



Optische Sensoren für Sauerstoffsättigung und Puls

Photoplethysmographie (PPG)

Optisches Verfahren

Verfahren zur Messung der Volumenschwankungen eines Körperteils oder Organs (griech. plethore = Fülle)

Grundidee:

Blutgefüllte Arterien sind ein optisches Medium, das unterschiedlich viel Lichtintensität absorbiert, transmittiert und reflektiert

Quelle: Teresa Puder, Vortrag Fallstudien

Optische Sensoren für Sauerstoffsättigung und Puls

a) Fingerclip



b) Fitnessuhren



Was wird gemessen?

Sauerstoffsättigung, Pulsfrequenz

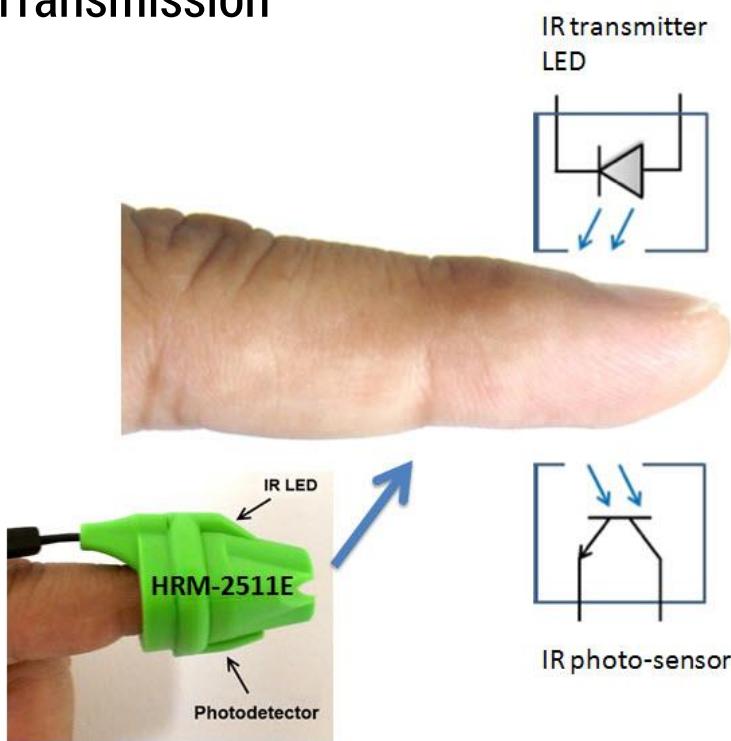
Pulsfrequenz

Bildquelle: a) https://www.envitec.com/typo3temp/pics/00000_0388_2016_03_18_013126_8a255abe26.jpg b <http://www.joggen-online.de/images/ausrustung/pulsuhren/beurer-pm70.jpg>

Quelle: Teresa Puder, Vortrag Fallstudien

Optische Sensoren für Sauerstoffsättigung und Puls

1) Transmission



2) Reflexion

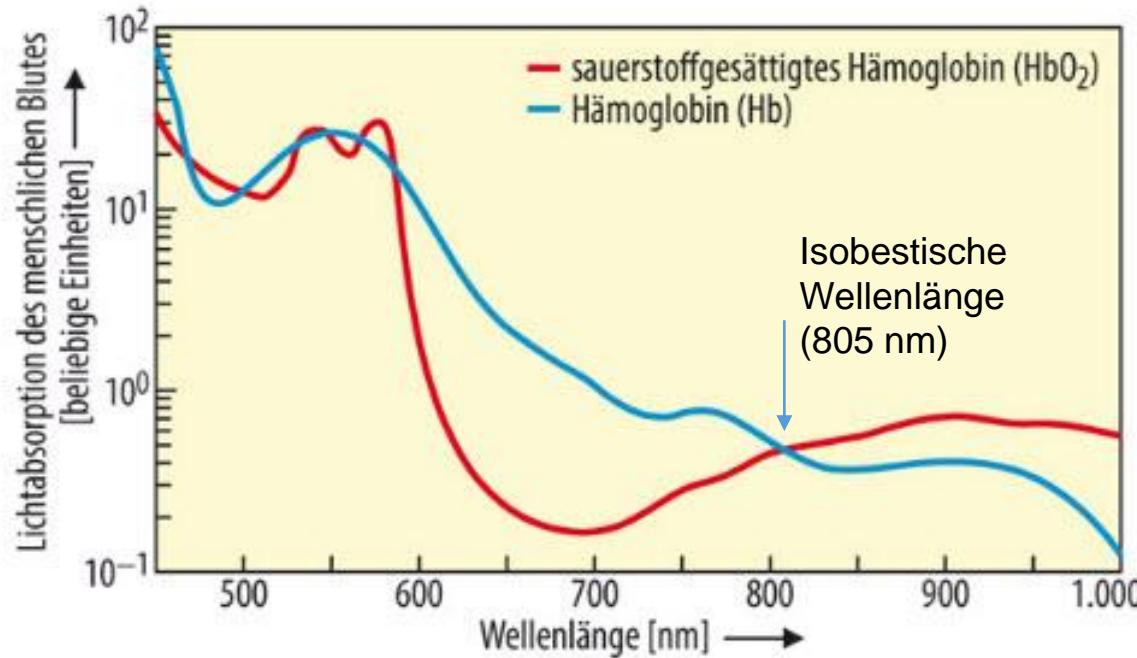


Bildquelle: 1): <http://embedded-lab.com/blog/easy-pulse-version-1-1-sensor-overview-part-1/> 2) <http://embedded-lab.com/blog/wp-content/uploads/2012/08/ReflectancePPG.jpg> 3) http://geekbox.ch/wp-content/uploads/alpha_mio_sensor.jpg

