

# JAEGER Wohn- & Gebäudeintelligenz

Autor: Dr.-Ing. Marc Jäger

Website: <https://www.jwgi.de>

## Das vitale Haus



Dr.-Ing. Marc Jäger  
E-Mail: [mail@jwgi.de](mailto:mail@jwgi.de)

## Zusammenfassung

In unserem „vitalen Haus“ wird das KNX System unter Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) dahingehend erweitert, gesundheitliche Fürsorge, alltägliche Erleichterung von Abläufen durch Selbstorganisation und intelligenter Assistenz sowie Sicherheit zu Hause zu bieten.

Das Haus nutzt handelsübliche KNX-Gebäudesensorik, wie zum Beispiel Bewegungsmelder von Steinle, Tast- und Kontaktsensoren von JUNG, KNX-VOC Sensoren von MDT sowie moderne Fitnessstracker von Garmin, aber auch neuartige und nichtinvasive medizinische Sensorik, um Verhaltensmuster von Bewohnern und Vitalzeichenkorrelate durch KI zu bewerten.

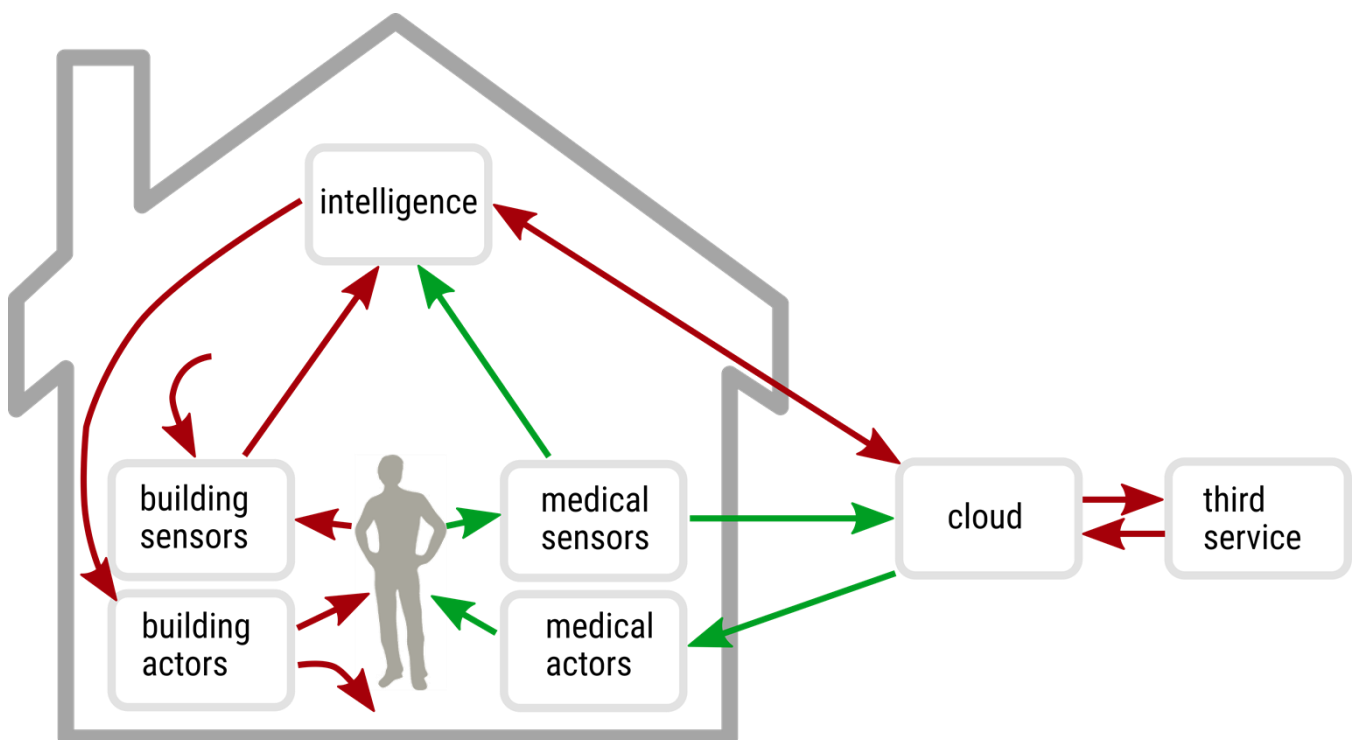


Abbildung 1: Prinzip des Zusammenspiels von KNX-Sensor, Aktoren und Logik

Die Bewertung der Daten dient sowohl dem Komfort- und Sicherheitsansatz als auch gesundheitliche Veränderungen sowie kritische gesundheitliche Ereignisse frühzeitig zu detektieren. Das System gibt dem Bewohner Hinweise und ermöglicht, sofern erforderlich, eine gezielte Inanspruchnahme des Gesundheitswesens. Die Detektion kritischer Ereignisse wird durch nichtinvasives Monitoring von vulnerablen Patienten mit relevanten Grunderkrankungen in einem Kontext ohne unmittelbare medizintechnische Überwachung ermöglicht (vgl. Abbildung 1).

## Problemstellung

Unser Verhalten wird von unserer Umwelt als charakteristisch wahrgenommen und ein Befinden abgeleitet, ohne dass wir die einzelnen Bestandteile dieser Außenwirkung oft benennen können. Technische Sensorik kann diese Bestandteile in bestimmten Dimensionen erfassen. Durch Lebenszeichen, bspw.

