

Kamerasystem für den Einsatz in hochradioaktiver Umgebung

Student



Manuel Vetter

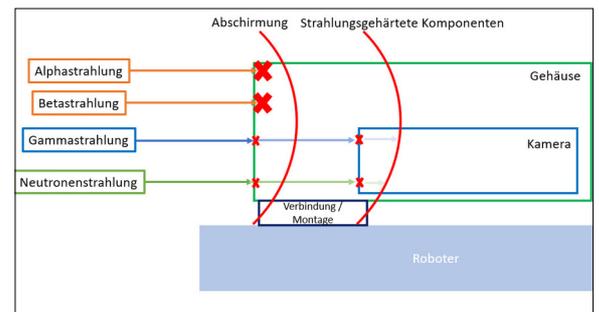
Ausgangslage: Die nukleare Strahlung in Kernkraftwerken stellt eine grosse Herausforderung für elektronische Geräte dar. Aufgrund der Gamma- und Neutronenstrahlung kann die Elektronik beschädigt und unbrauchbar gemacht werden. Dies ist vor allem in Bereichen ein Problem, in welchen sich der Mensch aufgrund der hohen Strahlungsdosis nicht aufhalten kann. Deshalb sind Roboter, beispielsweise bei Inspektionen, unersetzbar. Um solche Roboter zu steuern benötigt es eine Kamera. Das Ziel dieser Projektarbeit ist es, ein Kamerasystem zu erarbeiten, welches mit heutigem Wissensstand bei diesen harschen Umgebungsbedingungen zuverlässig funktionieren kann. Dabei soll die Kamera darauf ausgelegt sein, bei einer Strahlungsdosisleistung von 100 Sv/h einwandfreie Videoaufnahmen zu produzieren.

Vorgehen: Zu Beginn wurde eine Markt- und Patentrecherche durchgeführt. Um sich einen gesamten Überblick über das Thema zu verschaffen, wurden anschliessend Roboter betrachtet, welche in dieser Branche bereits Verwendung finden. Mithilfe weiterer Recherchen bezüglich der radioaktiven Strahlung, den damit verbundenen Schäden an elektronischen Geräten und dem grundlegenden Aufbau einer digitalen Kamera, konnte die Basis für die weiteren Schritte gelegt werden. Wichtige Komponenten einer Kamera wurden anschliessend in Gruppen unterteilt und deren Schadensursache, wie auch mögliche Anpassungen für eine Strahlungsresistenz analysiert. Damit das System einen angemessenen Schutz erhält, sind verschiedenste Materialien auf deren Absorptionsvermögen bezüglich der Gamma- und Neutronenstrahlung betrachtet worden. Später wurde nach Komponenten für den Einsatz in der Kamera gesucht, dimensioniert und eine passende Umhüllung skizziert. Abschliessend wurden Möglichkeiten aufgezeigt, wie das Kamerasystem auf dem Roboter angebracht werden könnte.

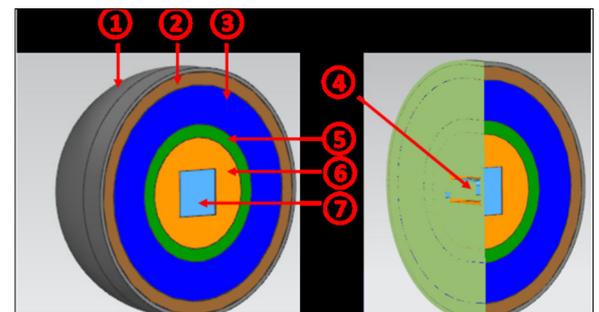
Ergebnis: Die erarbeitete Lösung besteht aus einer 5-schichtigen Aussenhülle, welche den strahlungsharten Bildsensor (7) und die Elektronik (4) schützt. Diese Hülle ist darauf ausgelegt, dass die Neutronen zuerst über die Stahl(1)-, Blei-Epoxid(2)- und Wasserschicht(3) moderiert und anschliessend durch den Bor-Epoxid-Layer(5) gebunden werden können. Der Einfang ist mit dem Entstehen sekundärer Gammastrahlung verbunden, welche mit dem innersten Layer absorbiert wird. Die Gammastrahlung verliert ebenfalls beim Durchlaufen der Schichten durch verschiedene Wechselwirkungen mit den Atomhüllen der Materialien ihre Energie, wobei sie spätestens mit der Wolfram-Diborid-Schicht (6) absorbiert werden soll. Als Bildsensor eignen sich strahlungsfeste CMOS oder CID Sensoren. Damit diese auch von vorne geschützt werden, wird direkt vor die strahlungsfeste Linse ein Glas angebracht,

welches mithilfe des Blei-Oxids die Strahlung absorbiert und der Cerium-Oxid-Dotierung die Bildung von Farbzentren verhindert. Der Datentransfer findet über ein batteriebetriebenes Wi-Fi-Modul statt, welches drahtlos mit Repeatern verbunden ist. Diese sind wiederum wichtig, damit die Signale durch die dicken Betonwände nicht gestört wird. Um die Daten anschliessend auf den Monitor zu bringen werden Glasfaserkabel eingesetzt. Damit konkrete Aussagen bezüglich der Strahlungsabsorption und der Funktionalität getätigt werden können, müssen zuerst Tests oder Simulationen durchgeführt werden.

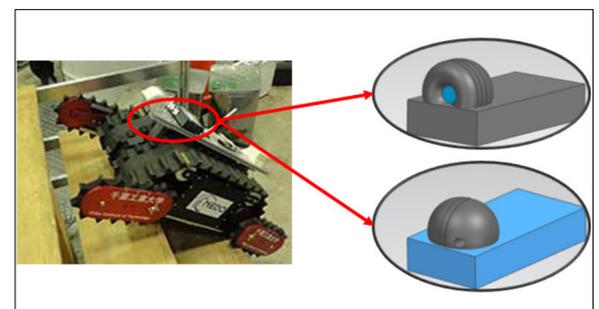
schematische Darstellung der Strahlungsarten und deren Durchdringungsvermögen
Eigene Darstellung



5-schichtige Aussenhülle mit der Elektronik im Kern
Eigene Darstellung



Positionierung der Kameraideen auf einem Roboter mit Spiegel (unten) und ohne Spiegel (oben)
FutureRoboticsTechnologyCenter, Sakura



Referent

Prof. Dr. Albert Loichinger

Themengebiet

Sensor, Actuator and Communication Systems, Mechanical Engineering