Quelle: Teresa Puder, Vortrag Fallstudien

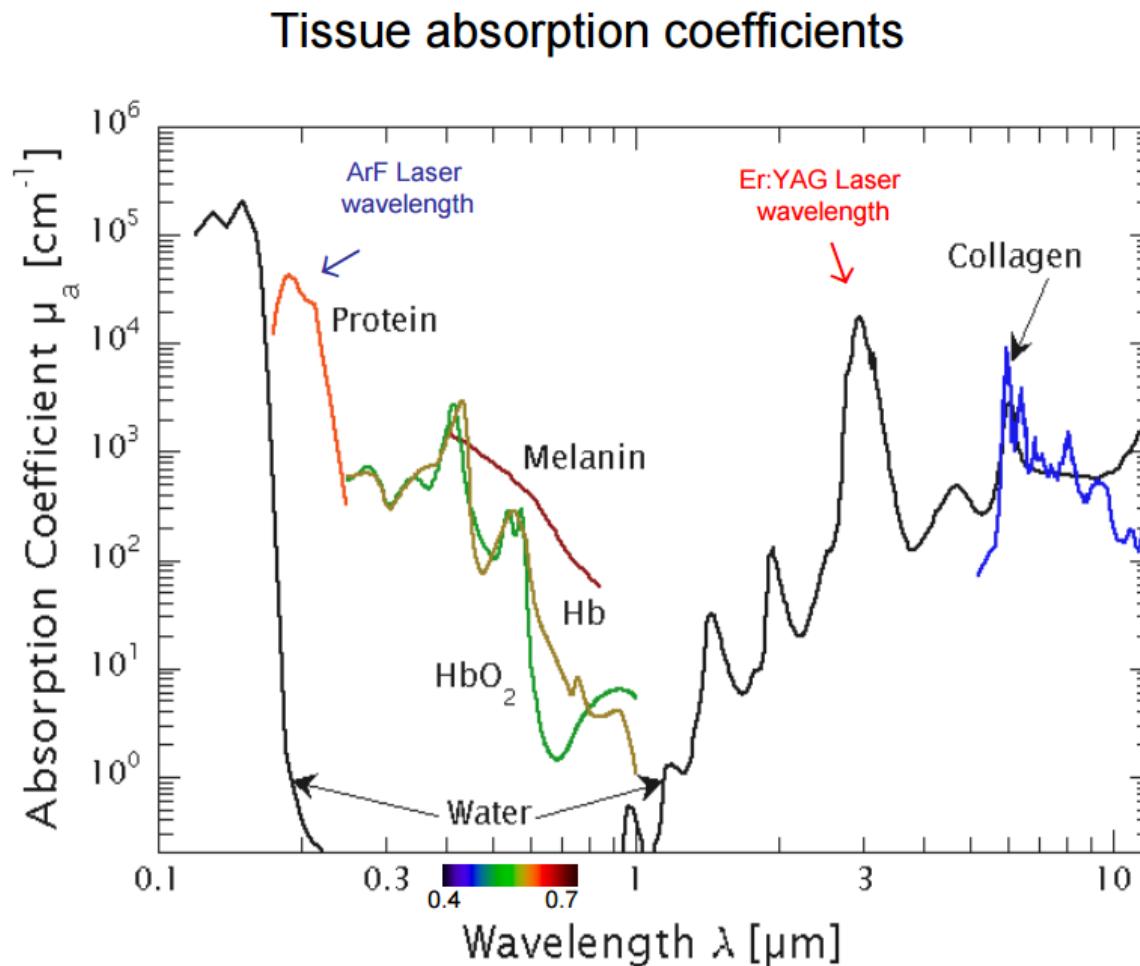
Optische Sensoren für Sauerstoffsättigung und Puls

Messprinzip basiert auf der Lichtabsorption des im Blut enthaltenen Hämoglobins



Bildquelle: https://www.unifr.ch/biochem/assets/files/albrecht/cours/9_1_FunktionHb.pdf

Absorption in Gewebe



Optische Sensoren für Sauerstoffsättigung und Puls

Verwendung mehrere Wellenlängen, z.B.

Grün 530 nm

Rot 650 nm

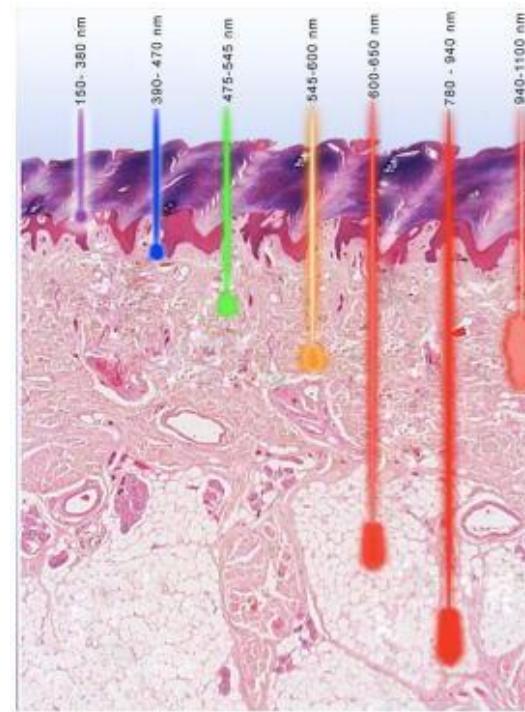
IR 735 nm

IR 808 nm

IR 850 nm

Eindringtiefe des Lichtes steigt
mit der Wellenlänge

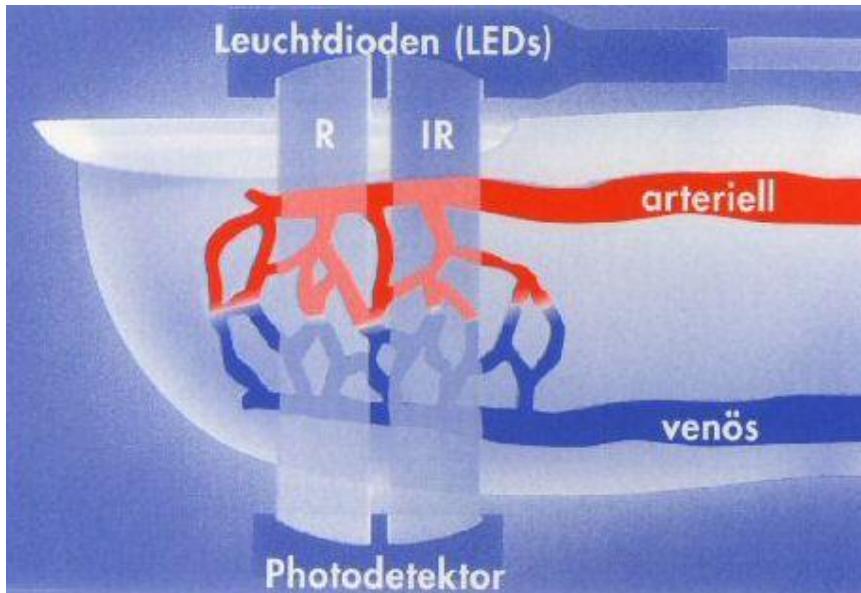
IR Lichtquellen auf beiden Seiten
der isobestischen Wellenlänge