- Rumpf- und Extremitätenbewegungsmuster sowie Atmungsbewegung - erfasst durch neuartigen nichtlinearen Sensor einerseits, und dem KNX-TrueSense Präsenzmelder von Steinle andererseits (vgl. Abbildung 2),
- Pulskorrelate an der Körperoberfläche – erfasst durch Fitnessstracker von Garmin
- Atemluftexhalation – erfasst durch KNX VOC-Sensor von MDT (vgl. Abbildung 10)
- die Nutzung der technischen KNX-Einrichtungen eines Gebäudes – KNX-Tast- und Kontaktsensoren



Abbildung 2: KNX-Sensoren an Zimmerdecke

entstehen charakteristische Muster, deren Bewertung einer KI auf verschiedenen Ebenen zugänglich ist. Speziell in der Frage des Gesundheitszustandes von Menschen im häuslichen Umfeld sind die Bedingungen zur Erkennung von Veränderungen ungünstig. Ähnlich wie in nicht überwachten Bereichen von Behandlungseinrichtungen (bspw. „Normalstationen“ in Krankenhäusern oder Pflegeheimen) wird der Zustand nur punktuell erfasst. Im Hinblick auf die Kontinuität der Daten sind die Möglichkeiten einer KI-gestützten gesundheitlichen Fürsorge und Pflegeunterstützung immens.

Alle eingesetzten KNX-Geräte haben ursprünglich den Zweck, von Sensoren ausgelöste Befehle zu Aktoren umzuleiten, um damit Lichter z.B. zu schalten, Beschattung zu steuern, Temperatur zu regeln oder Einbruchmeldungen zu erhalten – kurz: Leben und Wohnen sicherer und bequemer zu machen. In allen Systemen fließen also Daten von Sensorik zu Aktorik.

Diese Daten bleiben derzeit über ihren primären Zweck hinaus ungenutzt. In unserem Haus werden diese „kostenlosen“ und bereits vorhandenen Daten über ioBroker detailliert ausgewertet und durch Mustererkennung einen Mehrwert für die Assistenz und Selbstorganisation zu Hause aber auch für die gesundheitliche Fürsorge und Pflegeunterstützung erzeugt.

Ein modernes Smart Home besitzt somit ein über das rein busgesteuerte Schalten von Aktorik hinausgehendes Potential. Die Menge der Sensorik Rohdaten entspricht dem landläufig als „Big Data“ bezeichneten Datenumfang.

