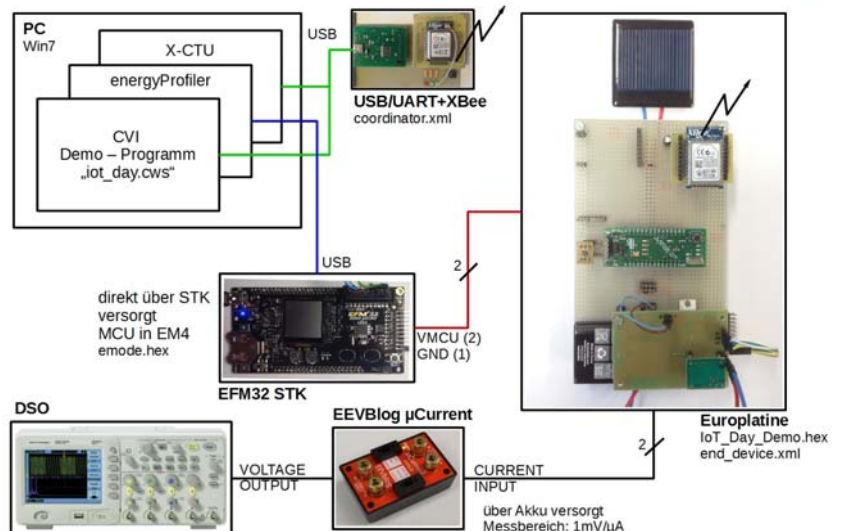


Interface (LESENSE). Mit diesem können bis zu 16 verschiedene analoge Sensoren autonom überwacht werden, ohne dabei die CPU einzubeziehen. Grundsätzlich besteht die Taktversorgung des EFM32 aus einem High Frequency Clock (HFCLK) Tree, einem Low Frequency A Clock (LFACLK) Tree und einem Low Frequency B Clock (LFBCLK) Tree. Als Taktquelle für den HFCLK kann entweder ein interner RC-Oszillator (HFRCO), ein externer Quarz (HF XO), der interne 32kHz RC-Oszillator (LFRCO) oder ein externer 32kHz Quarz (LFXO) verwendet werden. Für die beiden LFCLK Trees können entweder der interne 32kHz RC-Oszillator (LFRCO), ein externer 32kHz Quarz (LFXO) verwendet werden. Für den Watchdog steht noch ein 1kHz RC-Oszillator (ULFRCO) zur Verfügung der auch noch im Energy Mode 3(EM3) aktiv ist. Im Energy Mode 0 (EM0, Run Mode) sind alle Clock Trees aktiv sowie die CPU. Ab EM1 (45µA/MHz) ist die CPU inaktiv und Peripherien können über das PRS kommunizieren. Der Energy Mode 2 (0,9µA) stellt nur noch die LE-Peripherien zur Verfügung da der HFCLK sowie die CPU inaktiv sind. Im EM3 (0,6µA) sind HFCLK, LFABCLK und die CPU inaktiv. Es ist aber auch möglich die LE-Peripherien mit dem ULFRCO zu versorgen um diese auch im EM3 zu aktivieren. Bis zum Energy Mode 3 kann die CPU mit jedem beliebigen Interrupt aufgeweckt werden. Ab EM4 (20nA) ist dies nur noch über einen Reset möglich. Die Zeit, die der Mikrocontroller benötigt bis er aus dem Tiefschlaf wieder erwacht und funktionsfähig ist, ist für einen effizienten Betrieb maßgeblich. Die Wakeup-Time des EFM32 beträgt 2µs, wenn sich der Controller im EM2 oder EM3 befindet. In obiger Tabelle ist der Stromverbrauch im jeweiligen Energy Mode zu finden.

