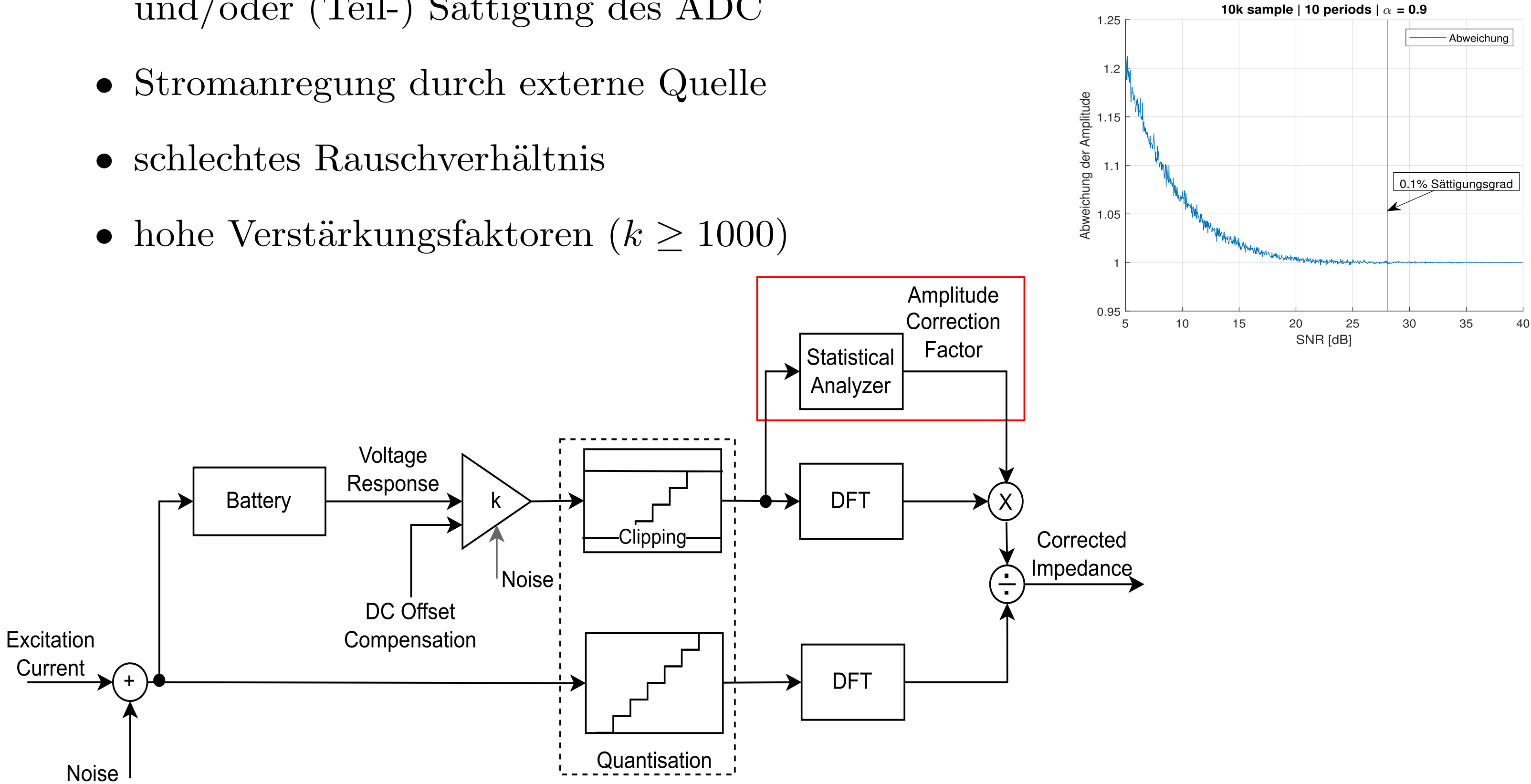


Motivation

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. Im Fahrzeug werden die Batteriezellen mit niederfrequenten Wechselströmen angeregt, die an jeder Batteriezelle eine Spannungsantwort erzeugen. 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. 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. 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.