Die konkrete Nutzung der Mustererkennung kann eine verbesserte Sicherheit und Bequemlichkeit von gesunden Bewohnern oder eine durch Krankheit oder Alter veränderte Anforderung an ein Smart Home sein. Beide Nutzungsoptionen bestehen (siehe Abbildung 5).

Das Alter allein macht Menschen gesundheitlich vulnerabler und wirkt sich nicht nur auf Bewegungsmuster aus. Darüber hinaus aber sind Menschen jeden Alters und mit Erkrankungen durch kritische gesundheitliche Verschlechterungen und Ereignisse gefährdet. Typische Risikokonstellationen bestehen bei Epileptikern und Typ-I-Diabetikern (Abbildung 3: Kind mit Diabetes im überwachten Raum).



*Abbildung 3: Herkömmliche KNX-Sensoren erfassen Daten, welche zur Gesundheitserkennung verwendet werden*

Mit intelligenter Verknüpfung und Auswertung mittels KI ist es jetzt schon möglich, dass Bewohner dem allgemein bestehenden Wunsch entsprechend länger im eigenen Haus leben.

Die aus unterschiedlichen altersbezogenen Lebensbedingungen und Gesundheitssituationen erwachsenden unterschiedlichen Anforderungen an die Funktionalitäten eines Smart Home sind nur scheinbar schlecht vereinbar. Durch Erkennen und Bewerten von Verhaltensmustern

(Schema vgl. Abbildung 4) und Vitalzeichenkorrelaten durch KI sind Lösungen sehr unterschiedlicher Anforderungen gleichermaßen möglich. Lediglich die Aktion nach Auswertung der Sensordaten gestaltet sich anders. Die eigentliche Sensorik bleibt für alle Anforderungsprofile identisch.

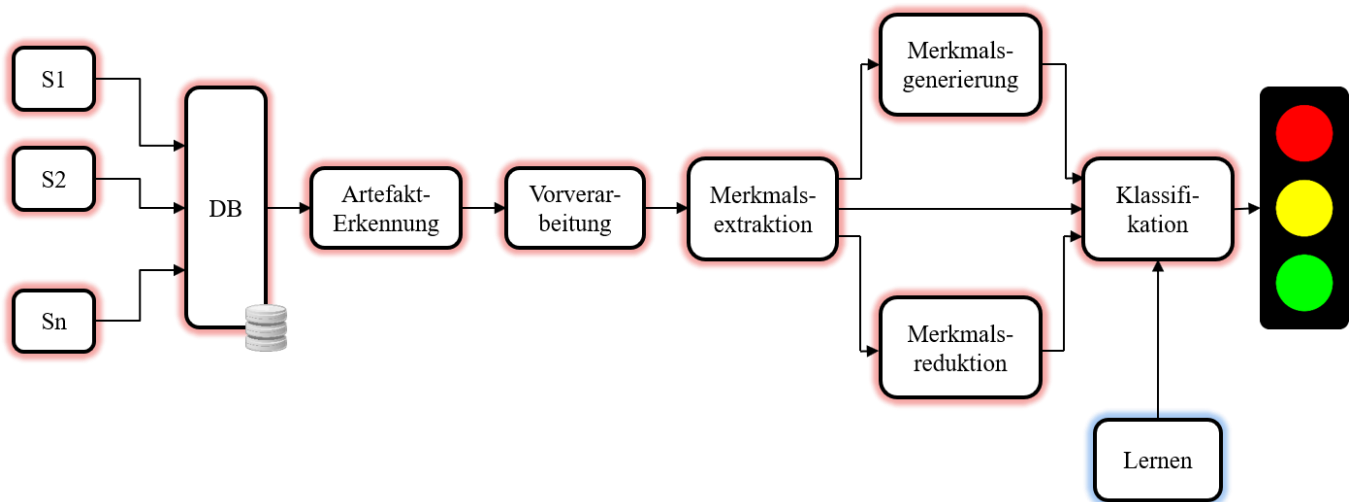


Abbildung 4: Schritte der Sensordaten  $S_1 - S_n$  bis zur Klassifikation im künstlichen neuronalen Netz

Die identische Technik wird also verwendet, ohne eine notwendige Gesundheitsüberwachung das Leben zu vereinfachen und die Sicherheit im Haus und von unterwegs aus zu erhöhen. Im fortschreitenden Alter oder bei chronischen Erkrankungen passt sich die Technik an die neuen Gegebenheiten an und erweitert den Komfortaspekt um eine zusätzliche gesundheitliche Fürsorge.

