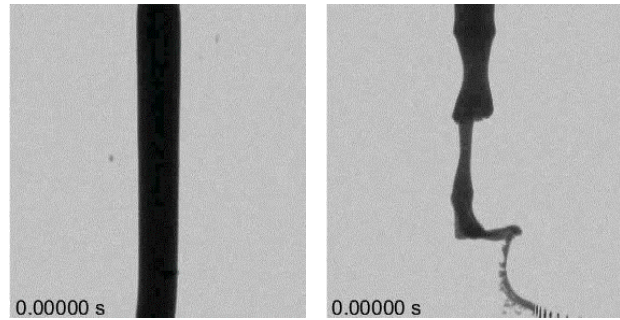


Abb. 7: Vergleich von Mittelwert sowie des zeitlichen Verlaufs der aus Experiment und Simulation bestimmten Primärzerfallslänge.

Quellen

- (1) C. Dumouchel: "On the experimental investigation on primary atomization of liquid streams", Exp. Fluids 45 (2003)
- (2) T. Jakobs, N. Djordjevic, S. Fleck, N. Zarzalis, T. Kolb: "Influence of Ambient Pressure on Twin Fluid Atomization", J. Fluids Mech. 688 (2011)
- (3) A. Sanger, T. Jakobs, N. Djordjevic, N. Zarzalis, T. Kolb: "Basic investigations on burner design for high pressure gas turbine engines", J. Propuls. Power 27 (2011)
- (4) A. Sanger, T. Jakobs, N. Djordjevic, T. Kolb: "Effect of primary instability of a high viscous liquid jet on the spray characteristics", J. Fluids Mech. 700 (2012)
- (5) C.W. Hirt, B.D. Nichols: "Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries" J. Comput. Phys. 39 (1981)

Publikationen



SCOPUS - ID
57191524212



ResearchGate
Profile

- Zhang, Feichi; Zirwes, Thorsten; Müller, Thomas; Wachter, Simon; Jakobs, Tobias; Habisreuther, Peter; Zarzalis, Nikolaos; Trimis, Dimosthenis; Kolb, Thomas, (2020). Effect of elevated pressure on air-assisted primary atomization of coaxial liquid jets: basic research for entrained flow gasification. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (accepted),
- Zhang, Feichi; Müller, Thomas; Zirwes, Thorsten; Wachter, Simon; Jakobs, Tobias; Habisreuther, Peter; Zarzalis, Nikolaos; Trimis, Dimosthenis; Kolb, Thomas, (2019). Effect of elevated pressure on primary jet-breakup: Basic research for entrained flow gasification, in *29. Deutscher Flammentag*, Deutsche Sektion des Combustion Institutes und DVV/VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt, September, 17-18, Bochum., .
- Zhang, Feichi; Zirwes, Thorsten; Thomas, Müller; Wachter, Simon; Jakobs, Tobias; Habisreuther, Peter; Zarzalis, Nikolaos; Trimis, Dimosthenis; Kolb, Thomas, (2019). Numerical and Experimental Investigations of Primary Breakup of High-Viscous Fluid at Elevated Pressure, in *29th European Conference on Liquid Atomization and Spray Systems (ILASS19)*, ILASS Europe, September, 2-4, Paris, France, .
- Müller, T.; Goßmann, A.; Kühn, J.; Etzold, M.; Stelzner, B.; Zarzalis, N.; Durst, F.; Trimis, D., (2018). A Low Power Liquid Fueled Burner using a Novel Atomization Concept, in *Proceedings of Joint Meeting of the German and Italian Sections of the Combustion Institute*, Sorrento, Italy, 23-26 May, p. X2, (ISBN 978-88-88104-22-5), .
- Müller, T.; Kadel, K.; Habisreuther, P.; Trimis, D.; Zarzalis, N.; Sängler, A.; Jakobs, T.; Kolb, T., (2018). Influence of Reactor Pressure on the Primary Jet Breakup of High-Viscosity Fuels: Basic Research for Simulation-Assisted Design of Low-Grade Fuel Burner, in *Proceedings of the ASME Turbo Expo 2018: Turbomachinery Technical Conference and Exposition (GT2018)*, ASME, June 11-15, Oslo, Norway, p. GT2018-75950, (doi:10.1115/GT2018-75950).
- Müller, T.; Kadel, K.; Habisreuther, P.; Trimis, D.; Zarzalis, N.; Sängler, A.; Jakobs, T.; Kolb, T., (2018). Simulation of the Primary Jet Breakup of Non-Newtonian Fuels: Basic Research for Simulation-Assisted Design of Low-Grade Fuel Burner, in *Proceedings of the ASME Turbo Expo 2018: Turbomachinery Technical Conference and Exposition (GT2018)*, ASME, June 11-15, Oslo, Norway, p. GT2018-75945, (doi:10.1115/GT2018-75945).
- Goßmann, A.; Müller, T.; Etzold, M.; Stelzner, B.; Zarzalis, N.; Durst, F.; Trimis, D., (2017). Novel Atomization Approach for low Liquid Fuel Mass Flows, in *Proceedings of the European Combustion Meeting 2017*, April 18-21, Dubrovnik, Croatia, p. ECM2017.0226, .
- Müller, T.; Dullenkopf, A.; Sängler, A.; Habisreuther, P.; Jakobs, T.; Zarzalis, N.; Kolb, T., (2017). Influence of Nozzle Design upon the Primary Jet Breakup of High-viscosity Fuels for Entrained Flow Gasification, in *Proceedings of the ASME Turbo Expo 2017: Turbomachinery Technical Conference and Exposition (GT2017)*, ASME, June 26-30, Charlotte, NC, USA, p. GT2017-63198, (doi:10.1115/GT2017-63198).
- Müller, T.; Sängler, A.; Habisreuther, P.; Jakobs, T.; Zarzalis, N.; Kolb, T., (2016). Investigation on Jet Breakup of High-viscous Fuels for Entrained Flow Gasification, in *Proceedings of the ASME Turbo Expo 2016: Turbine Technical Conference and Exposition*, ASME, June 14-16, Seoul, South Korea, p. GT2016-56371, (doi:10.1115/GT2016-56371).
- Müller, T.; Sängler, A.; Habisreuther, P.; Jakobs, T.; Trimis, D.; Kolb, T.; Zarzalis N., (2016). Simulation of the Primary Breakup of a High-viscosity Liquid Jet by a Coaxial Annular Gas Flow. *International Journal of Multiphase Flow*, 87, 212-228.(doi:10.1016/j.ijmultiphaseflow.2016.09.008)
- Müller, T.; Sängler, A.; Habisreuther, P.; Jakobs, T.; Kolb, T.; Zarzalis, N.; (2016). Vortrag: *Investigation on the Jet Breakup of High-Viscous Fuels for Entrained Flow Gasification*. Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppe Hochtemperaturtechnik, 10.-11. März, Universität Erlangen-Nürnberg,

Veröffentlichungen von T. Müller sind auch in der Literaturliste zu finden.

Nach oben
KIT - Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft

- Heruntergeladen am Wed Sep 23 05:24:35 CEST 2020 ; eine aktuelle Version finden Sie unter: