

# EKF Implementierung zur Batterie SOC-Schätzung

Pramayuda H. Saleh

# 1 Bisherigen Vorschritt

Eine EKF Implementierung, die auf das Modell von Yamin[2] und Piao[1] basiert ist, wurde schon erstellt. Die Zustände des Filters sind  $x[k] = \left( \frac{1}{C} \quad \frac{1}{R} \quad \frac{1}{R_0} \quad SoC[k] \quad U_{RC}[k] \right)$ .

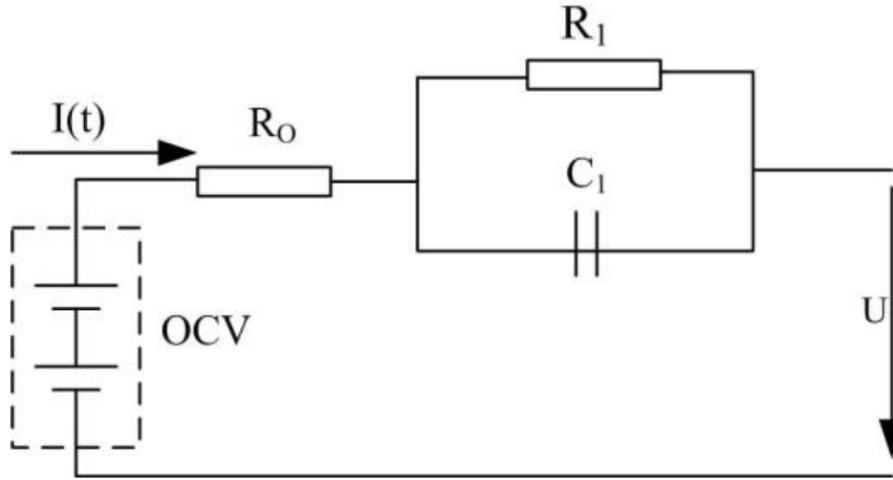


Abbildung 1: Batterie Modell von Piao et al

Eine Messung am 20. Mai wurde genommen, die 2 Datensätze enthält. Mit dem ersten Datensatz werden die Zustände (und Parameter) geschätzt. Das Ergebnis der Schätzung ist in folgender Abbildung dargestellt:

