

Schluckspecht City: Ästhetik versus Aerodynamik – ein erfolgreicher Spagat

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hochberg

Fakultät Maschinenbau
und Verfahrenstechnik (M+V)
Stellvertretender Leiter
Institut für Angewandte Forschung (IAF)

Badstraße 24
77652 Offenburg
Tel. 0781 205-351
E-Mail: ulrich.hochberg@fh-offenburg.de

1953: Geboren 28.7. in Stuttgart
1974–1979: Studium an der Universität Karlsruhe (TH)
1979–1984: Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Technische Thermodynamik des FB Maschinenbau, 1984 Promotion
1985–1992: Leiter der Forschungsabteilung der GEA Wiegand GmbH
1992–1994: Produktionsleiter Werk Barby der Cerestar Deutschland GmbH
1994–2003: Produktfeldentwicklung / Anlagenbau
Seit 2003: Professor an der Hochschule Offenburg für Mess- und Regelungstechnik sowie Grundlagenfächer des Maschinenbaus
Seit 2006: Mitglied des Instituts für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule Offenburg



Forschungsgebiete: Regelungstechnik, Messtechnik, Thermodynamik

1.8 Schluckspecht City: Ästhetik versus Aerodynamik – ein erfolgreicher Spagat

Johannes Schäfer
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hochberg

UrbanConcept

Seit 1998 nimmt die Hochschule Offenburg an dem von der Firma Shell ausgetragenen internationalen Energiesparwettbewerb Eco-Marathon teil. Ziel des Shell Eco-Marathons ist es, mit einem Ein-Mann-Fahrzeug so sparsam wie möglich zu fahren.

Nachdem der Schluckspecht III im vergangenen Jahr den ersten Platz in der Kategorie Brennstoffzellenfahrzeuge erreichte, stellt sich das Forschungs- und Entwicklungsteam der Hochschule nun einer neuen Herausforderung: Nach nunmehr zehn Jahren Teilnahme in der Prototypen-Kategorie soll das Nachfolgefahrzeug – der Schluckspecht City – beim Eco-Marathon im Mai 2009 auf dem Lausitzring erstmals in der anspruchsvolleren UrbanConcept-Klasse an den Start gehen. Während bei den Prototypen in Bezug auf automobiles Design nur minimale Beschränkungen auferlegt werden, orientieren sich die Fahrzeuge der UrbanConcept-Kategorie in Aussehen und Technik stärker an denen des normalen Straßenverkehrs.

Ästhetik versus Aerodynamik

Bei dem Thema Automobil-Design ist das Verhältnis von Ästhetik und Aerodynamik auch heute keineswegs spannungsfrei. Doch Spannungen müssen nicht

schädlich sein, sondern können im Gegensatz dazu Kreativität freisetzen. So hat sich das Team der HS Offenburg die besondere Aufgabe gestellt, die beiden genannten Kriterien bei dem neu zu entwickelnden Fahrzeug zu vereinen.

Um auf der einen Seite dem Merkmal der Ästhetik Rechnung zu tragen, stammt die Vorlage für den Schluckspecht City aus der Hand einer Design-Studentin: Frau Sunmin Lee von der Hochschule Pforzheim hat das in Abbildung 1.8-1 dargestellte Fahrzeug im Rahmen ihres Studiums zum Master of Arts im Bereich Transportation-Design entworfen. Die von Frau Lee an das Reglement des Shell Eco-Marathons angepasste Version hat sie als Vorlage für den neuen Schluckspecht zur Verfügung gestellt.

Um auf der anderen Seite auch den Aspekt der Aerodynamik zu berücksichtigen, werden seitens der Hochschule Offenburg Untersuchungen zum Luftwiderstand mit numerischer Strömungsmechanik (CFD) durchgeführt und der Designentwurf von Frau Lee weiterentwickelt.

Numerische Strömungssimulation

Das für die CFD-Berechnungen erforderliche CAD-Modell der Fahrzeugaußenhaut wird mit der Software Autodesk AliasStudio erzeugt und die numerische Strömungssimulation erfolgt mit Ansys CFX. Bei der Erstellung des realitätsnahen Rechenmodells mit den notwendigen Randbedingungen und Parametern wurde auf Erfahrungen bereits validierter Simulationen des Schluckspecht III zurückgegriffen.

