

## Kurzfassung

Sowohl in der Holzforschung als auch im Ingenieurholzbau ist eine korrekte mathematische Beschreibung des Materials von größter Bedeutung. Im Falle von Holz ist das schwierig, handelt es sich doch um ein Material mit ausgeprägter Orthotropie und zeit- und feuchteabhängigem Verhalten. Einen weiteren Einfluss auf die Materialeigenschaften haben unter anderem Holzart, Wachstumsbedingungen, Dichte sowie Temperatur. Dies hat eine breite Streuung sämtlicher Materialeigenschaften zur Folge, sogar innerhalb ein und desselben Baumes. Aufgrund dieser Tatsachen scheint die Formulierung eines universell anwendbaren Materialmodells beinahe unmöglich.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die dem beobachteten (makroskopischen) Materialverhalten zugrundeliegenden Prozesse zu verstehen und darauf aufbauend ein physikalisch korrektes Materialmodell zu formulieren. Ausgangspunkt dafür ist die dem Material eigene Mikrostruktur. Holz weist eine optimierte und streng hierarchisch gegliederte Struktur auf, beginnend bei den mit freiem Auge sichtbaren Jahresringen über die Zellstruktur bis hin zu den Holzpolymeren Zellulose, Hemizellulose und Lignin auf der Molekülebene. Auf dieser kleinen Längenskala lassen sich die Ursachen für das zeitabhängige Verhalten von Holz sowie dessen Interaktion mit Wasser identifizieren. Aufbauend auf diesen Grundlagen wird anschließend eine thermodynamisch korrekte, makroskopische Beschreibung für Holz formuliert. Sie besteht aus Massenerhaltungsgleichungen für die beiden Wasserphasen, einem Energieerhaltungssatz sowie den mechanischen Gleichgewichtsbedingungen. Zusammen mit den konstitutiven Gleichungen steht hiermit eine allgemein gültige Materialbeschreibung zur Verfügung, mit klar definierten Anwendungsgrenzen bei verschiedenen Sonderfällen.

Mithilfe der Kontinuumsmikromechanik werden die benötigten Materialeigenschaften bestimmt. Bei Verwendung dieser Methode wird die Mikrostruktur von Holz mathematisch nachgebildet, was die Abschätzung von Materialeigenschaften für ein bestimmtes Stück Holz ermöglicht. Auf Grundlage dieses Konzepts werden Modelle für die Wärmeleitfähigkeit, den stationären Diffusionskoeffizient von Wasser sowie das zeitabhängige mechanische Verhalten von Holz präsentiert. Anhand von Vergleichen zwischen experimentell bestimmten Materialparametern und entsprechenden Modellvorhersagen wurden die Modelle erfolgreich validiert.

Ein weiterer wichtiger Prozess ist die Aufnahme und Abgabe von Wasser durch die Zellwand (Sorptions). Um diesen zeitabhängigen Prozess korrekt beschreiben zu können, wird ein analytisches Sub-Modell einer Holzzelle hergeleitet. Weiters gezeigt wird eine physikalisch plausible Erklärung für die Sorptionshysterese. Für diese Theorie werden Poromechanik, zeitabhängiges Materialverhalten sowie Thermodynamik kombiniert.

Die abschließenden Kapitel befassen sich mit instationären Transportprozessen in Holz unter dem Fasersättigungspunkt. Nach Ermittlung der benötigten Materialparameter wird eine numerische Lösung des resultierenden Gleichungssystems mittels der Methode der finiten Elemente präsentiert. Auch dieses Modell wurde anhand zweier experimenteller Versuchsreihen (improved cup method, Kernspinresonanzspektroskopie) validiert. Sämtliche experimentellen Ergebnisse konnten mit dem Modell vorhergesagt werden, erneut ohne Verwendung rückgerechneter Faktoren oder sonstiger unphysikalischer Parameter. Es steht nun erstmalig ein Modell zur Verfügung, das auf einer physikalisch korrekten Materialbeschreibung basiert und somit zuverlässige Vorhersagen ermöglicht.