

bzw. 4x) an der LED ausgegeben und die Zeitdauer bis zum nächsten Aufwachen wird mit einigen Sekunden festgelegt.

- Wenn innerhalb von 400ms keine Rückmeldung empfangen wird, wird ebenfalls ein Blinksignal (2x) an der LED ausgegeben und die Zeitdauer bis zum nächsten Aufwachen wird auf eine Standardzeit (15 min.) festgelegt.

Anschließend wird der Timer (RTC-Alarm) – entsprechend der zuvor festgelegten Zeit – gesetzt und der Mikrocontroller wird in den Tiefschlafmodus versetzt. Da der niedrige Stromverbrauch des Sensorknotens ein wichtiges Kriterium ist um eine lange Batterielebensdauer zu erreichen, wurde dieser gemessen und die ungefähre Lebensdauer (ca. 4 Jahre) berechnet.

Es wurden zwei Messungen durchgeführt:

- im Ruhezustand (Standby-Modus des Mikrocontrollers)
- im aktiven Betrieb (Messvorgang, LED-Heartbeat, Sende- und Empfangsroutine)

Da sehr kleine Ströme – bis in den μA -Bereich – gemessen werden, wurde das Strommessgerät $\mu\text{Current GOLD}$ verwendet, das speziell für das Messen kleiner Ströme (mA- bis nA-Bereich) konzipiert ist.

Für die Messung im aktiven Betrieb ist ein Oszilloskop notwendig, da die Dauer dieses Zustandes sehr kurz ist (einige 100ms). Die Messung im Ruhezustand kann mit einem einfachen Voltmeter durchgeführt werden.

Messergebnisse

Der Messbereich des Strommessgeräts $\mu\text{Current GOLD}$ wurde für die Messung im Ruhezustand auf $1\text{mV} / \mu\text{A}$ eingestellt, für die Messung im aktiven Betrieb auf $1\text{mV} / \text{mA}$. Im Ruhezustand (Standby-Modus) wurde mit dem $\mu\text{Current}$ eine Spannung von $U_{\text{Ruhe}} = 3,41\text{mV}$ gemessen. Dies entspricht einem Strom von $I_{\text{Ruhe}} = 3,41\mu\text{A}$.

Im aktiven Betrieb wurden folgende Messwerte mittels Oszilloskop aufgezeichnet:

- Sendedauer (HC-12 aktiv): 35 ms
- Sendestrom (HC-12 aktiv): 83 mA
- Gesamtzeit im aktiven Zustand: 294 ms
- Stromaufnahme in restlicher Zeit (HC-12 nicht aktiv): 28 mA

Basisstation

Um die Daten der Sensorknoten sammeln zu können, ist eine Basisstation erforderlich, die ebenfalls mit einem entsprechenden Funkmodul ausgestattet ist.

Zum Senden der Daten an den Webserver ist eine Internetverbindung notwendig. Da in der Testumgebung des zu entwickelnden Prototyps (Kartoffellagerhalle) keine Internetanbindung per Kabel oder WLAN vorhanden ist, wird ein GSM-Modul ver-