Wir verknüpfen des Weiteren noch spezielle Sensorik, wie kontinuierliches Glukosemonitoring (CGM) und nichtlineare Schwingkreistechnologie mit der Haustechnik, um auch während Schlafphasen eine erhöhte Erkennung kritischer Ereignisse zu erreichen. Dies erfolgt nichtinvasiv, unmerkbar und für den Anwender vollständig unbelastend.



**Konventionelle Nutzungen von Smart Home Sensorik und Aktorik unterstützen die Bewohner bereits heute wirksam. Ein Beispiel:**

### In jungen Jahren: Komfort

Eine Familie baut in jungen Jahren in Badewannenzulauf und -ablauf KNX-Temperatursensoren ein. Beim Einlassen des Wassers führt der Anstieg der Temperatur dazu, dass im Badezimmer die „Badeszene“ ausgeführt wird. Es werden die Lichter gedimmt, die Jalousien je nach Außenhelligkeit heruntergefahren, die SONOS<sup>®</sup>-Musikanlage spielt entspannte Musik und der Heizlüfter heizt den Raum.

Beim Ablassen des Wassers wird ein Temperaturanstieg am Abfluss registriert, welcher die „Anziehstimmung“ aktiviert. Die Lichter werden wieder auf maximale Helligkeit gestellt, die Spiegelbeleuchtung aktiviert sich, der Heizlüfter geht aus und die Musik wird aktivierender. Die Technik nimmt also Routinehandlungen ab und bietet Komfort.

### Im Alter: Hilfestellung

Die identische Technik kann in höherem Alter oder bei Krankheit wie folgt genutzt werden: Sobald Wasser eingelassen wird (Temperaturanstieg im Zulauf wird erkannt), beginnt ein Timer zu laufen. Wird nicht innerhalb einer eingestellten Zeit ein Temperaturgradient beim Ablauf (= Wasser wird ablaufen lassen) erkannt, so beginnen die Lampen im Badezimmer zu blinken. Geht es der badenden Person gut, will nur länger in der Wanne liegen, so bestätigt diese das Blinken am Funk-KNX-Taster und der Timer wird erneut gestartet.

Kann die Person jedoch das Blinken aus gesundheitlichen Gründen nicht bestätigen, so wird die Eskalationsstufe erhöht. Angehörige, Pflegestation etc. wird alarmiert. Gleichzeitig wird die Wohnungstür automatisch entriegelt, um den Zutritt für den Rettungsdienst zu erleichtern.

**Zeiteinsparung JETZT**  
Routinehandlungen + Komfort



**Hilfestellung SPÄTER**  
Notfallmeldung + Prävention



*Abbildung 5: Identische KNX-Sensoren, veränderte Auswertung*

## Umsetzung

Unser Ziel war eine Wohnumgebung mit Sensorik, Aktorik und KI so zu gestalten, das sich diese in Teilen selbst organisiert, intelligent assistiert, bei An- und Abwesenheit für Sicherheit sorgt, die Gesundheit überwachen kann sowie bei bekannten Krankheiten einen gezielten Schutz bietet. Im Nachfolgenden wird das Projekt in drei Abschnitten beschrieben:

### **Selbstorganisation und Sicherheit im Smart Home sowie intelligente Assistenz zu Hause**

Oftmals sind Bauherren gesunde Menschen, deren Planungen technische Unterstützung bei Alter und Krankheit außer Acht lassen. Daher ist ein Verkaufsargumente für eine Hausbustechnik in den früheren Lebensjahren gewiss nicht die Überwachung der Gesundheit, sondern vielmehr die entstehenden Möglichkeiten, das Leben zu erleichtern, Zeit und Energie zu sparen und die Sicherheit zu erhöhen (vgl. Abbildung 6).