Wavelength (nm)	Color Range	Penetration (mm)
150-380	UV	<0.1
390-470	Violet to Deep Blue	~0.3
475-545	Blue-Green	~0.3-0.5
545-600	Yellow to Orange	~0.5-1.0
600-650	Red	~1.0-2.0
650-950	Deep Red-NIR	2-3
950-1200	NIR	1

Bildquelle: <http://saunospace.com/wp-content/uploads/2015/11/penetration.jpg>

Optische Sensoren für Sauerstoffsättigung und Puls



Anteil des Hämoglobins ändert sich mit jedem Pulsschlag → Veränderung der Lichtabsorption

Abwechselnd aussenden von roten und infraroten Licht

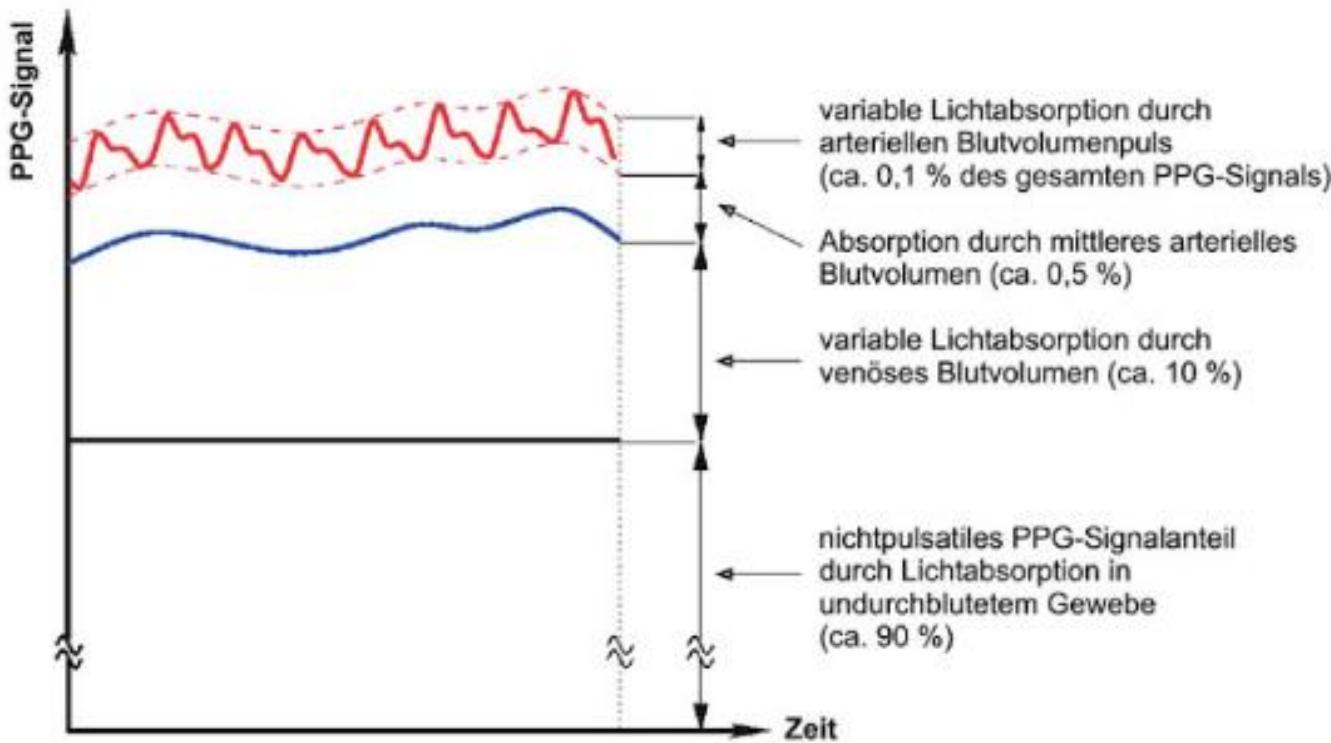
Konstante Absorption

Gewebe, Knochen, venöses Blut, Hautpigmentierungen → vom Pulsschlag unabhängig (DC-Komponente)

Pulsatile Absorption:

Änderungen Füllungszustand der Aterien mit Herzrhythmus (AC-Komponente)

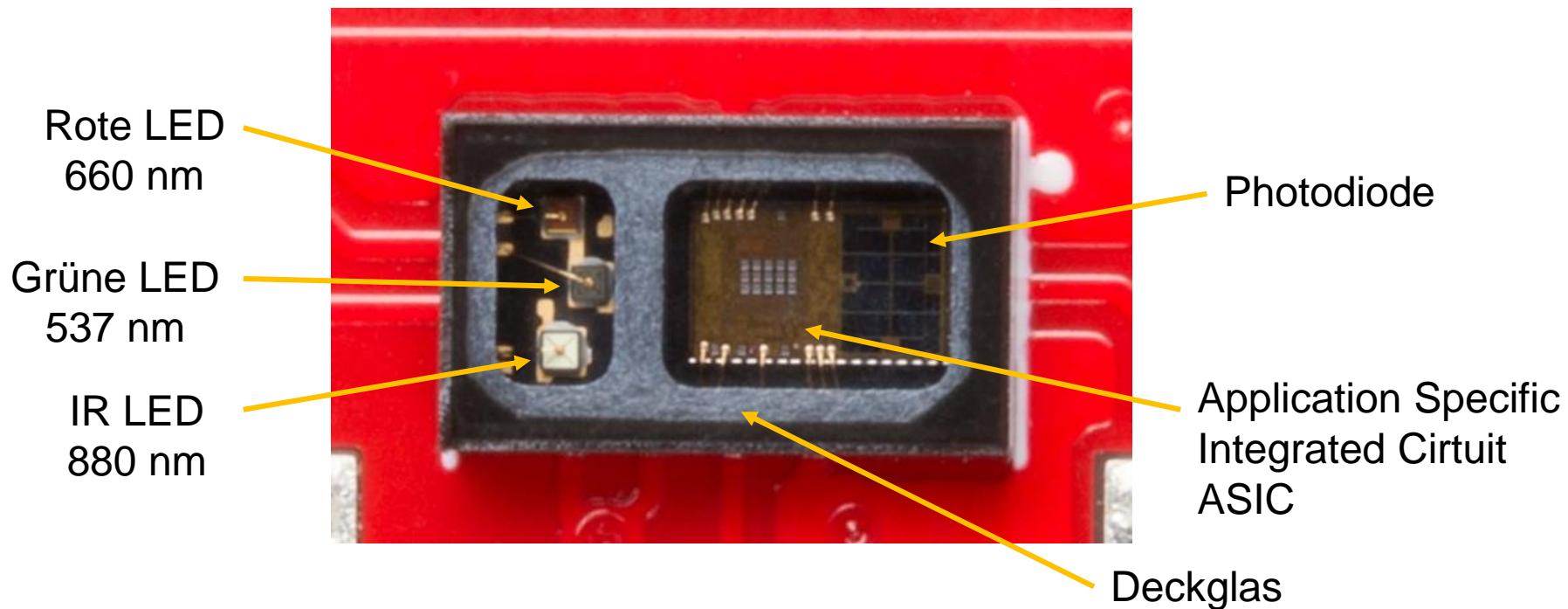
Optische Sensoren für Sauerstoffsättigung und Puls