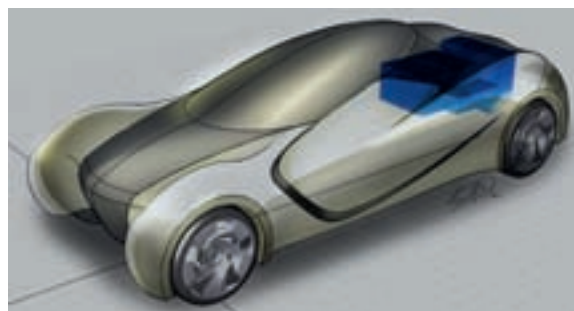


Abb. 1.8-1: Ursprünglicher (links) und an das UrbanConcept-Reglement angepasster Designentwurf von Frau Lee

Eine erste Strömungssimulation des Designentwurfs hat ergeben, dass der Luftwiderstand der Außenhaut mit einer Widerstandskraft von 13,9 N, einem c_w -Wert von 0,34 und einer Verlustleistung von 116 W bei 30 km/h (Anm.: Die Mindestdurchschnittsgeschwindigkeit beim UrbanConcept beträgt 25 km/h) relativ hoch ist. Eine Optimierung war notwendig. Dazu wird die Fahrzeugaußenhaut schrittweise modifiziert und evolutionär verbessert.

Designoptimierungen

An dieser Stelle soll zunächst auf die beiden Modifikationen näher eingegangen werden, die wesentlich zur Senkung des Luftwiderstands beitragen:

Zum einen wird die fast vertikal verlaufende Fahrzeugfront ausgerundet, um die starke Strömungsumlenkung und damit den Druckwiderstand zu minimieren. Eine sanftere Umlenkung hat zur Folge, dass die Strömung insgesamt weniger abgebremst wird und so – wie in Abbildung 1.8-2 zu sehen – der Überdruck auf die Frontoberfläche und damit die resultierende Widerstandskraft verringert werden können.

Zum anderen wird der Unterboden am Heck in einem Winkel von etwa 7° abgeschrägt, um durch Verlangsamung der Strömung eine Druckrückgewinnung und damit einen Druckanstieg an der Heckfläche zu erhalten. Der aus dem Heckdiffusor resultierende Überdruck (Abbildung 1.8-2) wirkt dem Staudruck an der Front entgegen und kompensiert diesen etwas, wodurch sich die Widerstandskraft verringert.

Weiterhin kann durch diverse Modifikationen am Dach und an den Kotflügeln die zur Widerstandskraft proportionale Schattenfläche auf etwas weniger als 1 m² verringert werden. Besonders auffällig sind außerdem die Verwirbelungen hinter dem Fahrzeug, die sehr typisch für Fahrzeuge mit Stufen- respektive Fließheck sind. Durch Ablösung der seitlichen Strömung an den beiden schrägen Heckkanten bilden sich zwei gegenläufig drehende Wirbel, die zur Erhöhung des Strömungswiderstands beitragen. Welche Art von Heckform den geringsten Strömungswiderstand erzeugt, hängt von vielen sich gegenseitig beeinflussenden Parametern ab und kann nicht pauschal angegeben werden. Zum Erreichen eines theoretisch idealen Designs müsste Ablösung gänzlich ver-

