

# Evaluation of measurement methods for determining flow-rates of cerebro-spinal fluid in a hydrocephalus shunt system

Michael Wange

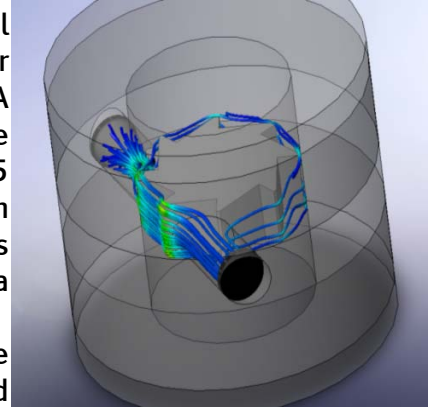
*Purpose:* This diploma thesis will accomplish theoretical foundations for the development of an implantable sensor for detection of liquor-flow velocities in a shunt system. A minimum requirement to a clinically useful sensor is the valid distinction from flows less than 5 ml / h, between 5 ml / h and 20 ml / h, between 20 ml / h and 50 ml / h and flows above. Operating principles to detect flow-rates in a shunt system shall be evaluated and tested in a laboratory experiment.

*Methods:* A literature- and market research on the possibilities of flow detection was conducted. The found

flow measurement principles were evaluated regarding the necessary requirements. Two theoretically appropriate measurement principles, a thermal based principle and a sensor based on an impeller wheel, were tested in a laboratory experiment.

*Results:* The mechanical sensor according to the impeller wheel principle could detect a flow (of water) down to 120 ml/h. At lower flow rates the friction forces were greater than the driving force of the flow and the water ran between the wall and the rotor. The sensor according to the thermal principle could determine the flow at the required measurement range with high precision and reproducibility.

*Conclusion:* Of the two investigated principles only the thermal process could fulfill the necessary requirements. The tested thermal sensor is characterized by a high accuracy, reproducibility, stable offset and long-term stability. Future research and development work should be orientated to optimize the thermal based flow-detection for an implantable sensor to detect liquor-flow-rates.



## Evaluierung von Messverfahren zur Bestimmung des Liquordurchflusses in einem Shuntsystem

Michael Wange

*Aufgabenstellung:* Diese Diplomarbeit soll Grundlagen zur Entwicklung eines implantierbaren Sensors zur Erfassung von Liquorflussgeschwindigkeiten in einem Shuntsystem schaffen. Als minimale Anforderung an einen klinisch verwendbaren Sensor ist die valide Unterscheidung von Flüssen unter 5 ml/h, zwischen 5 ml/h und 20 ml/h, zwischen 20 ml/h und 50 ml/h sowie darüber zu definieren. Im Rahmen der Arbeit sollen Wirkprinzipien zur Erfassung von Fließgeschwindigkeiten im Ableitungssystem zusammengestellt, bewertet und im Laboraufbau geprüft werden.

*Methode:* Es wurde eine Literatur- und Marktrecherche zu den Möglichkeiten der Durchflussbestimmung durchgeführt. Die gefundenen Durchflussmessverfahren wurden bezüglich der gestellten Anforderungen bewertet. Zwei theoretisch geeignete Messprinzipien, das thermische Prinzip und ein Sensor nach dem Flügelradprinzip, wurden im Laborversuch getestet.

*Ergebnisse:* Der mechanische Sensor nach dem Flügelradprinzip konnte einen Durchfluss (Wasser) bis 120 ml/h detektieren, bei geringeren Durchflüssen waren die

Reibungskräfte größer als die Antriebskraft der Strömung und das Wasser zog sich zwischen Wandung und Rotor hindurch.

Der Sensor nach dem thermischen Prinzip konnte den Durchfluss im geforderten Messbereich hochgenau und reproduzierbar bestimmen.

*Zusammenfassung:* Von den beiden untersuchten Prinzipien konnte nur das thermische Verfahren die gestellten Anforderungen erfüllen. Der getestete thermische Sensor zeichnet sich durch eine hohe Messgenauigkeit, Reproduzierbarkeit, Offsetstabilität und Langzeitstabilität aus. Zukünftige Forschungs- und Entwicklungsarbeit sollte darauf ausgerichtet werden, das thermische Verfahren für einen implantierbaren Liquorflusssensor zu optimieren.