Smart Sensor zur Puls- und Blutsauerstoffsättigungsmessung

MAX30101

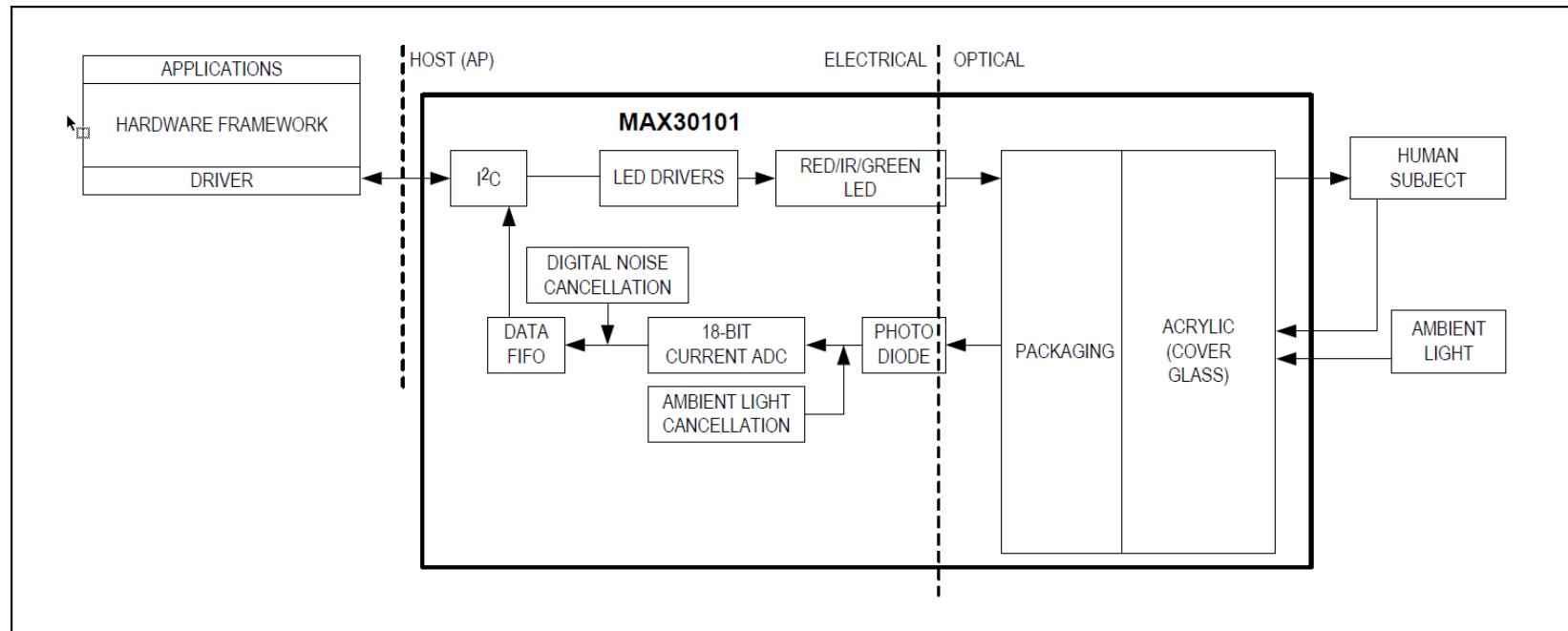
High-Sensitivity Pulse Oximeter (SpO_2) and Heart-Rate (HR) Sensor for Wearable Health



5.6mm x 3.3mm x 1.55mm 14-Pin Optical Module

High-Sensitivity Pulse Oximeter (SpO₂) and Heart-Rate (HR) Sensor for Wearable Health

System Diagram



Quelle: Maxim Integrated, Datenblatt zu MAX30101, 19-8453; Rev 0; 3/16

<https://www.maximintegrated.com/en/products/analog/sensors-and-sensor-interface/MAX30101.html>