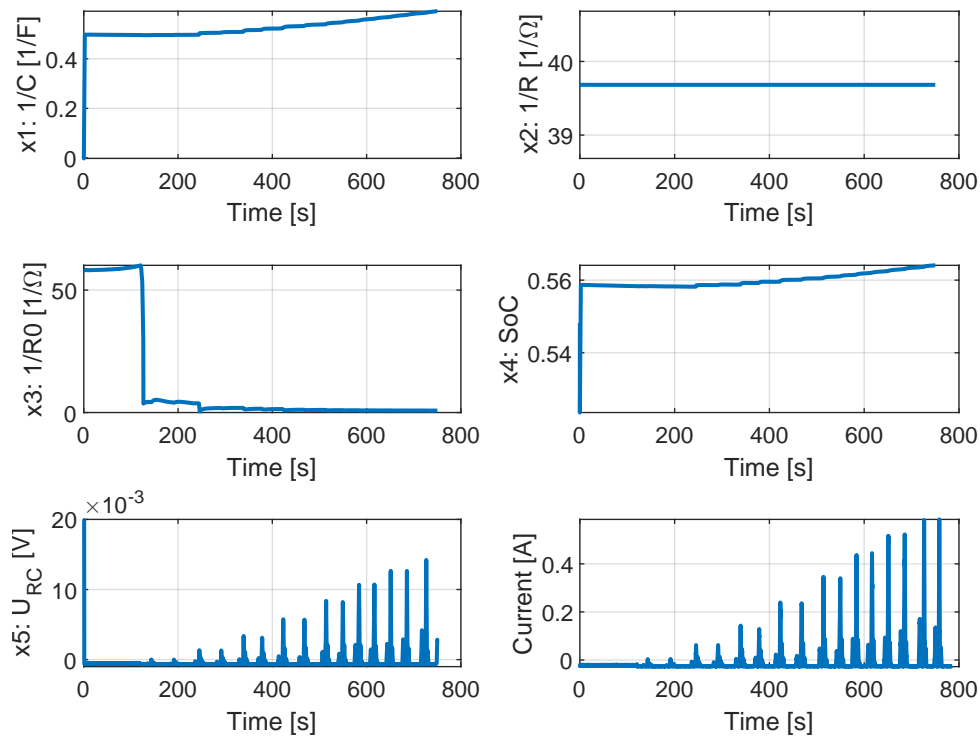


Abbildung 2: Schätzung von Zuständen

Die Parameter  $R$  und  $R_0$  konvergiert gegen einen Endwert.  $C$  und  $SoC$  steigt bis zum

Ende der Schätzung. Diese Parameter werden dann später bei der Validierung wieder verwendet.

## 2 Modell Validierung

Jetzt wird der simulierte Ausgang mit dem gemessenen Ausgang unter gleicher Bedingung (gleicher Eingang) verglichen. Der Ausgang zu simulieren ist leider nicht einfach, da der Ausgang  $U_L$  durch folgende Formel beschrieben ist:

$$U_L[k] = U_{OC}(SoC[k]) + U_{RC}[k] + R_0 i[k]$$

Die  $SoC$  und  $U_{RC}$  können leider nicht einfach berechnet werden und die Parameter sind auch abhängig von der  $SoC[1]$ . Deswegen werden die Zustände nochmal mittels EKF geschätzt und der Ausgang simuliert, allerdings werden die Zustände  $\hat{x}_{k|k}$  statt die Prädiktion  $\hat{x}_{k|k-1}$  bei der Simulation des Ausgangs verwendet.

Als Startwert der zu schätzenden Parameter werden die konvergierte Parameter aus der Schätzung mit dem 1. Datensatz verwendet. Leider ist die Simulation abhängig von dem Startwert der  $SoC$ . Der Vergleich zwischen des simulierten und des gemessenen Ausgang wird für verschiedene Anfangswerte  $SoC_0$  auf Abbildung 4 präsentiert.

Die Abweichung bei der Simulation sind ähnlich außer der Simulation mit  $SoC_0 = 0,533$ . Bei Abbildung 4c treten eine große Abweichung am Anfang und konvergiert der Fehler gegen 0. Die EKF-Ergebnisse von der Simulation mit  $SoC_0 = 0,533$  werden kurz angeschaut.

