

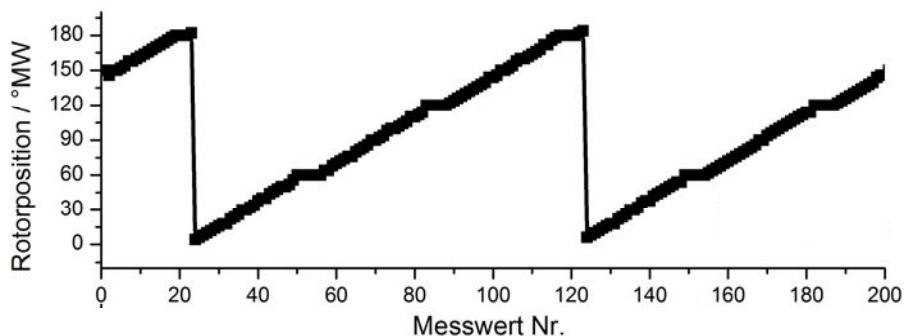
## 4 Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegendenen Diplomarbeit bestand darin, ein virtuelles Sensorsystem zur Lageerfassung energieeffizienter Elektromotoren aufzubauen.

Dies beinhaltete das Vermessen und Untersuchen von drei ausgewählten Betriebsmodi der elektrischen Maschine. Dazu gehören der generatorischer Betrieb, der langsamlaufende Frequenzumrichterbetrieb und der Stillstand. In jedem Betriebsmodus sollte das Verhalten der elektrischen Maschine charakterisiert werden, welches im nachfolgenden Schritt zu einer Software entwickelt wird, um sensorlos die Rotorposition des Stators der elektrischen Maschine zu detektieren.

Da das entwickelte Verfahren im Frequenzumrichter einer E-Maschine eingesetzt werden soll, muss im jeweils letzten Entwicklungsschritt darauf geachtet werden, dass ein effizienter Algorithmus zur Winkeldetektion des Rotors geschaffen wird, welcher auf einem Mikrokontroller ressourcenschonend eingesetzt werden kann. Diese Vorgehensweise soll im Folgenden zu jeden der drei Betriebsmodi zusammengefasst werden:

- *Generatorischer Betrieb:* Um hierbei einen Messeffekt zur Rotordetektion zu nutzen wird das physikalische Prinzip der Induktion verwendet. Mit Hilfe der in den Statorspulen induzierten Spannungen kann über einen äußerst effizienten Algorithmus folgende Kurve am Mikrokontroller ausgewertet werden.



**Bild 4-1:** Auswertung durch den Mikrokontroller

Dieses entwickelte Verfahren kann angewendet werden um die Rotorposition eindeutig bis 180 MW zu bestimmen.

- *Langsamlaufender FU-Betrieb:* Durch das Messen der Phasenströme im Betrieb der elektrischen Maschine kann ein ähnliches Verhalten, wie das des generatorischen Betriebs, festgestellt werden. Somit sollte sich dieser Algorithmus grundsätzlich auch für die Auswertung der Rotorposition auf 180 MW verwenden lassen. Da hierbei jedoch ein äußerst verrauschtes Signal (durch die PWM- und andere Frequenzumrichter)

terspezifische Frequenzen) detektiert wird, liegt der Fokus beim Filterdesign. Nach der Entwicklung eines Filters kann aufgrund des guten vorliegenden Signal/Rauschverhältnisses das Signal über den Mikrokontroller einwandfrei ausgewertet werden.

- *Stillstandsmodus*: Die Voraussetzung, um im Stillstand einen Messeffekt zu detektieren, ist, dass sich die Induktivität der Statorspulen je nach Rotorlage unterscheidet (Bild 3-27). Durch die geeignete Wahl eines Spannungssignals kann eine Reaktion in Abhängigkeit von der Rotorlage an den Statorspulen detektiert werden. Ein auf dem



**Bild 4-2:** Ausgabe des Rotorwinkels auf dem Messrechner

Mikrokontroller implementierter Algorithmus kann hierbei den Winkel auf 5 ° genau bestimmen. Wie im Bild erkennbar ist, war der Rotor des PMSM auf 45 ° eingestellt (Bild 4-2).

Da die Induktivität jedoch im Intervall 0 bis 360 ° zwei ganze Perioden besitzt, kann mit diesem Verfahren der Winkel nur bis 90 ° eindeutig detektiert werden. Um das Problem der Polunterscheidung (Nord-, bzw. Südpol) zu lösen, wird eine Spannungsspitze auf die Statorspulen eingebracht, so dass diese in den Sättigungsbereich kommen. Dabei unterscheidet sich je nachdem ob Nord- oder Südpol anliegt die erreichte Endstromstärke.

Als Fazit kann erkannt werden, dass alle Ziele der Aufgabenstellung erreicht sind. Dies bedeutet, dass jeder in der Aufgabenstellung geforderte Betriebsmodus erfolgreich hinsichtlich einer Positionsbestimmung charakterisiert wurde. Des Weiteren wurden diese Verfahren bezüglich der Portierbarkeit auf einen Mikrokontroller untersucht und Lösungsvorschläge zur Realisierung unterbreitet.