



# In-Plane-Durchlässigkeit von VARI-Verbrauchsmaterialien

## In-plane permeability of VARI consumables

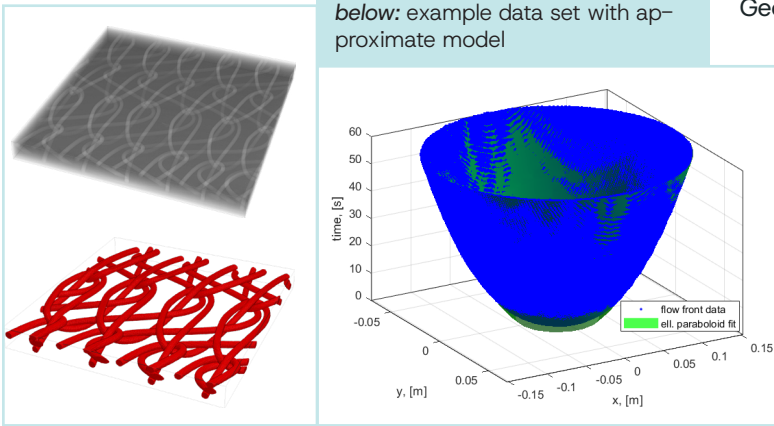
Fünf internationale Forschungsinstitutionen haben ihre Expertisen gebündelt, um eine methodische Vergleichsstudie zur Bestimmung der ebenen Permeabilität von zwei Materialien (einzelne Lagen von Fließhilfe und Abreibgewebe), wie sie bei der Vakuuminfusion (VARI) zum Einsatz kommen, durchzuführen. Dabei wurden vier verschiedene Methoden untersucht: (i) ein genormter, (ii) ein shop floor, (iii) ein reverse engineering und (iv) ein digitaler Ansatz.

boloids bestimmt, wie sie in der ISO 4410:2023 vorgeschlagen wird.

Beim „digitalen Ansatz“ wurden Bilder von Materialproben per 3D-Computertomographie ( $\mu$ CT) aufgenommen. Die Bilder wurden anschließend per Datensegmentierung zu digitalen Zwillingen der Mikrostruktur weiterverarbeitet. Die virtuellen Modelle der Materialien wurden schließlich als Eingangsdaten für Füllsimulationen in FlowDict, einem Modul der kommerziellen Software GeoDict<sup>®</sup>, genutzt.

experiment was conducted and the flow progress was tracked by optical means. For the “reverse engineering approach”, flow simulations were run using an open-source CFD package (lcmFoam24 solver) developed by one of the research partners. The experimentally determined data found in the “standardized approach” was taken as input data for the flow simulations and the flow progress was derived from the filling fraction of the FEM mesh. For these three methods, in-plane permeability data was computed following the elliptic paraboloid method as proposed in the ISO 4410:2023 standard.

left: Representation of the  $\mu$ CT scan of the flow aid, a polyester knitted fabric (above), virtual model of the material after segmentation (below) below: example data set with approximate model



Aus der Volumenge-mittelten Strömungs-geschwindigkeit konnte schließlich die ebene Permeabilität gemäß dem Gesetz von Darcy bestimmt werden.

In the “digital approach”, microstructural images of material samples were created by means of 3D micro-computed tomography ( $\mu$ CT). The resulting images were then processed towards digital twins of the microstructure by means of data segmentation techniques. These virtual models of the materials were taken as input to numerical flow simulations with FlowDict, a dedicated module of the commercial software GeoDict<sup>®</sup>. Volume-averaged flow velocity data was obtained, which was used to compute in-plane permeability following Darcy’s law. ▲

### Methodische Vergleichsstudie

Der “genormte Ansatz” basiert auf der experimentellen Bestimmung der ebenen Permeabilität in einem Radialströmungsversuch nach der ISO 4410:2023 Norm. Für die “shop floor Methode” wurde ein VARI-Experiment durchgeführt und der Fließfrontfortschritt per Kamerasystem mitverfolgt. Beim “reverse engineering Ansatz” wurden Füllsimulationen mit einer open-source CFD-Software (lcmFoam24 solver) durchgeführt, die von einem der Forschungspartner entwickelt wurde. Als Eingangsdaten wurden die beim “genormten Ansatz” experimentell bestimmten Daten herangezogen. Der Fließfrontfortschritt wurde vom Füllgrad des FEM-Netzes abgeleitet. Bei diesen drei Ansätzen wurde die ebene Permeabilität über die Methode des elliptischen Para-

Five international research institutions aimed at a methodological benchmark exercise for estimating the in-plane permeability of two materials (single layers of flow media and peel ply, respectively), typically used as consumables in Vacuum-Assisted Resin Infusion (VARI). Four different methods were studied: (i) a standardized, (ii) a shop floor, (iii) a reverse engineering and (iv) a digital approach.

### Methodological Benchmark

The “standardized approach” is based on experimental characterization of in-plane permeability following the radial flow principle according to the ISO 4410:2023 standard. In the “shop floor approach”, a VARI

### at a glance & contact

**Partners:** Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe GmbH, MUL-VV, National Composites Centre - Engineering Development, Universität Bremen - Faserinstitut Bremen e.V., University of Applied Sciences Wiener Neustadt - Aerospace Engineering Department



**asso. Prof. Dr. Ewald Fauster**  
 ewald.fauster@unileoben.ac.at  
 +43 3842 402 - 2708