Wesentliche Eigenschaften

Gepulste, sequentielle Ansteuerung von bis zu drei LEDs

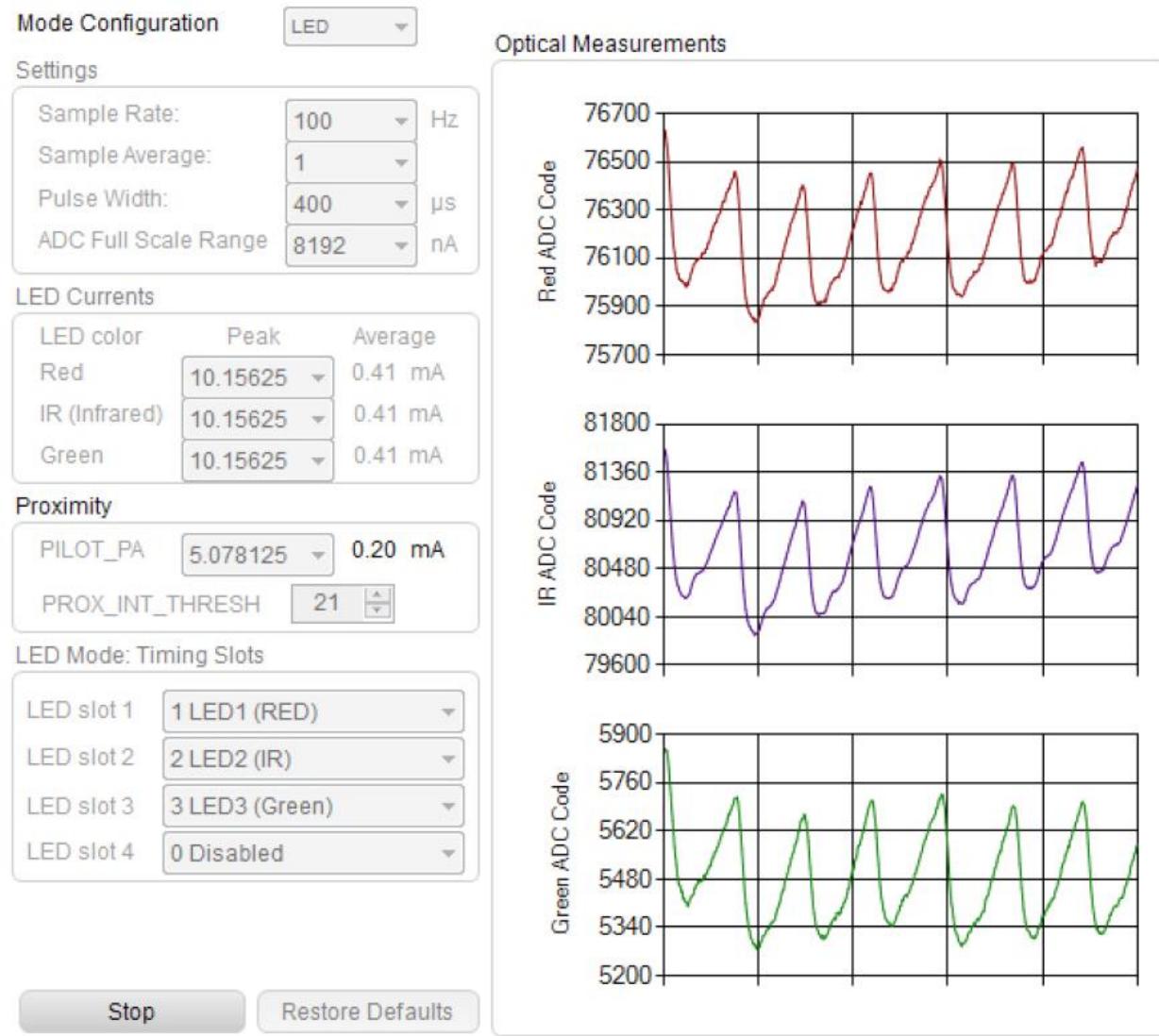
Gründe, Rote, IR-LED auf dem Chip oder extern

Unterschiedliche Kombinationen G-R-IR

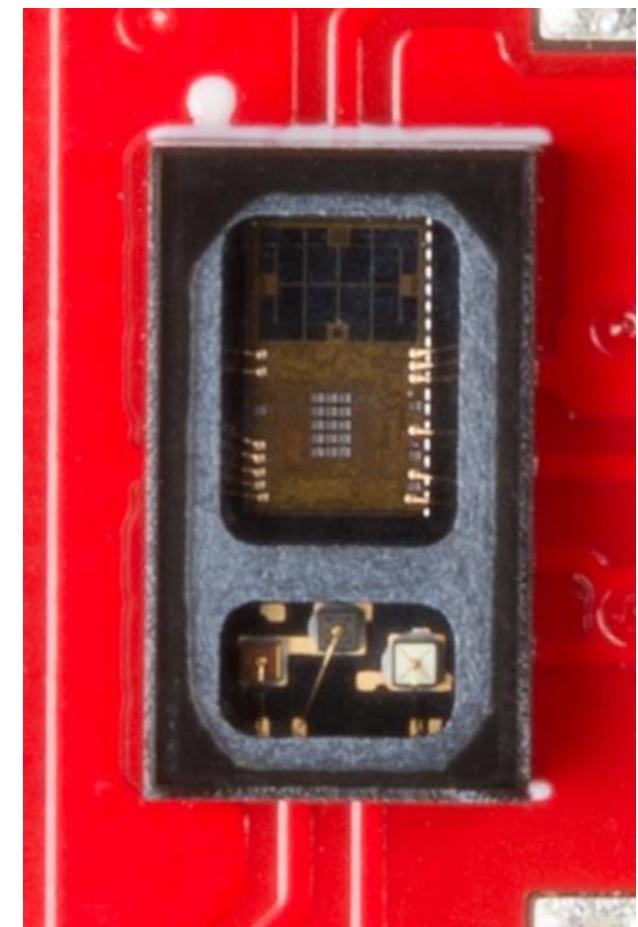
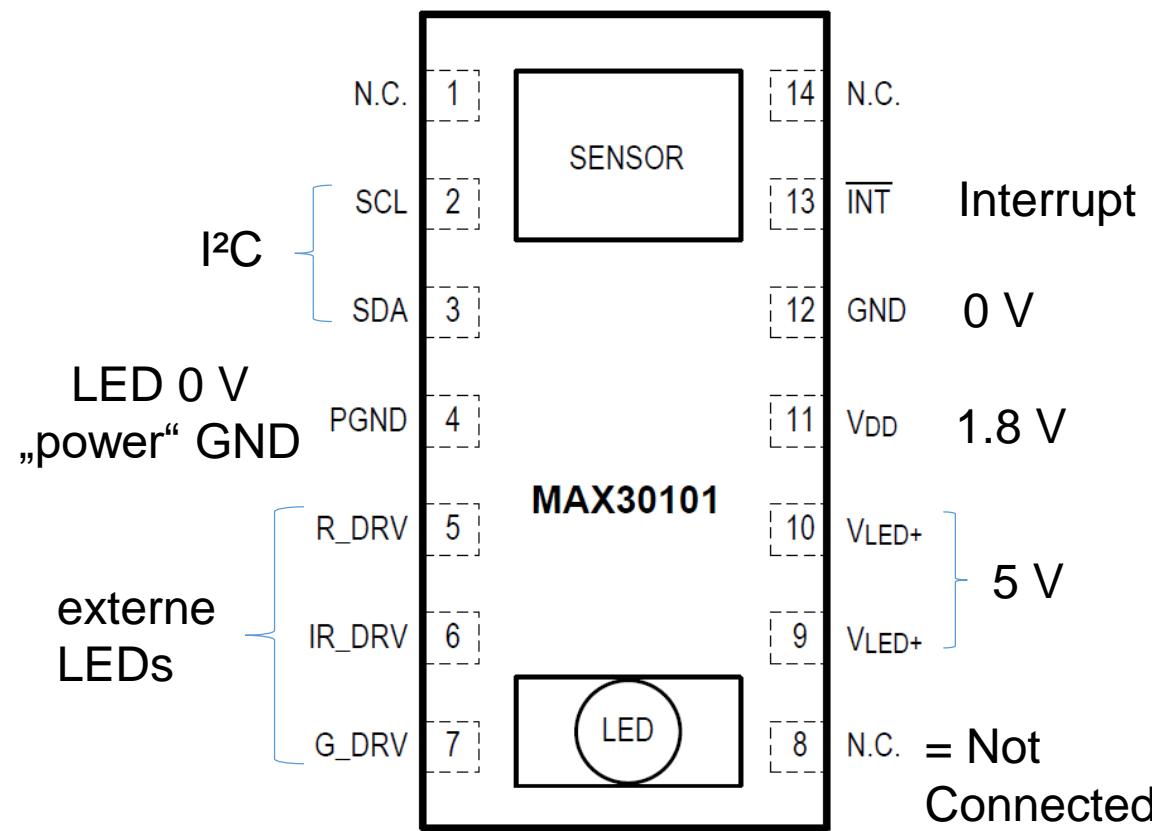
Photodiode und Vorverstärker mit hohem Dynamik-Bereich