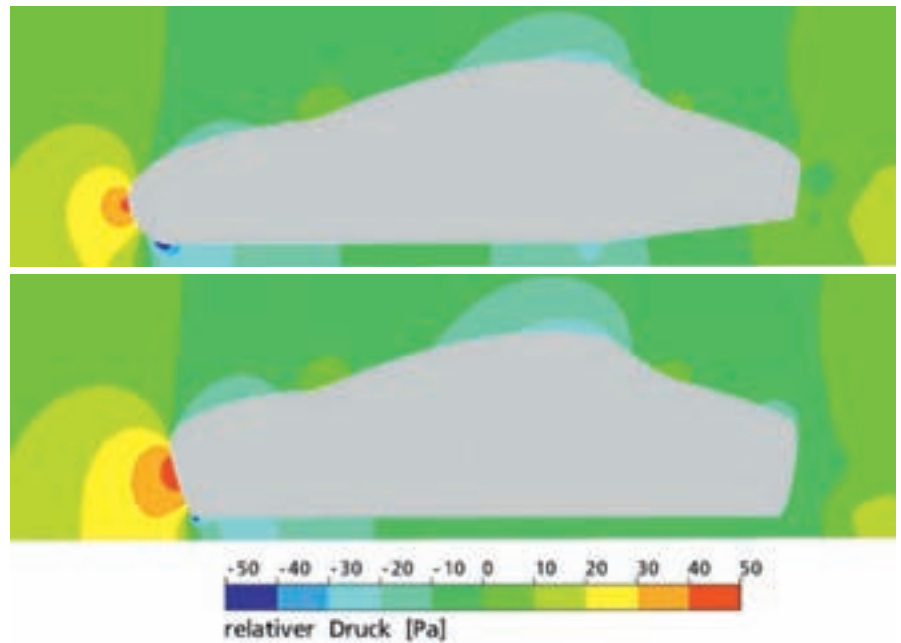


Abb. 1.8-2: Relative Druckverteilung um das Fahrzeug im Längsmittelschnitt vor (oben) und nach der Modifikation von Front und Heck

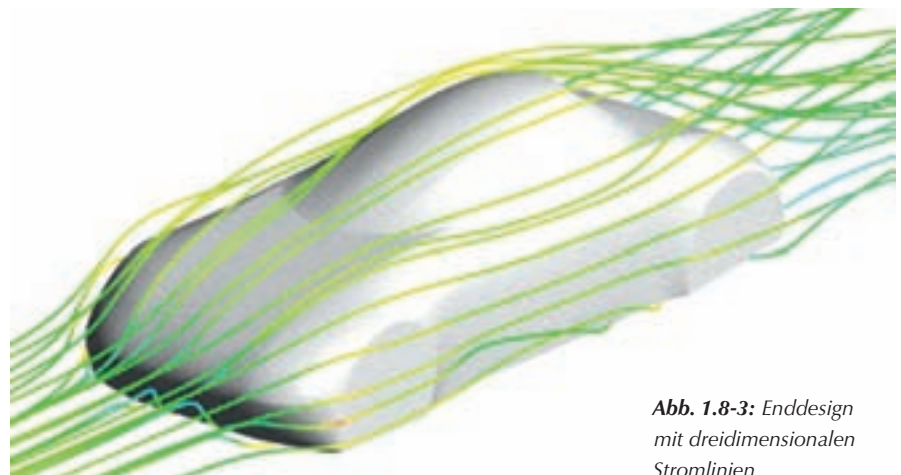


Abb. 1.8-3: Enddesign mit dreidimensionalen Stromlinien

mieden werden. Praktisch ist dies aber bei Fahrzeugen aufgrund von Kriterien wie Funktionalität und Ästhetik nicht umsetzbar. Um den besten Mittelweg aus den genannten Faktoren zu finden, müssen daher verschiedene Heckformen untersucht werden. An dieser Stelle mussten nur kleinere Modifikationen vorgenommen werden.

Ergebnisse

Durch die diversen Designoptimierungen konnte die Widerstandskraft der Fahrzeugaußenhaut auf 8,1 N, der c_w -Wert auf 0,21 und die Verlustleistung bei 30 km/h auf 67 W gesenkt werden. Im Vergleich zu dem Ausgangsdesign bedeutet dies eine Verringerung der Widerstandskraft um 5,8 N (42 %), des c_w -

Werts um 0,13 (38 %) und der Verlustleistung um 49 W (42 %).

Im Rahmen des vorgegebenen Reglements konnte ein Enddesign (Abbildung 1.8-3) gefunden werden, das sowohl aerodynamischen als auch ästhetischen Anforderungen gerecht wird.

