

## Das Intelligente Implantat zur Tumorthherapie

Feedback- und Closed-Loop-Systeme haben auch im invasiven Bereich große Bedeutung für künftige Diagnose- und Therapieformen. Ein Beispiel dafür ist ein Implantatssystem zum gezielten Monitoring von gelöstem Sauerstoff, das von uns im BMBF-geförderten Projekt „IntelliTUM“ entwickelt wurde, dargestellt in Bild 1 [CBS+12]. Basis für ein solches System ist die Tatsache, dass die Sättigung von Geweben mit gelöstem Sauerstoff eine führende Rolle bei invasiven Prozessen in malignen Tumoren spielt: In vielen soliden Tumoren korreliert Sauerstoffmangel (Hypoxie) mit abnormen metabolischen Profilen und der Sensitivität auf therapeutische Bestrahlung. Ein Sensor, der in unmittelbarer Nähe eines solchen Tumors abgesetzt wird, kann eine zunehmende Hypoxie feststellen und wichtige Informationen zur Tumoraktivität liefern – diese können dann als Basis einer individualisierten und optimal dosierten Therapie herangezogen werden.



*Bild 1: Prototyp des im Projekt „IntelliTUM“ entwickelten Implantates. Wird das System ohne O<sub>2</sub>-Erzeugungseinheit eingesetzt, reduziert sich die Größe des Implantats auf ein Viertel.*

Das Implantat kann durch eine Einheit zur Medikamentendosierung ergänzt werden. Detektiert der Sensor an der Außenseite des Implantats Sauerstoffmangel, weist das auf Tumorwachstum hin – dann könnte aus dem Wirkstofftank im Implantat ein Chemotherapeutikum direkt in den Tumor abgegeben werden (siehe Bild 2) [BXI+11].

Solche Systeme stellen eine Alternative zu herkömmlichen, etablierten Therapiemethoden dar und sind nicht nur auf die Tumorthherapie beschränkt.

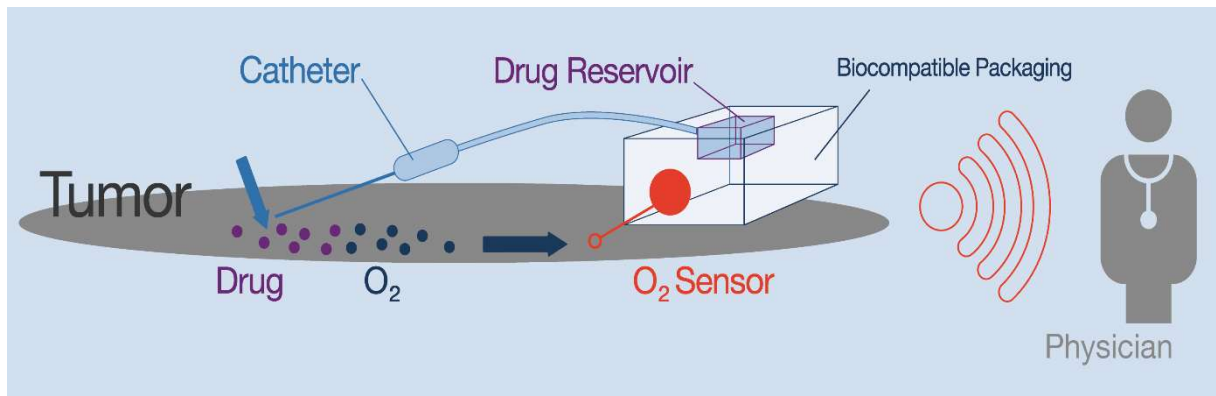
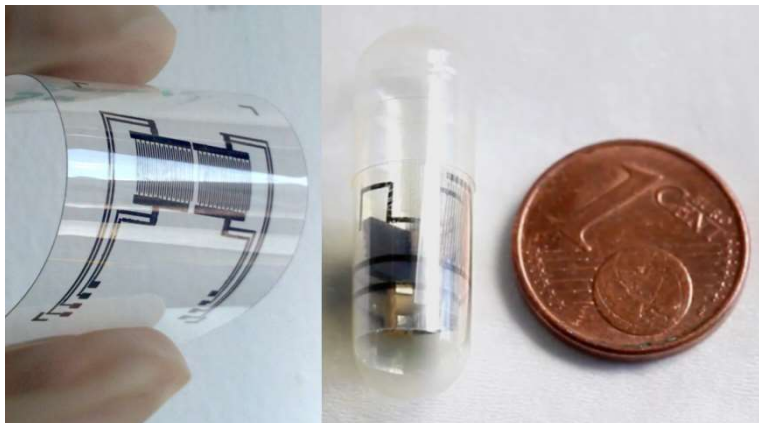