18 Bit ADC

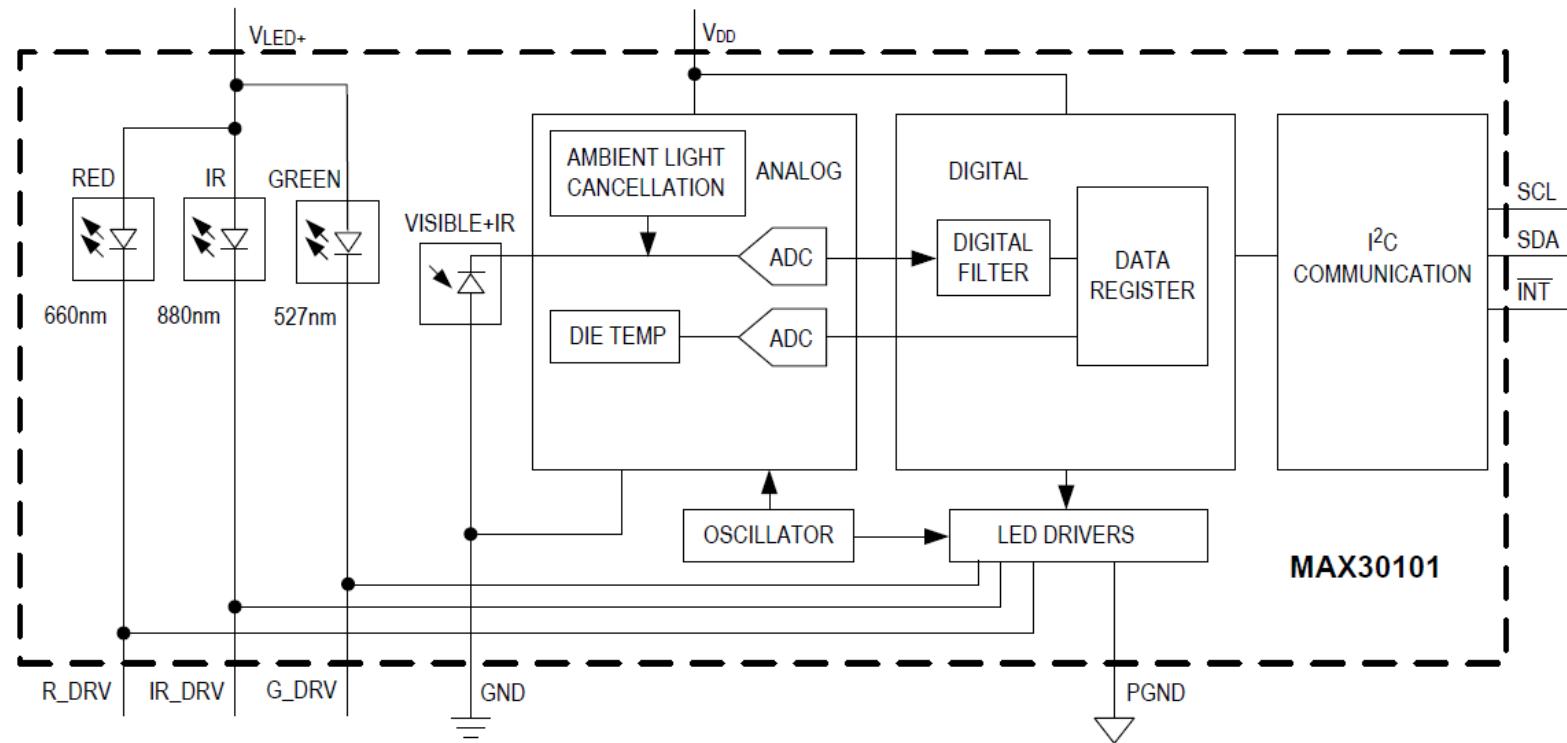
Subtraktion des Hintergrundlichts



High-Sensitivity Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor for Wearable Health