Literatur

- [1] Hucho, W.-H.: Aerodynamik der stumpfen Körper. Wiesbaden: Vieweg Verlag, 2002
- [2] Hucho, W.-H.: Design und Aerodynamik – Wechselspiel zwischen Kunst und Physik. In H.-H. Braess & U. Seiffert (Hrsg.): Automobil design und Technik (S. 218 – 238). Wiesbaden: Vieweg Verlag, 2007

1.9 YAFFA (Yeast Analysis by Field Flow Fractionation) Analyse und online Motoring von Hefezellen durch Feldflussfraktionierung

Dipl.-Ing. (FH) Matthias Niederhofer
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hochberg

Das Projekt Yaffa „Yeast Analysis by Field Flow Fractionation“ ist ein Verbundprojekt der Hochschule Offenburg und der Hochschule Wiesbaden in Kooperation mit der Forschungsanstalt Geisenheim, der Université Limoges, mehreren Industriepartnern der Weinbaubranche sowie der Postnova Analytics GmbH.

Ziel ist es, für die Weinherstellung ein praxistaugliches und wirtschaftliches Analyseverfahren mit Feldflussfraktionierung zu entwickeln. Das Analyseverfahren soll zur Qualitätsüberwachung des Weinfermentationsprozesses eingesetzt werden, wodurch z. B. Gärstörungen rechtzeitig erkannt und geeignete Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können.

Feldflussfraktionierung

Die Feldflussfraktionierung (FFF) ist eine analytische Methode, die es ermöglicht, organische, anorganische oder biologische Substanzen zu separieren. Die Größe der separierbaren Partikel kann hierbei von wenigen nm bis zu etwa 100 µm reichen. Die Grundlagen der Feldflussfraktionierung wurden bereits in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts von J. C. Giddings gelegt. Seit dieser Zeit sind eine Reihe von Varianten der FFF entstanden, die die Probenmoleküle nach unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften auftrennen. Allen FFF-Methoden gemeinsam ist die Verwendung eines speziellen Trennkanals, dessen Trägerstrom ein laminares Strömungsprofil ausbildet.

Die eigentliche Auftrennung der Partikel erfolgt durch ein Kraftfeld, das senkrecht zum laminaren Strömungsprofil angelegt wird. Dieses Kraftfeld kann eine weitere physikalische Kraft sein.

Je näher ein Partikel aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften unter Einwirkung der Querkraft an die Wand gedrückt wird, desto kleiner wird seine Geschwindigkeit. Die getrennten Größenfraktionen werden zeitversetzt aus