*Abbildung 6: In jungen Jahren erleichtert KNX das Leben, im Alter sorgt es um einen*

Im Hinblick auf die universelle Nutzbarkeit von Sensorik und Aktorik ist es glücklicherweise irrelevant, welche Nutzung für die Hausbustechnik geplant war. Allein die Bewertung der Sensorikdaten durch KI und die vom Nutzer vorgegebene Funktionalität des Gesamtsystems bestimmt über ihren Nutzungsschwerpunkt.

Bei einem Neubau mit Bustechnik kommen vor allem Sensoren zum Schalten von Licht, Beschattung und Raumtemperatur zum Einsatz. Daneben wird ein Großteil der Gebäude mit

Präsenzmeldern ausgerüstet. Ist für den Bewohner die Sicherheit ein großes Thema, so werden Fensterkontakte in die BUS-Technik integriert. Temperatursensoren, Lichtsensoren, Geruchs- und Gassensoren sind weitere typische Vertreter der eingesetzten Sensoren in einem Smart Home. In der Zusammenschau der daraus abgeleiteten Sensordaten entsteht ein detailliertes Verhaltensabbild der Bewohner.

Nach einer Lernphase von einigen Wochen werden Verhaltensmuster erkannt. Ein Beispiel: Der Bewohner steht unter der Woche zwischen 7 und 7.30 Uhr auf, geht ins Bad, macht Licht an, geht dann in die Küche, macht die Kaffeemaschine an, schaut, ob alle Lichter aus und alle Fenster zu sind, deaktiviert Musik und verlässt das Haus. Mit der neuen Technik erkennt das System allmählich das Verhalten und kann bereits Dinge vor dem Auslösen durch den Bewohner umsetzen. So können die Lichter angeschaltet und die Jalousien geöffnet werden, bevor die Person aufsteht. Die Kaffeemaschine kann bereits Kaffee kochen (vgl. Abbildung 7) und die Sicherheit des Hauses kann automatisch beim Verlassen hergestellt werden.

Dies wird möglich, weil dieses Verhalten in der Lernphase von der KI als Muster erkannt wurde.



Abbildung 7: Alltägliche Aktionen werden durch das System ausgeführt

## Erkennen von Verhaltensänderungen zur intelligenten gesundheitlichen Prävention und Früherkennung

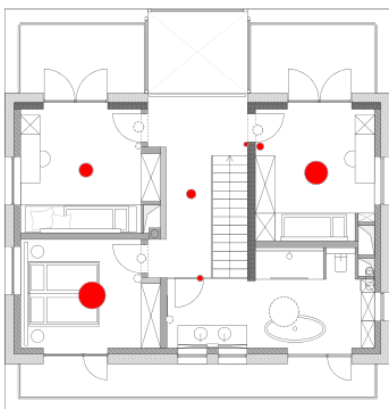


Abbildung 8: Bewegungen im Gebäude "gesunder Tag"

Die Weiterentwicklung von einem reaktiv assistierenden System zu einer proaktiven Mustererkennung kann am Beispiel der Erkennung, Bewertung und geeigneten Kommunikation von Abweichungen vom täglichen Ablauf und festen Gewohnheiten weiter dargestellt werden: Eine alleinlebende ältere Frau hält sich an bestimmten Tagen in der Woche z.B. ca. 60% der Zeit in der Küche auf. In 20% der Zeit befindet sie sich im Wohnzimmer, in 10% der Zeit im Schlafzimmer und in den restlichen 10% hat sie das Haus verlassen (vgl. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Das System hat das Muster abgebildet, weil das künstliche neuronale Netzwerk dies an den Sensordaten von z.B. Bewegungsmeldern, Türkontakten und Lichtschaltern erlernen konnte.



