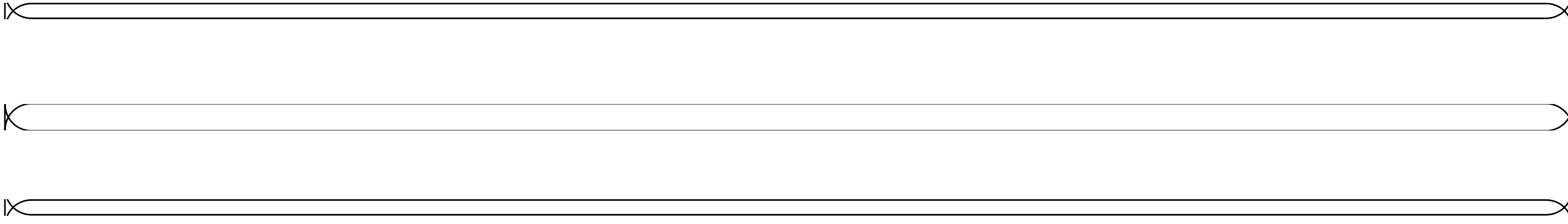


Tobias Frahm Florian Rittweger Thorben Schütthe Karl-Ragmar Riemschneider
{tobias.frahm, florian.rittweger, thorben.schuethe, karl-ragmar.riemschneider}@haw-hamburg.de
Fakultät Technik und Informatik – Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Motivation: In Elektrofahrzeugen der nächsten Generation soll auch das Batterie-Management-System (BMS) weiter verbessert werden. Zu diesem Zweck gibt es das Bestreben, die im Labor etablierte Methode der Elektrochemischen Impedanzspektroskopie (EIS) einzusetzen. Mithilfe der EIS lassen sich wertvolle Informationen über den Zustand der Batteriezelle ableiten, hierzu gehören der aktuelle Ladezustand, die Zellalterung, die Leistungsprädiktion und die Innentemperatur **Schmidt-2013, Kohs-2022**. Im Fahrzeug werden die Batteriezellen mit niederfrequenten Wechselströmen angeregt, die an jeder Batteriezelle eine Spannungsantwort erzeugen **KeilJossen-2012, Roscher-2016, Hammerschmidt-2016, Roscher-2015**. Aus dem Wechselstrom und der Spannungsantwort wird die Impedanz für ein Spektrum von Anregungsfrequenzen errechnet. In Elektrofahrzeugen werden Batteriezellen mit sehr geringem Innenwiderstand bis unter einem Milliohm eingesetzt. Zudem ist der Anregestrom aus Gründen der verfügbaren Energie und des Schaltungsaufwands limitiert. Für die Wechselströme zur Anregung wird eingeschätzt, dass der Bereich zwischen 1 A und 10 A umsetzbar ist. Infolgedessen liegen die Spannungsantworten in der Größenordnung von 1 mV. Sie sind mindestens prozentgenau zu erfassen, d. h. auf sieben Bit oder mehr digital aufzulösen. Der ADC benötigt hierfür einen analogen Vorverstärker. Weil Vorverstärkungsfaktoren in der Größenordnung von 1000 mitunter erforderlich sind, werden unter Praxisbedingungen starke Stör- und Rauscheinflüsse auftreten. Die Verstärkungsfaktoren sind nur mit einer begrenzten Stufenzahl einstellbar. In der Gesamtheit führt das zu einem Zielkonflikt. Entweder wird auf Signalauflösung verzichtet oder es wird ein Fehler durch teilweise Übersteuerung des ADC unvermeidbar. Diese gegensätzliche Problematik besteht auch in anderen Anwendungen **Abel-1991, Ting-2013, Zhou-2019, Chan-2012** und ist der Ausgangspunkt für den nachfolgend vorgestellten Lösungsansatz.



Statistische Auswertung des Signals erfolgt mithilfe der Auswertung der stochastischen Momente des Histogramms. Die stochastischen Momente werden verwendet, um Rückschluss auf die Signalqualität zu ziehen. Die Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Datenpunkte im Quantisierungsraum des Analog-Digital-Wandlers (ADC). Bei verschiedenen Signalzuständen. Der Einfluss von Rauschen und Verstärkung ist in der Verteilung deutlich zu erkennen.

