

Einsatz neuronaler Netze bei der α -Spektroskopie von ^{261}Rf

G. Langrock¹, N. Wiehl¹, J. Alstad², H. Breivik², J. E. Dyve², K. Eberhardt¹, E. A. Hult², M. Johansson², H.O. Kling¹, M. Mendel¹, A. Nähler¹, J.P. Omtvedt², L. Stavsetra², G. Skarnemark³, U. Tharun¹, N. Trautmann¹, J.V. Kratz¹
¹Johannes Gutenberg-Universität Mainz, ²University of Oslo, ³Chalmers University Göteborg

Bei verschiedenen Experimenten zur Chemie des Rutherfordiums (Rf) in der vergangenen Jahren mit dem Flüssig-Flüssig-Extraktionssystem SISAK konnte Rf nicht eindeutig identifiziert werden. Ursache war, dass man bei dem zur Detektion verwendeten Verfahren der Flüssigszintillationsspektroskopie (liquid scintillation counting, LSC) in Verbindung mit einer analogen Pulsform-Diskriminierung die gesuchten Rf- α -Ereignisse nicht eindeutig von β - und γ -Ereignissen sowie β - β -pile ups unterscheiden konnte [1,2].

Mit einem mittlerweile verfügbaren Transientenrecorder ist es möglich, Szintillationspulse digitalisiert aufzuzeichnen. Auf Grund der anfallenden Datenmenge soll die Auswertung der einzelnen Pulse automatisch erfolgen, wofür geeignete Verfahren erforderlich sind. In Vortests mit α - und β -Quellen wurde gezeigt, dass man mit künstlichen neuronalen Netzen prinzipiell in der Lage ist, die verschiedenen Pulsformen richtig zu klassifizieren [3].

Die untersuchten neuronalen Netze vom Typ des Backpropagation Netzwerks sind aufgebaut aus drei Schichten. Die Eingangsschicht enthält 250 Neuronen, was einem Szintillationspuls mit 250 Datenpunkten \dot{a} 2 ns entspricht. In der zweiten Schicht wurde die Anzahl der Neuronen zwischen 4 und 10 variiert. Die Zahl der Neuronen in dieser Schicht bestimmt die Anzahl der Freiheitsgrade des Netzes. Als Optimum wurde eine Schicht mit 4 Neuronen gefunden. Die Ausgangsschicht enthielt 2 Neuronen. Die beiden Ausgabewerte sind Parameter für die Art der Pulse (α - oder nicht α -Puls) mit Werten zwischen 0 und 1, wobei ein Wert nahe Eins eine sicher erkannte Pulsform angibt.

Nach diesen Vortests wurde die Anwendbarkeit der neuronalen

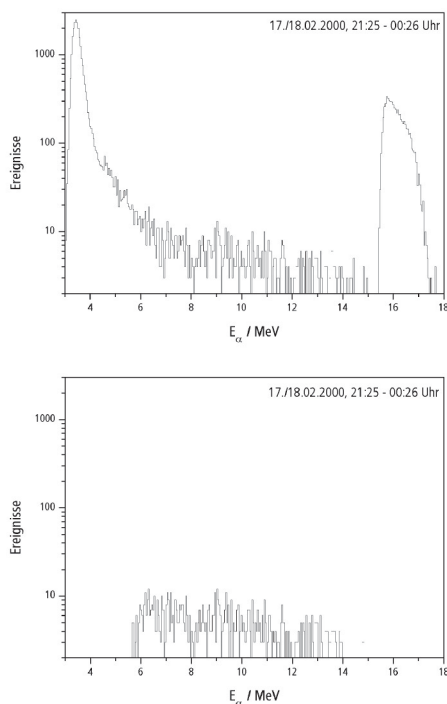


Abbildung 1: LSC-Spektrum vom SISAK-Experiment 2000
a) Original-Spektrum nach analoger Pulsform-Diskriminierung
b) nach Untergrundbereinigung mit neuronalem Netz

Netze auf experimentell gewonnene Daten untersucht. Diese Daten wurden bei einem SISAK-Experiment im Frühjahr 2000 am Paul-Scherrer-Institut aufgenommen. Bei diesem Experiment sollte Rf in der Reaktion $^{248}\text{Cm}(^{18}\text{O},5n)^{261}\text{Rf}$ produziert werden. Abbildung 1a zeigt ein über 3 Stunden akkumuliertes Spektrum bei analoger Pulsform-Diskriminierung mit insgesamt rund 34 000 Pseudo- α -Ereignissen. Ein mit 2500 Pulsen trainiertes neuronales Netz konnte in einer offline-Analyse über 33 000 Pulse (ca. 97 Prozent, Ausgabewert 0.6) aus dem Spektrum entfernen (Abbildung 1 b). Das betrifft überwiegend β -Signale im niederenergetischen und Spaltsignale im höherenergetischen Teil des Spektrums.

Ein α -Ereignis wurde dabei als erkannt klassifiziert, wenn der Ausgabewert zwischen 0.7 und 1 lag. Einige Untergrundereignisse, vor allem pile ups mit seltenen Formen, die offenbar auch in den Trainingsdaten in nicht ausreichender Zahl vertreten waren, blieben im interessierenden Energiebereich des α -Spektrums zurück. Diese überflüssigen Ereignisse lassen sich aber problemlos manuell aus den Daten entfernen, bis ein untergrundfreies Spektrum (Abbildung 2) zurückbleibt.

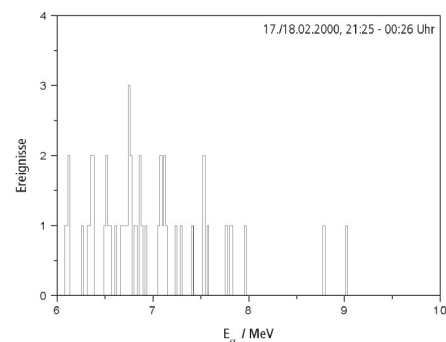


Abbildung 2: Untergrundfreies LSC-Spektrum

Beim weiteren Einsatz neuronaler Netze ist die Erkennungsleistung durch die Generierung geeigneter Trainingsdatensätze zu verbessern. Weiterhin soll geprüft werden, ob neuronale Netze auch für online-Analysen genutzt werden können, um zum Beispiel die Ventile der LSC-Messzellen zu schließen.

Die Kopplung des SISAK-Systems an den Berkeley Gas-Filled Separator (BGS) ermöglichte durch eine stark verbesserte Unterdrückung des Untergrundes die erstmalige Identifizierung von Rf-Ereignissen [4] mit der analogen Pulsform-Diskriminierung. Dabei traten neben gewöhnlichen α -Pulsen auch Summenereignisse auf, die vermutlich auf korrelierte α - γ -Ereignisse beim Zerfall von Rf zurückzuführen sind. Auch hier könnte künftig ein digitales Aufnahmesystem weitere Informationen liefern. Fände man in den aufgenommen Pulsformen sowohl α - als auch γ -Ereignisse wieder, könnten wichtige neue kernspektroskopische Daten über den Zerfall von Rf gewonnen werden.

- [1] K. Eberhardt et al., Jahresbericht 1999
- [2] G. Langrock et al., Jahresbericht 1999
- [3] G. Langrock et al., Jahresbericht 2000
- [4] J.P. Omtvedt et al., dieser Jahresbericht