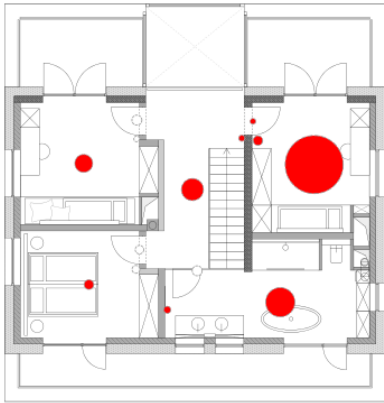


Abbildung 9: Bewegungen im Gebäude gesundheitlich eingeschränkter Tag"

Sofern nun maßgebliche Abweichungen dieses gewohnten Verhaltens auftreten - zum Beispiel befindet sich die Person nun zu 20% im Schlafzimmer und nur noch zu 50% in der Küche (vgl. Abbildung 9) kann dies ein Indiz für eine einsetzende Krankheit sein. Die Entscheidungsinstanz – das künstliche neuronale Netzwerk - würde bei einer als relevant einzustufenden Veränderung dann diese Information zur Pflege- und Betreuungsunterstützung nutzen können, ohne damit jedoch eine Echtzeitüberwachung der Person durch Pflege- und Betreuungspersonen zu verbinden.

Durch die Verwendung herkömmlicher KNX-Technik entsteht so eine unauffällige und unaufdringliche alltägliche Begleitung durch das System. Außerdem wird ein Nocebo-Effekt beim Alleinlebenden vermieden. Ihr oder ihm wird kein Gefühl von Krankheit oder Unselbstständigkeit vermittelt. Es ist also kein zusätzliches Echtzeit- „Gesundheitsüberwachungssystem“ erforderlich – die Hard- und Software sind bereits verbaut.

## Integration von Medizintechnik in die Gebäudetechnik zur heimischen Gesundheitsfürsorge für die Anwendungsfälle Diabetes

Ergänzend zu der Gesundheitsüberwachung anhand den gewöhnlichen Gebäudesensoren können in speziellen Fällen weitere nicht invasive und indirekte – also nicht direkt mit dem Körper verbundene - med. Sensoren sinnvoll sein. Unsere Motivation ist auch hier, dass diese nicht stetig in Zusammenhang mit der bestehenden Erkrankung wahrgenommen werden. Durch die Ergänzung mit weiterer med. Sensorik wird das auf das hohe Alter ausgerichtete Anwendungsgebiet der heimischen gesundheitlichen Überwachung und Pflegeunterstützung auf häufige und risikoreiche Erkrankungen erweitert.

Hierzu setzen wir die Sensorik eines in einem kompakten Baumuster als Medizinprodukt zugelassenen Sensors mit nicht linearer Schwingkreis-Technologie ein<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> exist Forschungstransfer; Universität Karlsruhe (TH); neocor GmbH; 2011. Mobiles und kostengünstiges Notfallsystem zur laientauglichen Überprüfung und Beurteilung von Vitalparametern plötzlich bewusstloser Personen. Kennzeichen 03EFT1BW02: Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, 2011.



Abbildung 10: Feinfühliges Sensor unter Spannbetttuch zur Erkennung von Atmung und Bewegungskorrelaten, sowie KNX-VOC-Sensor an der Wand am Kopfende

Diese Sensorik soll die offenkundige nächtliche Lücke bei der gesundheitlichen Überwachung schließen, in dem eine Art „Brustgurt“ um die Matratze gelegt wird (vgl. Abbildung 10). Dieser Gurt ist unauffällig unter dem Spannbetttuch fixiert und erfasst Atemfrequenz, kleinste Körperbewegung und teilweise Pulswellen. Durch die Überwachung der vitalparameterähnlichen Signale kann zum einen generell auf das Vorhandensein von Lebenszeichen während der Schlafphase geachtet werden. Weitere Anwendungsfälle sind die Atemüberwachung während der Nacht bei obstruktivem Schlafapnoesyndrom (OSAS), sowie die Erkennung von Epilepsieerkrankung.