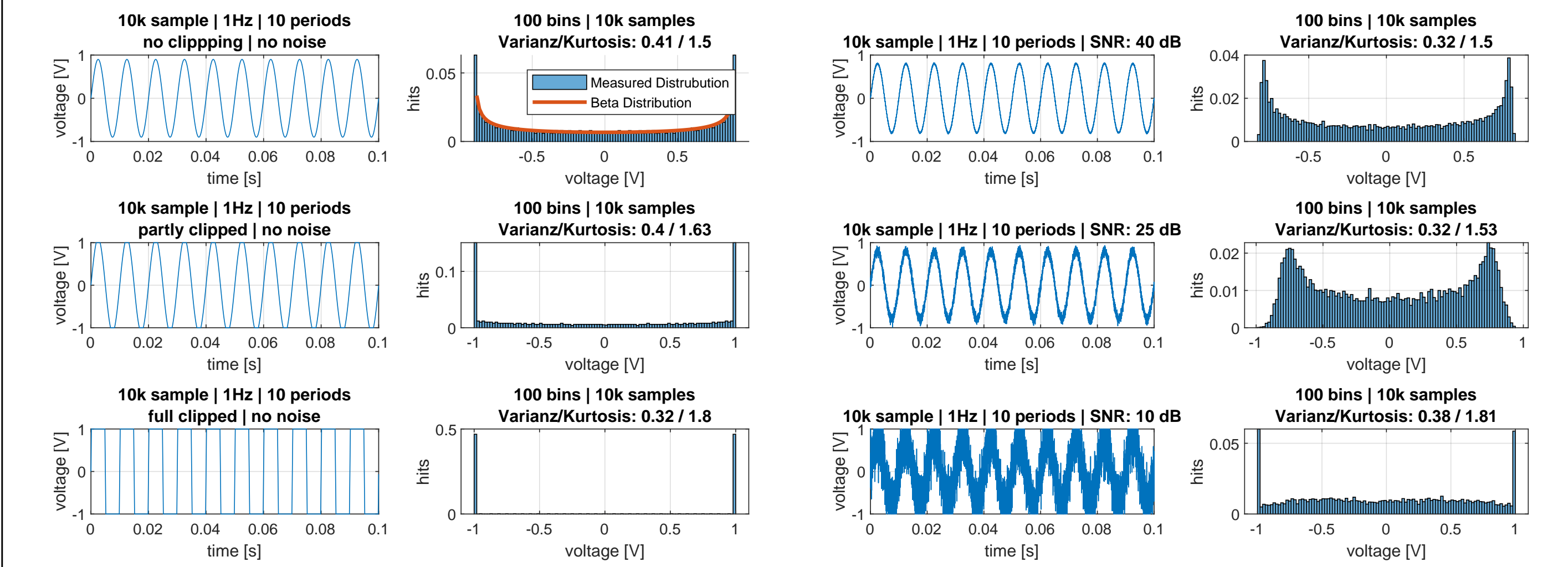


Fig. 1: Die linken Histogramme werden durch rauschfreie Signale mit verschiedener Amplitude erzeugt. Dabei werden unterschiedliche Sättigungsgrade dargestellt. Die rechten Histogramme zeigen verschiedene Rauschverhältnisse bei konstanter Amplitude.

Ermittlung der Korrekturfaktoren Der Zusammenhang der Korrekturfaktoren zeigt sich über den Störabstand und der Verstärkung des Signals mit den drei angeführten Größen:

- Sättigungsgrad als Anteil der Datenpunkte in der Sättigung des ADC
- Varianz der Verteilung der Abtastwerte^a
- Kurtosis der Verteilung der Abtastwerte^a

Der Dynamikbereich des ADC ist in b Stufen aufgelöst. Jeder Abtastpunkte kann in einem Histogramm einer Klasse h_i zugeordnet werden, wobei $b \leq i$ ist. Der Sättigungsgrad ergibt sich aus der Anzahl der Abtastpunkte n_0 und n_b in den äußersten Klassen h_0 und h_b des Histogramms nach Gl. (1).

$$c = \frac{n_0 + n_b}{n} \cdot 100 \tag{1}$$

^aNicht berücksichtigt werden Abtastwerte in der Sättigung des ADC.

Förderung Die Untersuchung entstand im Rahmen des Verbundprojekts ProMoBiS - "Progressive Multizell-Verbund-Konzepte für Batteriesysteme mit integrierter Sensorik". Das Forschungsprojekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms (Förderkennzeichen 03ETE046G) im Bereich Energiewende im Verkehr"gefördert und vom Projektträger Jülich betreut.