Bild 2: Funktionsprinzip des Tumor-Implantats als Closed-Loop-System.

Sie ermöglichen ein minimalinvasives, ambulantes und kontinuierliches Langzeitmonitoring von kritischen Gewebebereichen und sind deshalb gerade im post-operativen Monitoring von Tumorpatienten eine wesentliche Verbesserung. Wird tumorale Aktivität festgestellt, so kann durch das Betätigen der Dosiereinheit per Funk dem Auftreten von Rezidiven oder Metastasierungen gezielt entgegengewirkt werden. Im Vergleich zur systemischen Therapie können schwere Nebenwirkungen verhindert und eine höhere lokale Wirkstoffkonzentration erreicht werden. Das Implantat steht über eine bidirektionale Funkverbindung in ständigem Kontakt mit einer Empfangseinheit, die die Daten beispielsweise an das COMES<sup>®</sup>-System übermittelt. Dort können risikobehaftete Signalmuster automatisch erkannt und eine schnelle Intervention durch den Arzt veranlasst werden.



Qr-Link zu einem Clip, in dem die „Nanopille“ zu sehen ist.

Bild 3: Sensor aus Nanopartikeln, der mittels Ink-Jet-Druck auf eine Folie aus Kunststoff aufgedruckt wurde (links). Die Folie wurde anschließend mit elektronischen Bauteilen bestückt und zu einer schluckbaren „Nanopille“ aufgerollt (rechts), die mit ihren Sensoren beispielsweise ein blutendes Magengeschwür erkennen, daran andocken und es überwachen könnte.

Neben der lokalen medikamentösen Therapie können die im Rahmen des Projekts „IntelliTUM“ entwickelten Chips mit integrierten Sensoren ( $pO_2$ , pH etc.) ebenso gezielt für weitere therapeutische Anwendungen eingesetzt werden. Aktuelle wissenschaftliche Studien und die Daten aus unserem Projekt „Evopot“ haben einen direkten Zusammenhang zwischen der Sauerstoffversorgung von Tumoren sowie des Organismus und dem

Behandlungserfolg von Krebspatienten nachgewiesen [YDL+07], [DC06], [MS00]. Demnach erhöht die gleichzeitige Anwendung von Bestrahlung und Sauerstoffgabe ins Tumorgewebe die Wirksamkeit der Strahlen und reduziert gleichzeitig die Nebenwirkungen. Je besser das Gewebe durchblutet ist und je mehr Sauerstoff damit zur Verfügung steht, desto schlechter können sich Tumoren entwickeln und desto wirkungsvoller lassen sie sich behandeln.

Die Lebensqualität von Krebspatienten wird in den meisten Fällen durch eine Sauerstofftherapie deutlich verbessert. Das ist dann besonders wichtig, wenn die Sauerstoffversorgung des Patienten durch lange Bettlägerigkeit, Behinderungen, Bewegungsmangel, Stress und andere Begleitumstände beeinträchtigt ist. Kleine Implantate könnten in bestimmten Körperbereichen für eine höhere Sauerstoffkonzentration sorgen und so das Wohlbefinden des Patienten steigern.