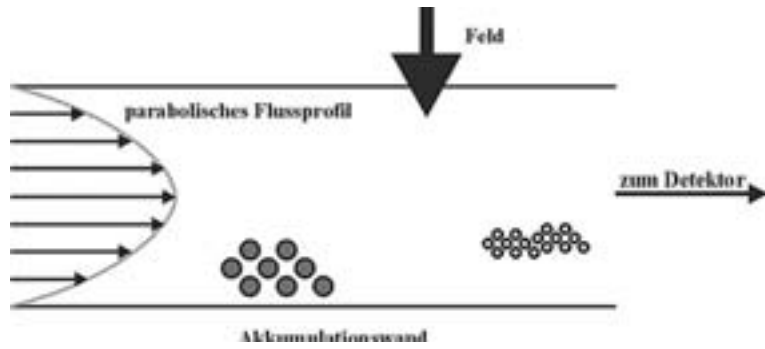


Abb. 1.9-1: Funktionsprinzip der Feldflussfraktionierung

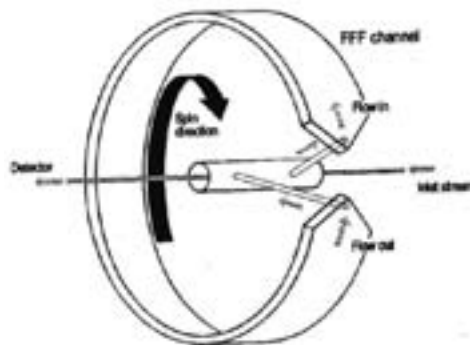


Abb. 1.9-2: Schematischer Aufbau eines Sedimentations-FFF-Kanals

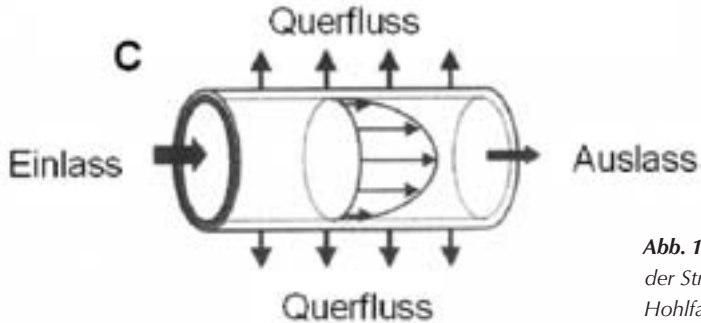


Abb. 1.9-3: Darstellung der Strömungsprofile bei Hohlwasser-FFF

dem Kanal ausgetragen und können dort detektiert oder fraktioniert gesammelt werden (vgl. Abbildung 1.9-1).

Bei größeren Partikeln wirkt ein zusätzlicher Trenneffekt: Große Partikel im Bereich hoher Gradienten der Strömungsgeschwindigkeit erfahren eine Kraft in Richtung der höheren Strömungsgeschwindigkeit infolge des dort niedrigeren statischen Drucks. Auch dieser Effekt kann bei der Feldflussfraktionierung ausgenutzt werden.

An der Hochschule Offenburg werden im Rahmen des Vorhabens YAFFA insbesondere zwei unterschiedliche FFF-Verfahren untersucht.

Sedimentations-FFF

Bei der Sedimentations-FFF wird ein Zentrifugalfeld als Trennkraft verwendet, indem der ringförmige Kanal zum Rotieren gebracht wird. Partikel im Größenbereich von 50 nm bis 100 µm werden aufgrund ihrer Durchmesser und Dichten getrennt (vgl. Abbildung 1.9-2).

Hohlwasser-FFF

Bei der Hohlwasser-FFF wird die Trennkraft über eine semipermeable Wand erzeugt, durch die ein Teil des Trägerstroms abfließt und die Teilchen dadurch in unterschiedliche Geschwindigkeitsbereiche des parabolischen Strömungsprofils gelangen (vgl. Abbildung 1.9-3).

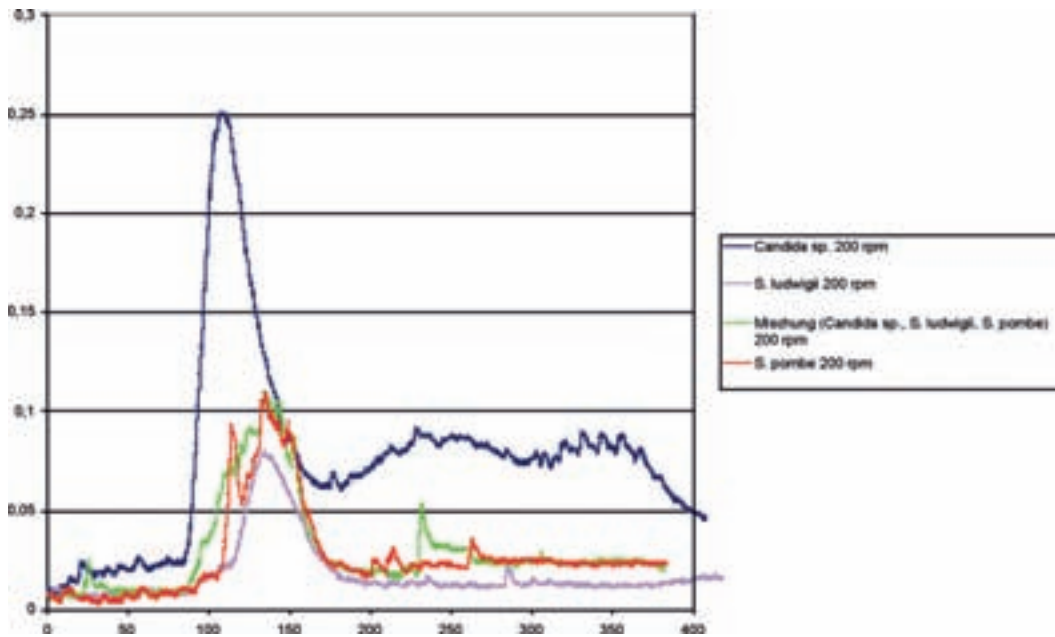


Diagramm 1: Durch Sd-FFF Methode erhaltene Faktogramme unterschiedlicher Hefestämme