Durch den Einsatz einer KI mit den Sensorikrohdaten werden zunächst Normalzustände einer einschlafenden, schlafenden oder erwachenden Person ermittelt. Abweichungen von diesem Normalzustand oder eindeutige Änderungen werden vom System erkannt und an die Gebäudetechnik weitergegeben, so dass bestimmte Aktionen ausgeführt werden können. Dies kann im einfachsten Fall die Benachrichtigung von weiteren häuslichen Mitbewohnern sein.



Es kann aber auch ein direktes Feedback an den Bewohner generiert werden, indem zum Beispiel das Zimmerlicht angeschaltet wird, oder die SONOS® -Anlage die Person aufweckt (Bio-Feedback).

## Spezialfall Diabetes Typ I

Ein Spezialfall stellt in unserem Haus die Überwachung von Hypo- und Hyperglykämie bei Diabetes dar. Hierzu werden zusätzlich zur Bewegungserkennung über KNX True Presence Präsenzmelder von Steinle, Matratzensensor und KNX-VOC Sensor für Atemluftkorrelate auch das kontinuierliche Glukosemesssystem des Patienten verwendet.

Über das Opensource-Projekt „nightscout“ können die Blutzuckerwerte ausgewählter Hersteller ausgelesen werden (vgl. Abbildung 11). Wir nutzen diese Werte in ioBroker als weiterer Indikator für kritische Situation.

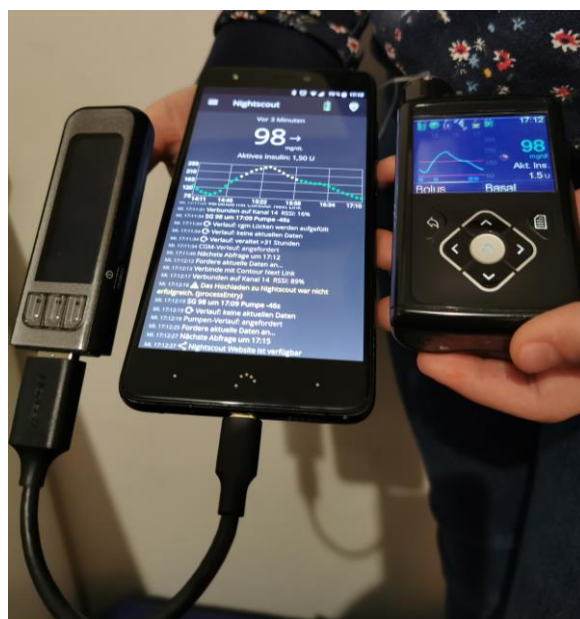


Abbildung 11: Blutzuckerwerte über Insulinpumpe und nightscout an KNX-System

Des Weiteren stellen wir die Blutzuckermesswerte als übersichtliche Darstellung am KNX-Panel dar (vgl. Abbildung 12). Damit hat der Bewohner, unabhängig vom Aufenthaltsort des an Diabetes erkrankten Kind, eine schnelle grafische Verlaufskontrolle.