Funktionsdiagramm



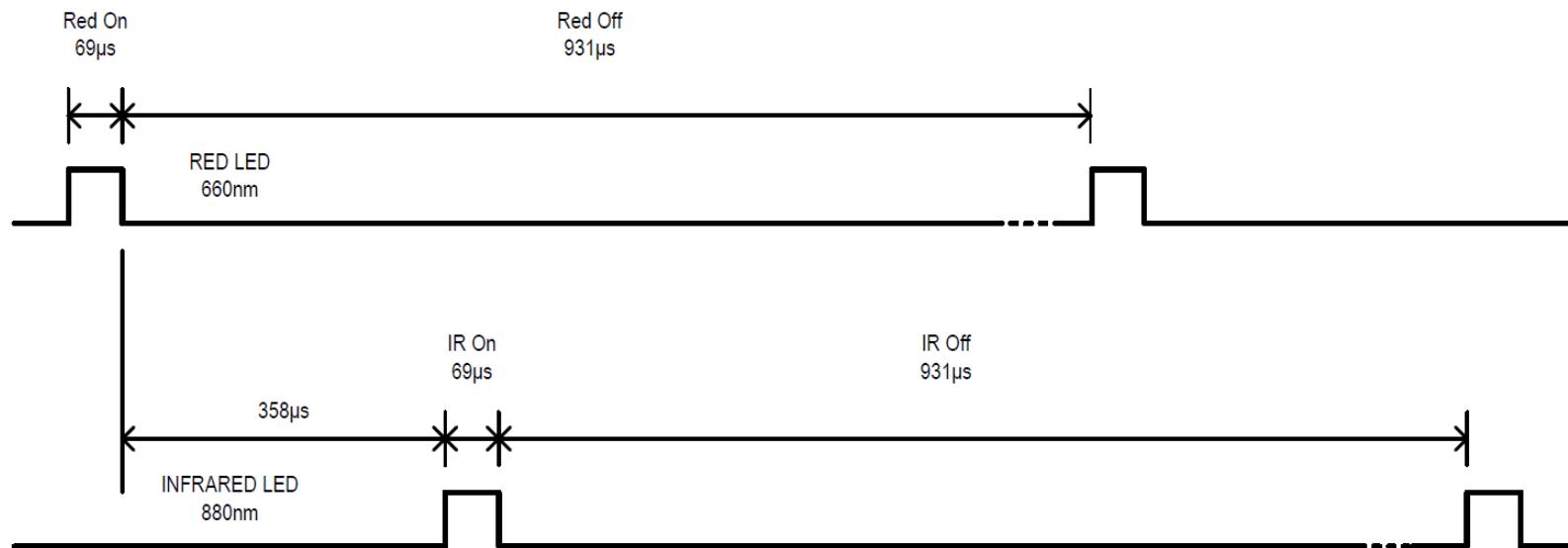
LED Pulssequenzen

Die LEDs werden sequentielle ein-geschalten.

ADC Integration während der Einschalt-Zeit der jeweiligen LED.

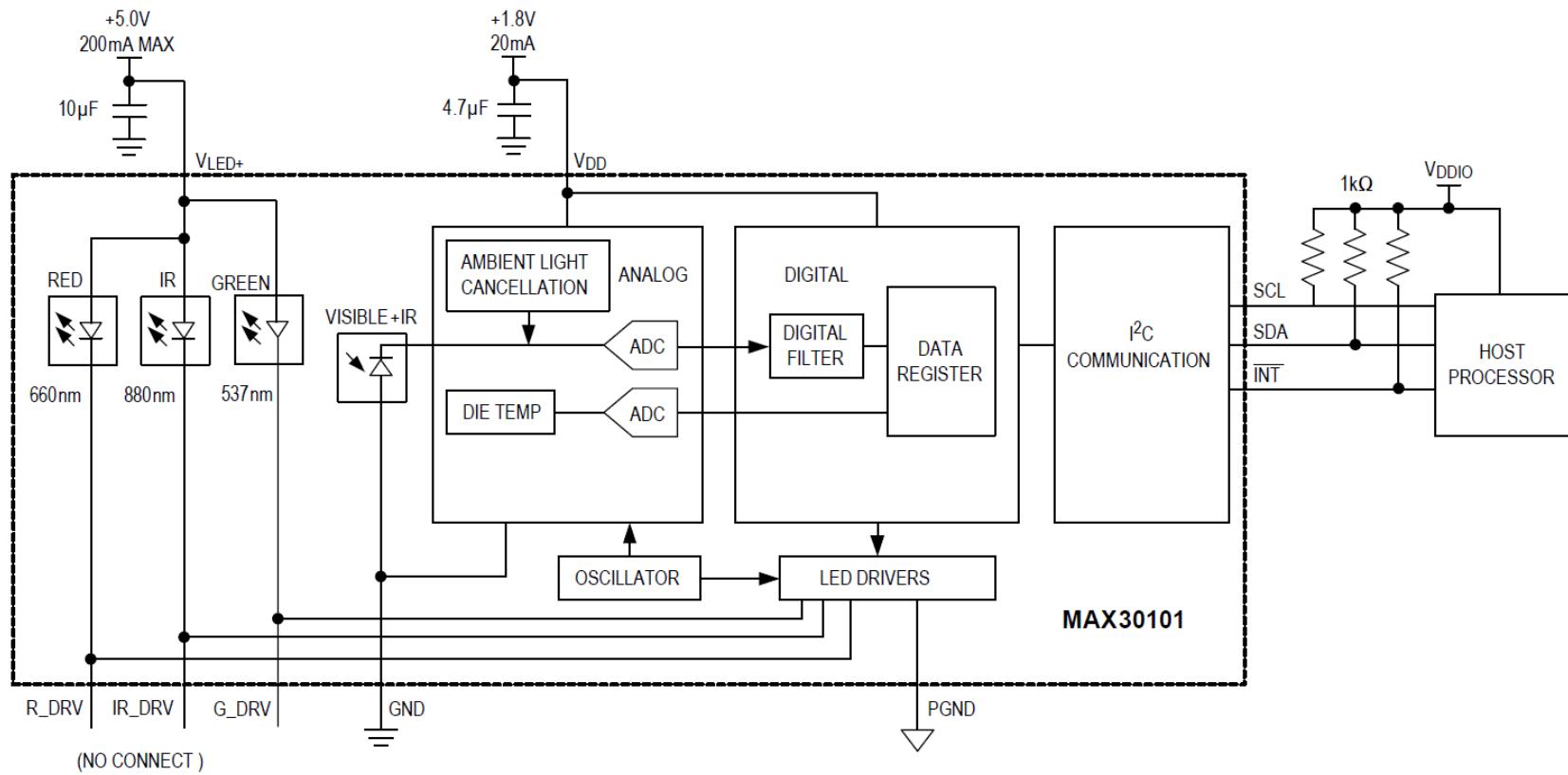
Als Referenz zur Raumlicht-Unterdrückung wird das Signal zwischen den Pulsen verwendet.

