

THEMEN-  
REPORT



# SENSOREN ÜBERALL

Sinnesorgane der Digitalisierung

Zukunft



# INHALTSVERZEICHNIS ●

<b>Einleitung</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Sensoren im Überblick</b> .....	<b>5</b>
1.1. Sensoren, Funktionsweise und Beispiele .....	6
RFID-Sensoren .....	6
Temperatursensoren .....	6
Feuchtigkeitssensoren .....	6
Drucksensoren .....	6
Gassensoren .....	7
Optische Sensoren .....	7
Akustische Sensoren .....	7
Flüssigkeitssensoren / Füllstandssensoren .....	8
Beschleunigungssensoren / Vibrationssensoren / Lagesensoren .....	8
Passive Bewegungssensoren .....	8
Durchflusssensoren .....	8
Stromsensoren / Hall-Sensoren .....	8
Biosensoren .....	8
<b>2. Anwendungsbereiche</b> .....	<b>9</b>
2.1. Wohnen .....	9
2.2. Umwelt .....	12
Landwirtschaft .....	13
2.3. Wirtschaft .....	16
2.4. Sicherheit .....	18
2.5. Mobilität .....	19
Öffentlicher Verkehr .....	19
Motorisierter Individualverkehr .....	20
2.6. Gesundheit .....	22
<b>3. Sensorzukunft Oberösterreich</b> .....	<b>25</b>
3.1. Ausgangslage – Unternehmen und Forschung .....	25
3.2. Impulse für Oberösterreich .....	28
<b>4. Quellenverzeichnis</b> .....	<b>30</b>