Qualitative Laborarbeiten an der Hochschule Offenburg und der Universität Limoges zeigten, dass das Sedimentationsfeldflussfraktionierungsverfahren für die Trennung von Hefezellen geeignet ist (vgl. IAF Bericht 2007). Aufbauend auf den Ergebnissen von Prof. Zahoransky, wurden systematische Untersuchungen mit dem an der Hochschule Offenburg vorhandenen Sedimentationsfeldfraktionierungs-Versuchsaufbaus durchgeführt. Dabei konnten unterschiedliche Absorptionskurven für verschiedene Hefestämme detektiert werden (vgl. Diagramm 1).

Zur Unterscheidung von stoffwechselaktiven (vitalen) und inaktiven (letal) Hefezellen wurden drei verschiedene Methoden zur Färbung von Hefezellen untersucht. Als Methode zur Lebendzellzahlbestimmung hat sich die Methyleneblau-Färbung bewährt, da sie sehr eindeutige und reproduzierbare Ergebnisse liefert.

Bei der Untersuchung der Beständigkeit von Weinhefen gegen Zentrifugalkräfte wurde festgestellt, dass das während der Messung aufzubringende Zentrifugalfeld keinen Einfluss auf die Vitalität der Hefezellen während der Messung hat.

Bei den Versuchsmessungen zeigte sich, dass je nach verwendetem Hefestamm Memory-Effekte im Strömungskanal auftreten.

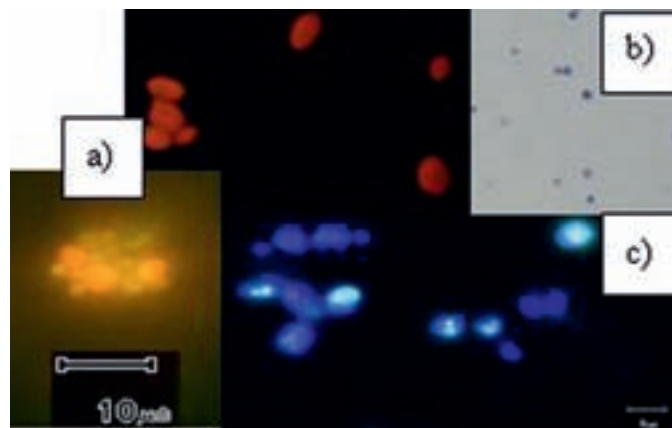


Abb. 1.9-4: Mikroskopaufnahmen von verschieden eingefärbten Hefezellen
a) We inhefen angefärbt mit Acridinorange mit 200-facher (unten) und 1000-facher Vergrößerung (oben)
b) Methyleneblau angefärbte Weinhefzellen mit 200-facher Vergrößerung
c) Mit DAPI angefärbte Weinhefen, 1000-fache Vergrößerung

Beim Memory-Effekt verbleibt eine bestimmte Fraktion von Zellen im Messkanal und wird über eine lange Zeit langsam ausgespült. Der Effekt ist abhängig von der Kanalgeometrie, den eingesetzten Hefestämmen und den eingestellten Versuchparametern. Das erfordert eine umfangreiche Methodenentwicklung, um reproduzierbare Ergebnisse bei der Hefezellenfraktionierung zu erhalten. Bei der Methodenentwicklung zeigte sich, dass es nicht möglich sein wird, ein kommerzielles System zu entwickeln, das in kleineren Weinkellereien eingesetzt werden kann. Folgende Details sprechen dagegen:

- Aufwendige Versuchsvorbereitung
- Anspruchsvolle Rotationsdichtungen
- Aufwendige Maßnahmen zur Erzielung ein CE-Konformität (große bewegte Teile)
- Hoher Preis des Gesamtsystems

An der Hochschule Offenburg wird daher zurzeit die Erfolg versprechende Hohlfasern-FFF weiterentwickelt.