Beispiel: SpO₂ Bestimmung mit roter und IR LED und 1 kHz Messrate



Externe Beschaltung

1.8 V, 5 V Spannungsversorgung, zwei Block-Kondensatoren zur Spannungsstabilisierung, drei Pull-Up-Widerstände.



Kommunikation über I²C und Register

REGISTER	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	REG ADDR	POR STATE	R/W	
STATUS												
Interrupt Status 1	A_FULL	PPG_RDY	ALC_OVF	PROX_INT				PWR_RDY	0x00	0x00	R	
Interrupt Status 2							DIE_TEMP_RDY		0x01	0x00	R	
Interrupt Enable 1	A_FULL_EN	PPG_RDY_EN	ALC_OVF_EN	PROX_INT_EN					0x02	0x00	R/W	
Interrupt Enable 2							DIE_TEMP_RDY_EN		0x03	0x00	R/W	
FIFO												
FIFO Write Pointer				FIFO_WR_PTR[4:0]				0x04	0x00	R/W		
Overflow Counter				OVF_COUNTER[4:0]				0x05	0x00	R/W		
FIFO Read Pointer				FIFO_RD_PTR[4:0]				0x06	0x00	R/W		
FIFO Data Register	FIFO_DATA[7:0]							0x07	0x00	R/W		
CONFIGURATION												
FIFO Configuration	SMP_AVE[2:0]		FIFO_ROLL_OVER_EN	FIFO_A_FULL[3:0]				0x08	0x00	R/W		
Mode Configuration	SHDN	RESET			MODE[2:0]			0x09	0x00	R/W		
SpO ₂ Configuration	0 (Reserved)	SPO2_ADC_RGE[1:0]		SPO2_SR[2:0]		LED_PW[1:0]		0x0A	0x00	R/W		
RESERVED								0x0B	0x00	R/W		
LED Pulse Amplitude	LED1_PA[7:0]							0x0C	0x00	R/W		
	LED2_PA[7:0]							0x0D	0x00	R/W		
	LED3_PA[7:0]							0x0E	0x00	R/W		
RESERVED								0x0F	0x00	R/W		
Proximity Mode LED Pulse Amplitude	PILOT_PA[7:0]							0x10	0x00	R/W		
Multi-LED Mode Control Registers		SLOT2[2:0]			SLOT1[2:0]			0x11	0x00	R/W		
		SLOT4[2:0]			SLOT3[2:0]			0x12	0x00	R/W		

REGISTER	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	REG ADDR	POR STATE	R/W
RESERVED									0x13–0x17	0xFF	R/W
RESERVED									0x18–0x1E	0x00	R
DIE TEMPERATURE											
Die Temp Integer	TINT[7:0]								0x1F	0x00	R
Die Temp Fraction									TFRAC[3:0]		
Die Temperature Config									0x20	0x00	R
RESERVED									0x22–0x2F	0x00	R/W
PROXIMITY FUNCTION											
Proximity Interrupt Threshold	PROX_INT_THRESH[7:0]								0x30	0x00	R/W
PART ID											
Revision ID	REV_ID[7:0]								0xFE	0XX*	R
Part ID	PART_ID[7]								0xFF	0x15	R

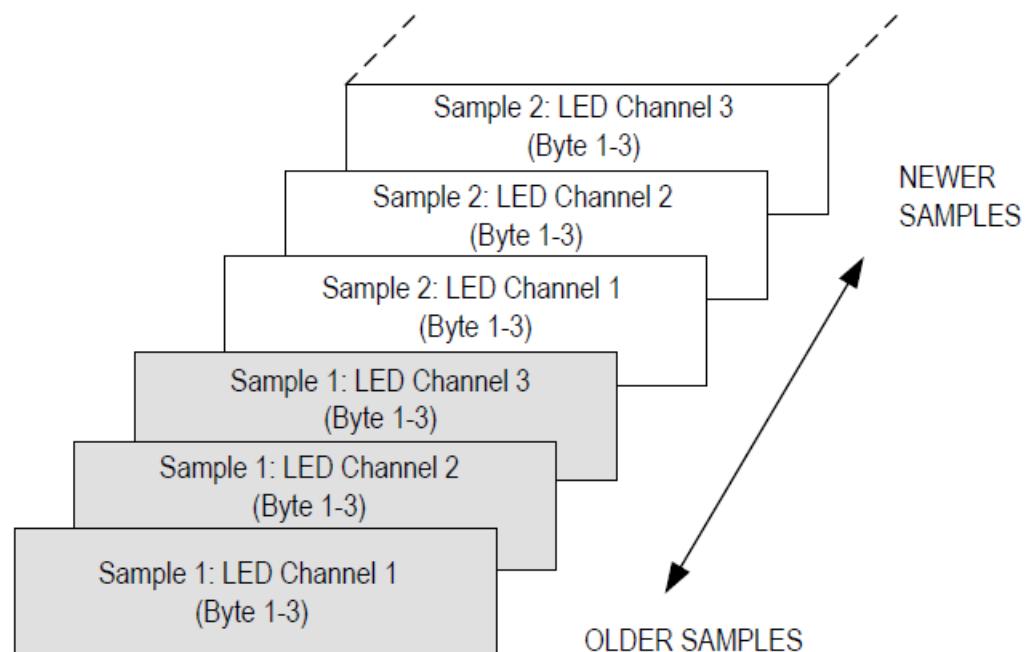
Daten in FIFO Register

FIFO: First In First Out

„Ring-Buffer“ für Daten

Ein „Sample“ für 3 LEDs
besteht aus drei Kanälen mit
jeweils 3 Bytes für die 18 Bit
Intensität pro Kanal

Bis zu 32 Samples haben im
FIFO Platz



Zeiger (pointer) auf Daten im FIFO

REGISTER	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	REG ADDR	POR STATE	R/W
FIFO Write Pointer				FIFO_WR_PTR[4:0]					0x04	0x00	R/W
Over Flow Counter				OVF_COUNTER[4:0]					0x05	0x00	R/W
FIFO Read Pointer				FIFO_RD_PTR[4:0]					0x06	0x00	R/W
FIFO Data Register	FIFO_DATA[7:0]										0x07