Systemkontext

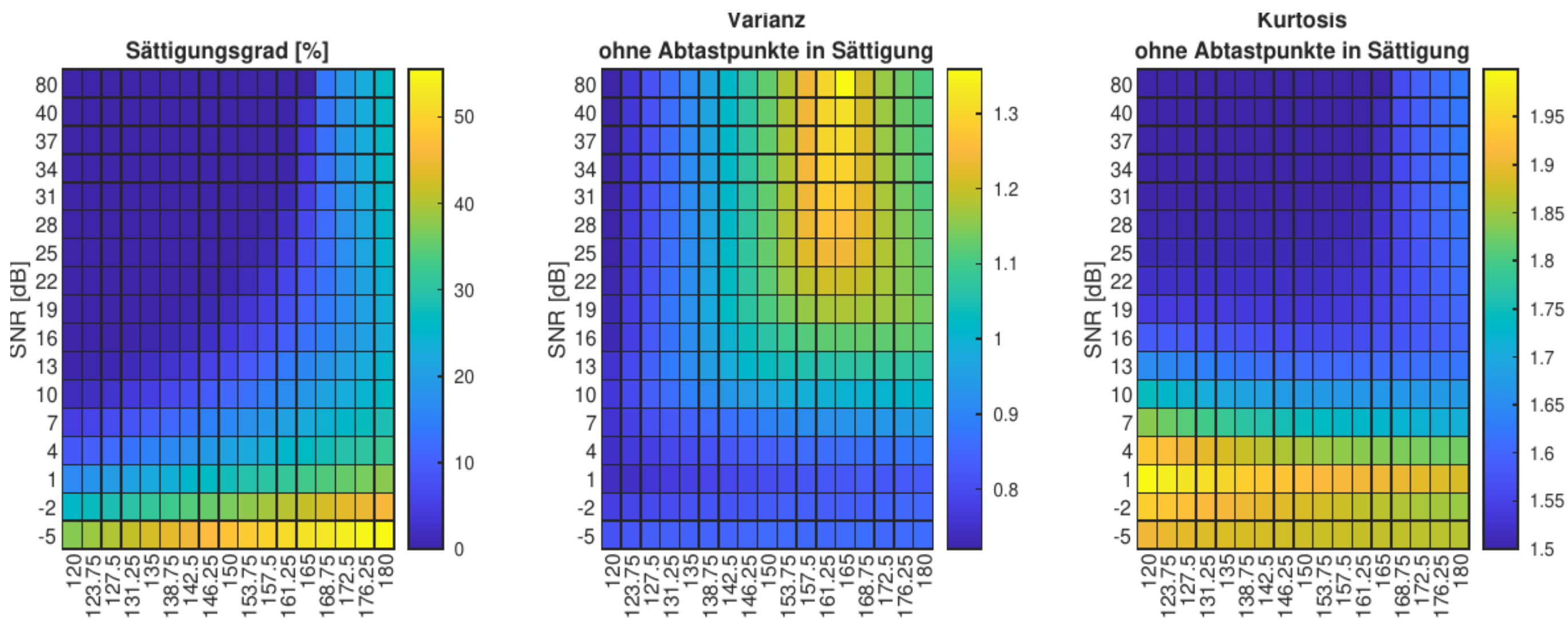
- Fehleranfällige Impedanzberechnung durch Rauscheinflüsse und/oder (Teil-) Sättigung des ADC
- Stromanregung durch externe Quelle
- schlechtes Rauschverhältnis
- hohe Verstärkungsfaktoren ($k \geq 1000$)