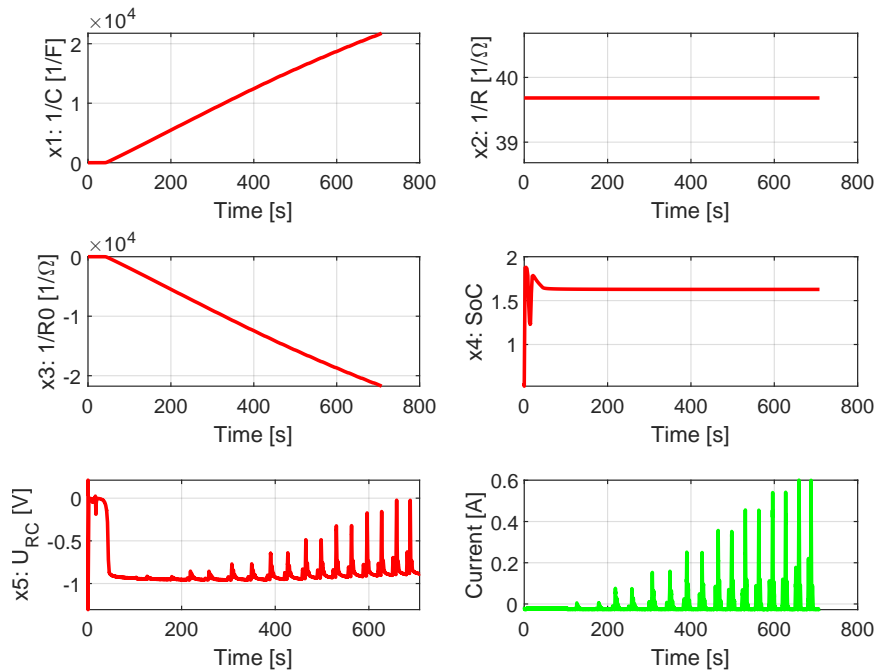


Abbildung 3: EKF-Ergebnis bei  $SOC_0 = 0,5333$

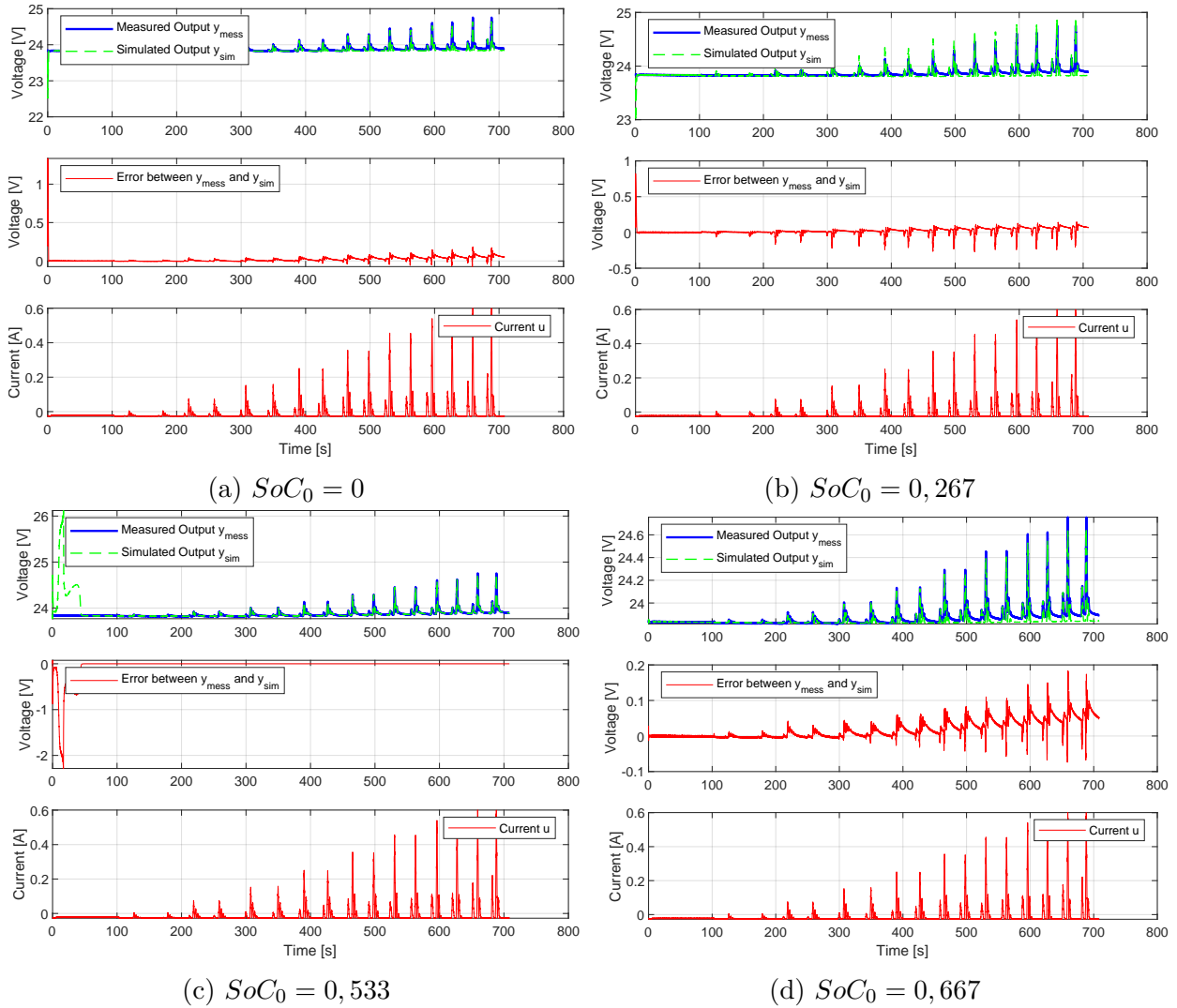


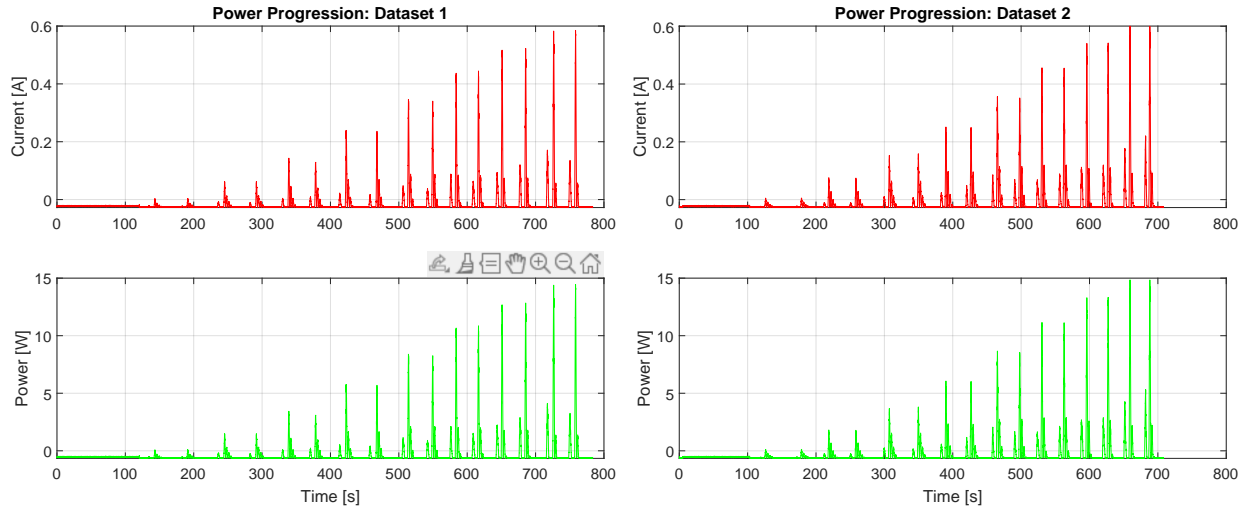
Abbildung 4: Vergleich zwischen  $y_{sim}$  und  $y_{mess}$  bei unterschiedlichen Anfang-SoCs

Bei Abbildung 3 ist es sichtbar, dass die SoC größer 1 geschätzt wird. Das ist leider unmöglich, da SoC nur im Bereich  $[0, 1]$  definiert ist. Diese bedeutet, dass abhängig vom Auswahl des Startwerts  $SoC_0$  die EKF-Schätzung falsches Ergebnis liefern kann.

Wenn aber eine Annahme gemacht wird, dass der Startwert  $SoC_0$  gewählt würde, dann ist die Implementierung für die praktische Anwendung verwendbar. Bei der Abbildung 4d scheint es so, dass das Error mit der Zeit zunimmt, allerdings ist das letzte Error geringer als das vorletzte Error. Das heißt, das Error von der Höhe der Spannung abhängig ist. Das Verhältnis zwischen dem maximalen Fehler und der maximalen gemessenen Spannung beträgt  $7,4 \times 10^{-3}$