Zunächst wurden Strömungssimulationsrechnungen an einer Hohlfasermembran mit ANSYS Workbench 11 durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Strömungsprofile einer laminaren Strö-

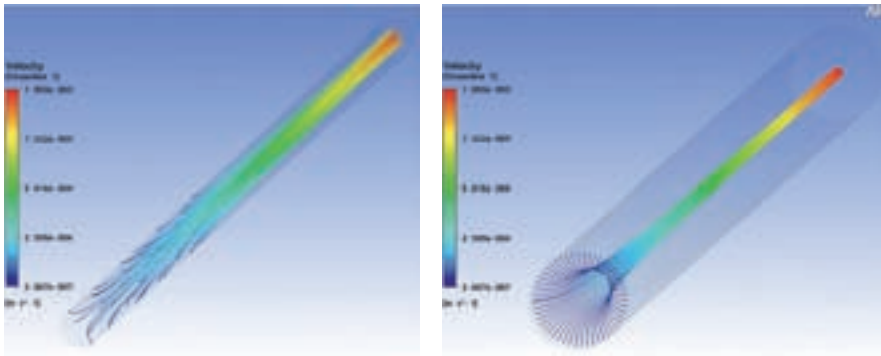


Abb. 1.9-5: Stromlinien innerhalb der Hohl-faser bei 100% Abströmung über die Außenwand



Abb. 1.9-6: Versuchsaufbau zum Einsatz von Hohl-fasermembranen

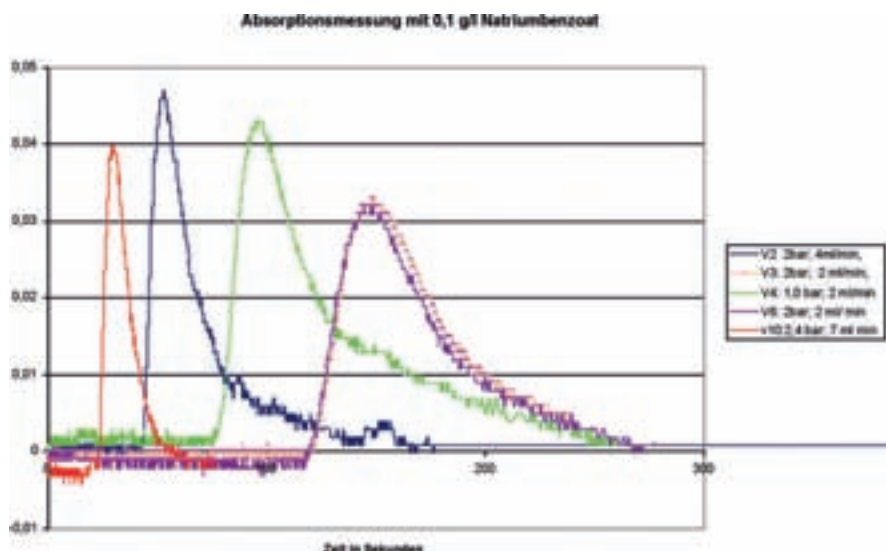


Diagramm 2: Absorptionsmessung unter Verwendung einer PP-Hohl-fasermembran bei verschiedenen Versuchsparametern

mung durch eine Kapillare mit semipermeabler Wand simuliert und der abströmende Massenstrom über die Außenwand variiert. Zusätzlich wurde den simulierten Strömungsprofilen eine kugelförmige Punktwolke am Eintritt auf-geprägt und deren Verhalten untersucht.

Der Versuchsstand für symmetrische Hohl-faser Feldflussfraktionierungs-verseuche ist aufgebaut und erste Test-lösungen wurden injiziert (vgl. Abbildung 1.9-7 und Diagramm 2).

Dabei ist es gelungen, reproduzierbare Absorptionskurven zu erhalten. Bei Vari-ation der Versuchsparameter über einen weiten Bereich sind signifikante unter-schiede in den Absorptionskurven er-kenubar.

Die ersten Ergebnisse sind vielverspre-chend, die Untersuchungen werden voraussichtlich Ende nächsten Jahres ab-geschlossen werden.