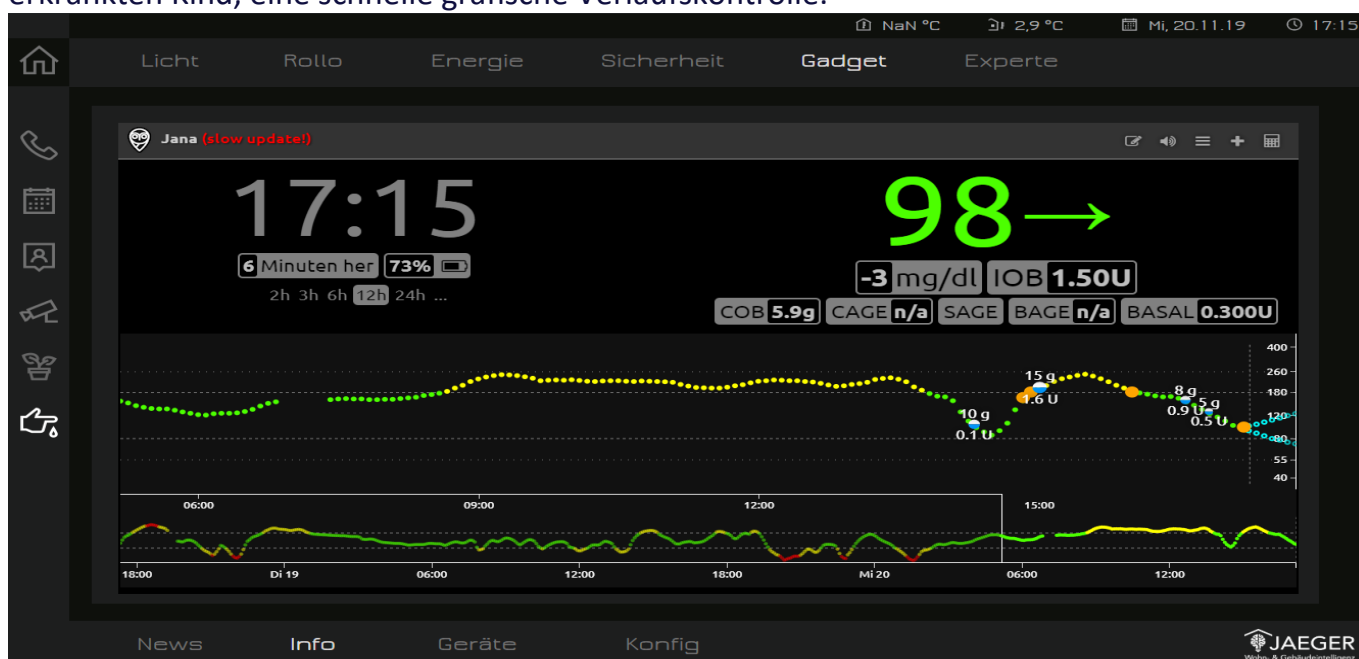


Abbildung 12: Am KNX-Panel dargestellte Blutzuckerlaufwerte

Durch die Kombination mehrerer dieser Messdaten kann für die Angehörige oder Pflegepersonal ein nächtliches Erinnerungssystem generiert werden, welches dabei unterstützt, Krankheiten besser zu behandeln. In unserem Haus werden die Angehörigen so über KNX gesteuerte Lichter im Schlafbereich sowie Sprachdurchsagen über SONOS-Lautsprecher via KNX-SONOS-Gateway geweckt (vgl. Abbildung 13).



Abbildung 13: KNX-Aktoren, wie Lichter, Taster mit Display sowie SONOS am Bett der Eltern signalisieren Unregelmäßigkeiten beim Kind

## Verwendete Technologien

Das Wohnhaus nutzt verschiedene Techniken, um das Ziel zu erreichen. Diese sind im Folgenden aufgelistet:

1. KNX
  - a. Lichttaster von Hager, JUNG und MDT
  - b. Schaltaktoren mit Strommessung von JUNG
  - c. Energiemesser für Tagesprofile von ABB
  - d. Anbindung der Fensterkontakte an Binäreingänge von MDT
  - e. VOC-Sensor von MDT
  - f. Präsenzmelder TruePresence von Steinle
  - g. SONOS-Gateway von ISE
2. Gadgets
  - a. Fitnesstracker zur Erfassung von Herzfrequenz
  - b. Nightscout Blutzucker-App zum Auslesen der Glukosewerte

### 3. Medizinprodukte

- a. Sensors mit nicht linearer Schwingkreis-Technologie
- b. Kontinuierliches Glukosemonitoring System (CGM) von Medtronic

Das Zusammenspiel der Geräte ist in folgender Abbildung dargestellt.