### 3 Leistungsberechnung

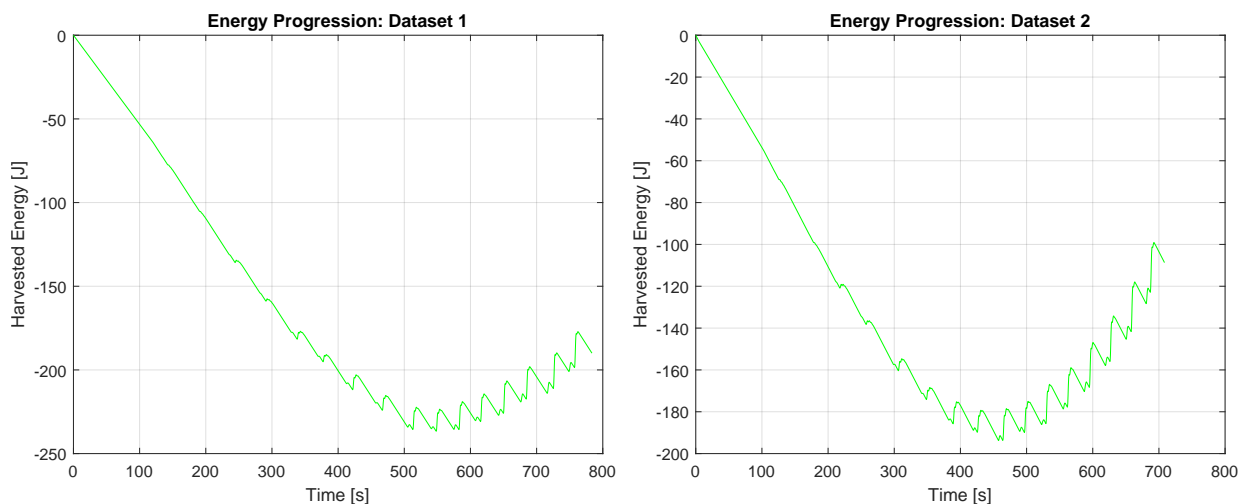
Um einen energietechnischen Überblick zu bekommen, wird die Leistung bzw. Energie während der Messung berechnet. Die Leistung von einer elektrischen Bauteil ist definiert als  $P_{el} = U \times I$ . Die Leistungsverläufe der 2 gemessenen Datensätzen werden unten geplottet.



(a) Datensatz 1 mit  $P_{RMS} = 0,5549W$  &  $P_{Mean} = -0,2424W$  (b) Datensatz 2 mit  $P_{RMS} = 0,6421W$  &  $P_{Mean} = -0,1534W$

Abbildung 5: Leistungsverlauf

Beim Integrieren der berechnete Leistung über die gesamte Messung wird nachgewiesen, dass das System Energie am Ende der Messung Energie verliert. Die gewonnene Energie bei der 1. Datensatz beträgt  $-189,9782 J$  und bei der 2. Datensatz  $-108,6824 J$ . Die Verläufe der Energie sehen folgende aus.



(a) Datensatz 1

(b) Datensatz 2

Abbildung 6: Energieverlauf

## 4 Wind in Melbourne

Genommen werden Windprofi aus der Australischen Meteorologie Büro und NASA. Wichtig ist die Windgeschwindigkeit, die höher als  $50m$  vom Erdboden entfernt ist. Aus den gegebenen Daten bekommt man die folgende Informationen:

| No.  | Stärkste Wind | Schwachste Wind | Geschwindigkeitabweichung (auf einem Tag) |
|------|---------------|-----------------|---|
| Max  | 18, 11        | 11, 76          | 13, 8                                     |
| Min  | 2, 82         | 0, 08           | 0, 55                                     |
| Mean | 8, 23         | 3, 94           | 4, 29                                     |

Tabelle 1: Windprofi von Mai 2020 bis Mai 2021 (alle Spalten sind auf einem Tag, Bsp: Stärkste auf einem Tag)

Leider ist die Windgeschwindigkeit noch nicht in Leistung bzw. Energie direkt übersetzbar. Bei starkem Wind wird der Tastgrad der Elektronik so eingestellt, dass die Schwingung des Gebäudes auf Kosten der zurückgewonnenen Energie verhindert wird.

## Literatur

- [1] Changhao Piao u. a. “Study on Stable Estimation Method for Lead-acid Battery SOC by Extended Kalman Filter”. In: International Journal of Control and Automation 7.4 (Apr. 2014), S. 429–438. ISSN: 20054297. DOI: 10.14257/ijca.2014.7.4.39.
- [2] R. Yamin und A. Rachid. “Modeling and Simulation of a Lead-Acid Battery Packs in MATLAB/Simulink: Parameters Identification Using Extended Kalman Filter Algorithm”. In: 2014 UKSim-AMSS 16th International Conference. IEEE, März 2014. ISBN: 978-1-4799-4922-9.