Ermittlung der Korrekturfaktoren

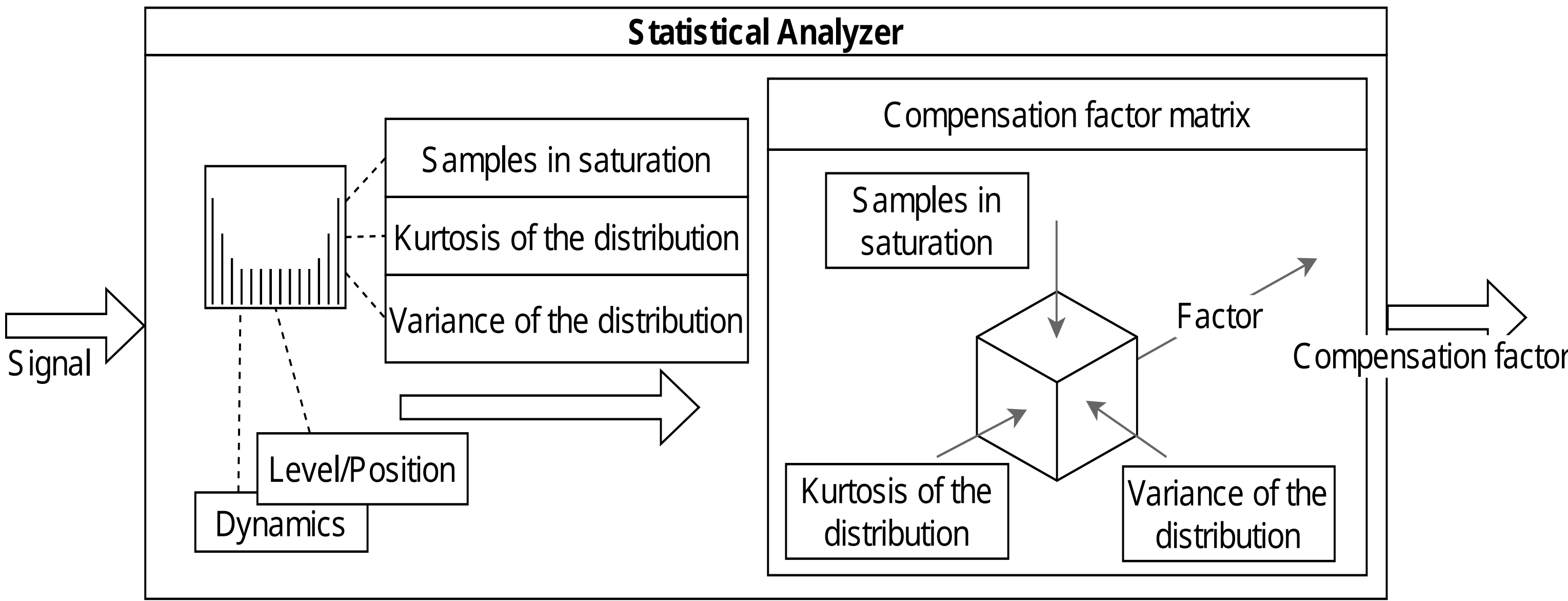
Der Zusammenhang der Korrekturfaktoren zeigt sich über den Störabstand und der Verstärkung des Signals:

- Datenpunkte in der Sättigung (Sättigungsgrad)
- Varianz $\sigma^2(u_{n,g}(t))$ der Verteilung der Abtastwerte
- Kurtosis $w(u_{n,g}(t))$ der Verteilung der Abtastwerte