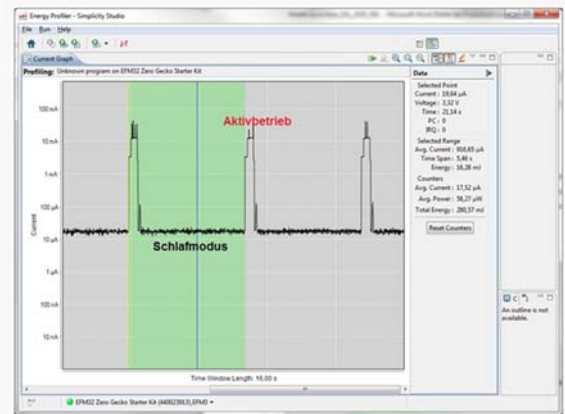
### Funkverbindung

Es wurden verschiedene Funkmodule auf ihre Brauchbarkeit untersucht. Die Auswahl wurde nach folgenden Eigenschaften ausgewählt: Stromaufnahme, Interface, Kosten, Netzwerkfähigkeit, Reichweite. Unter anderem wurde das Si4455 EZRadio (868 MHz) von Silicon Labs getestet, das aber auf Grund der umfangreichen API und dem vergleichbar komplizierteren SPI – Interface nicht verwendet wurde. Des Weiteren wurde das APC220 (434 MHz) Modul untersucht, das wegen der geringen Reichweite nicht verwendet wurde. Ebenfalls unterstützt es keine Netzwerke, sondern nur Punkt-zu-Punkt Kommunikation. Es wurde auch noch das RFM64W von HopeRF auf dessen Brauchbarkeit untersucht. Schlussendlich wurde das XBee S2C Modul von Digi International verwendet. Dieses Modul unterstützt den ZigBee Netzwerk Standard, hat ein einfach zu bedienendes UART Interface, ein einfach zu benutzendes Konfigurationsprogramm, sowie eine geringe Stromaufnahme aber dennoch hohe Reichweite. Die I/O Leitungen ak-

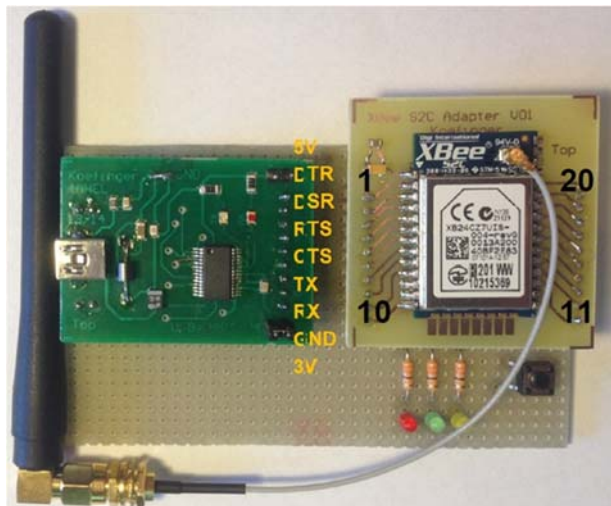
## Musterlaborübung „Drahtloses Sensornetzwerk“



## Strommessung



### Zigbee Funkmodul



EFM32 with 3 V power supply. Real application from memory.	EM0 Run Mode	EM1 Sleep Mode	EM2 Deep Sleep	EM3 Stop Mode	EM4 Shutoff Mode
Current Consumption	150 µA/MHz	45 µA/MHz	0.9 µA	0.6 µA	20 nA
Wake-up Time	-	0	2 µs	2 µs	160 µs
Wake-up Events	Any	Any	32 kHz Peripherals	Async IRQ, I2C Slave Analog Comparators Voltage Comparators	Reset, GPIO Rising / Falling Edge
CPU (Cortex-M3/M0)	On	-	-	-	-
High Frequency Peripherals	Available	Available	-	-	-
Low Frequency Peripherals	Available	Available	-	-	-
Asynchronous Peripherals	Available	Available	Available	Available	-
Full CPU and SRAM Retention	On	On	On	On	-
Power-on Reset / Brown-out Detector	On	On	On	On	On