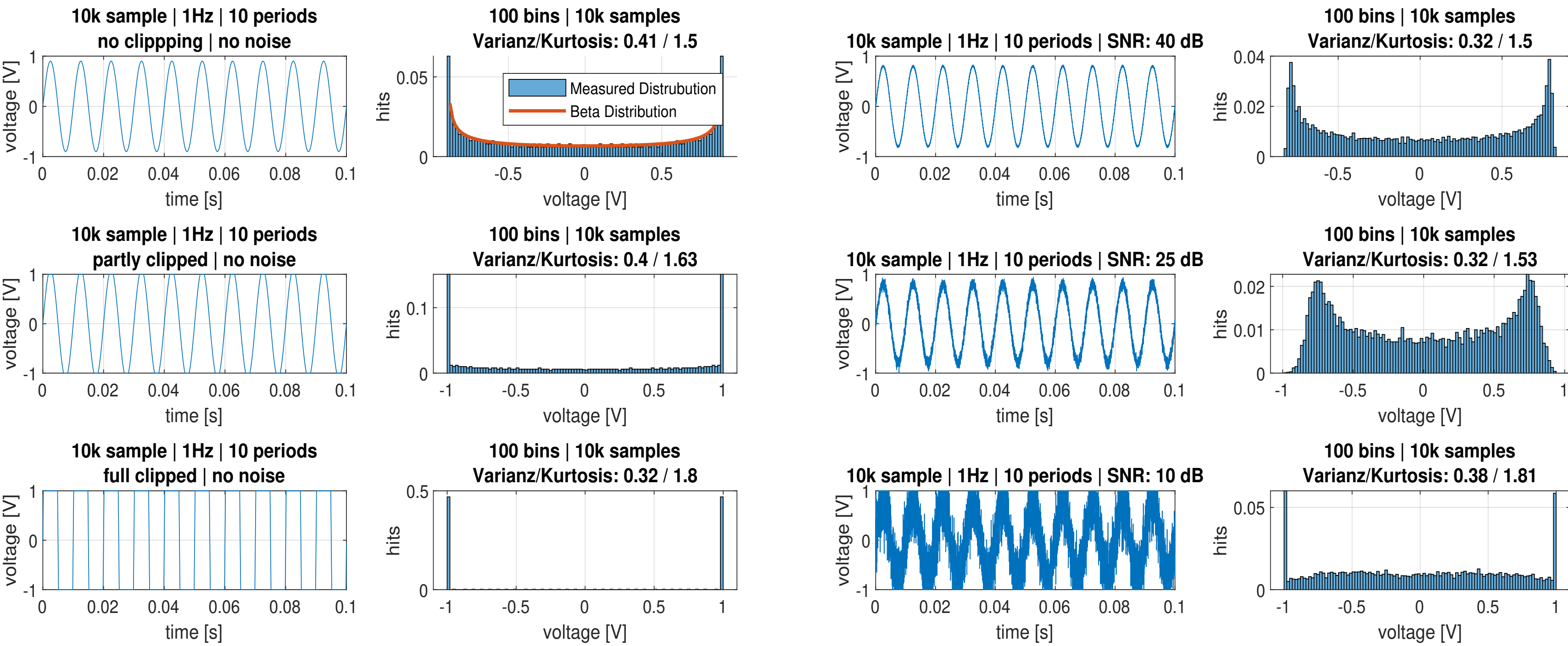
Zuordnung der stochastischen Eigenschaften

- Ermittlung der stochastischen Eigenschaften durch Simulation für jede SNR/Verstärkung
- Berechnung des Korrekturfaktors $AKF_{n,g} = \frac{|\hat{U}_{Ref}(f_0)|}{|\hat{U}_{n,g}(f_0)|}$
- Erstellung der LookUp-Tabelle



Statistische Analyse

- Auswertung der charakteristischen Verteilung des Signals
- Auswertung der stochastischen Eigenschaften des Signals
- Die Verteilung reagiert auf Verstärkung und Rauschen
 - Mit zunehmender Verstärkung erfolgt eine Verschiebung der Datenpunkte in den Randbereichen
 - Mit schlechterem Rauschverhältnis erfolgt eine Abflachung des Histogramms
- Bestimmung des Sättigungsgrads durch eine Histogrammauswertung



Ergebnisse

- Deutliche Verbesserung des Impedanzspektrums
- Besonders wirksam bei schlechtem Rauschverhältnis und hohen Verstärkungsfaktoren
- Adaptive Anwendung sinnvoll (beispielsweise über den Sättigungsgrad)