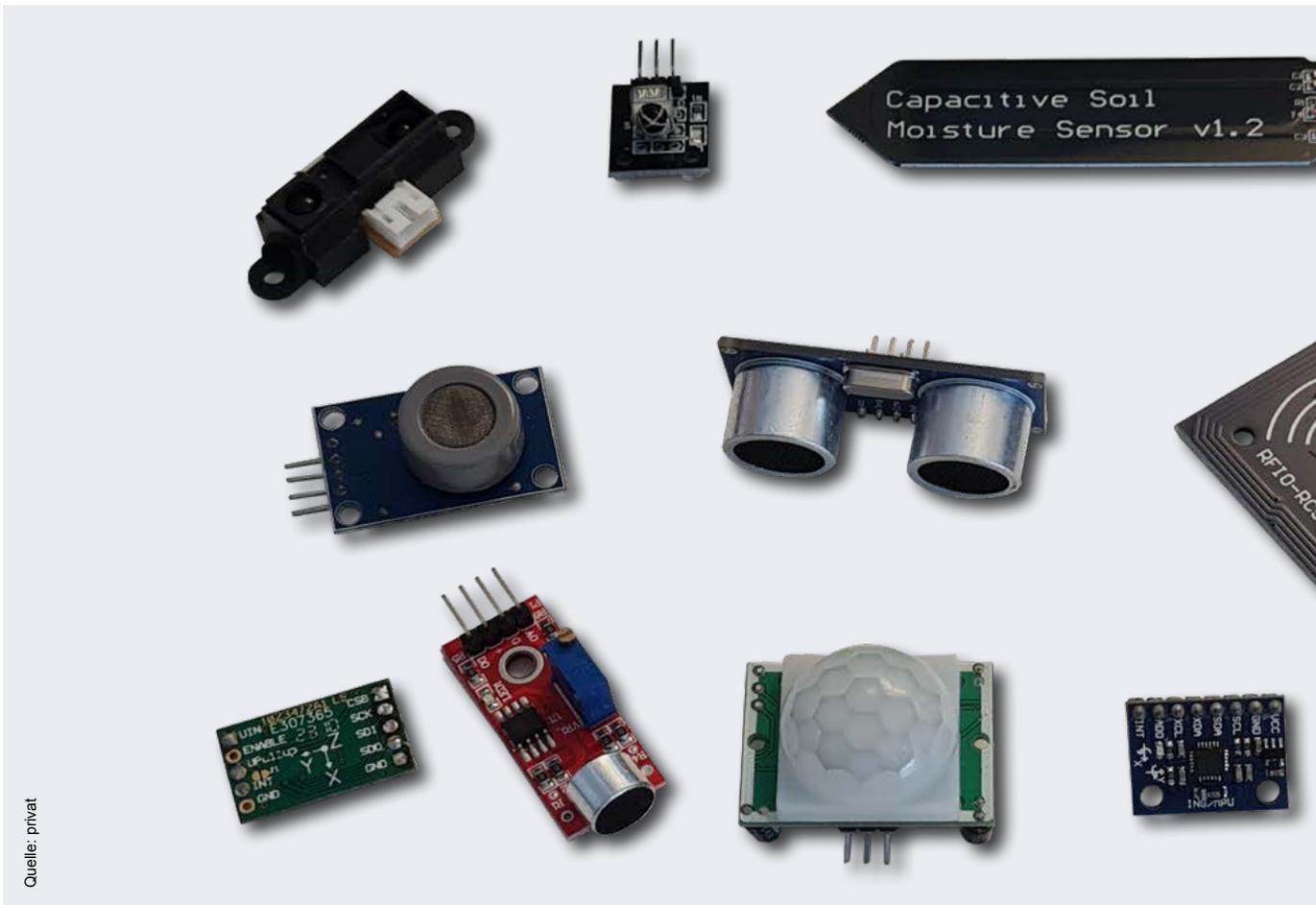
## EINLEITUNG ●

**Elektronische Bauteile werden immer leistungsfähiger, zugleich billiger, kleiner und flexibler. Der Einzug der Elektronik in die unterschiedlichsten Bereiche unseres Lebens beschleunigte sich in den vergangenen Jahren und mündet nun in einer zunehmenden digitalen Vernetzung der einzelnen Komponenten.**

Es wird vom **Internet der Dinge** (IoT = engl. Internet of Things) gesprochen, von der vernetzten **Industrie 4.0**, vom automatisierten **Smart Home**, von **selbstfahrenden Fahrzeugen**, die untereinander (car2car) und mit ihrer Umgebung (car2infrastruktur) kommunizieren, bis hin zur digitalen **Selbstüberwachung**.

Damit Maschinen ihre Umwelt erfassen und Veränderungen wahrnehmen können, brauchen sie **Sensoren – die „Sinnesorgane“ der digitalen Welt**. Die kleinen elektronischen Bauteile messen Temperatur, Feuchte, Helligkeit, Druck, Abstand und vieles mehr. Auf eine Wertveränderung oder bestimmte Abweichungen von einem Sollwert kann in automatisierten vernetzten Systemen rasch und ohne weiteres Zutun des Menschen reagiert werden.

**Damit Maschinen ihre Umwelt erfassen und Veränderungen wahrnehmen können, brauchen sie Sensoren - die „Sinnesorgane“ der digitalen Welt.**



Quelle: privat

Wir sind schon jetzt  
umgeben von einer  
Vielzahl von Sensoren,  
die uns unterstützen  
und in vielfältiger Form  
unser Leben angenehmer  
und sicherer machen.

In diesem Report rücken wir die kleinen elektronischen Beobachter in den Fokus. **Welche Arten von Sensoren gibt es und wie funktionieren sie? Welche zukünftigen Einsatzgebiete sind zu erwarten?**

Wir sind schon jetzt umgeben von einer Vielzahl von Sensoren, die uns unterstützen und in vielfältiger Form unser Leben angenehmer und sicherer machen: im eigenen Wohnbereich und bei der Mobilität, in Handel und Industrie, beim Umweltzustandsmonitoring oder bei der Vitalparameterüberwachung. Intensive Forschungen und eine starke Industrie im Bereich Sensortechnik sind für das Land Oberösterreich ein Garant für Zukunftsorientierung und Innovation. Sensoren sind ein bestes Beispiel für technologische Entwicklungen, die Gesellschaft und Wirtschaft prägen und unsere Zukunft maßgeblich beeinflussen. „Klein, aber oho!“ – treffender können Sensoren nicht beschrieben werden.



- Feuchtigkeit
- Temperatur
- Biochemie
- Radiowellen
  - Gas
  - Flüssigkeit
- Licht (sichtbar/unsichtbar)
- Beschleunigung
  - Vibration
- Bewegung
  - Lage
  - Strom
  - Schall
  - Druck

Veränderungen,  
die Sensoren  
wahrnehmen  
können

# 1. SENSOREN IM ÜBERBLICK ●

Mit Sensoren (von lat. sentire = fühlen) werden Messfühler bezeichnet, die physikalische oder chemische Parameter registrieren. Sie nehmen den Ist-Wert auf und geben ihn zur Datenverarbeitung weiter. Nun wird der gemessene Wert mit einem Soll-Wert samt etwaiger Toleranz verglichen. Bei zu großen Abweichungen kommt es zu einem Alarm. In einem automatisierten System starten Mechanismen zur Wiedererreichung der vordefinierten Messwertspanne, die nach Übereinstimmung von Ist- und Soll-Wert wieder deaktiviert werden.

Ein einfaches Beispiel ist das Heizkörperthermostat: bei Unterschreitung der gewünschten Raumtemperatur schlägt der Temperatursensor an, der Heizkörper erwärmt sich.

Andere Sensorarten werden beispielsweise in der Logistik zur Überwachung der Warenbewegungen verwendet oder sie begegnen uns auch in handelsüblichen Scannern - im Multifunktionsgerät genauso wie in der Supermarktkassa.

## 1.1. Sensoren, Funktionsweise und Beispiele

Sensoren gibt es für das Erfassen einer Vielzahl von Parametern. Messwerte von digitalen Systemen können direkt per Computer weiterverarbeitet werden, bei analogen Messwerten erfolgt die „Übersetzung“ in einem zwischengeschalteten Analog/Digital-Wandler. Die gängigsten Sensoren, ihre



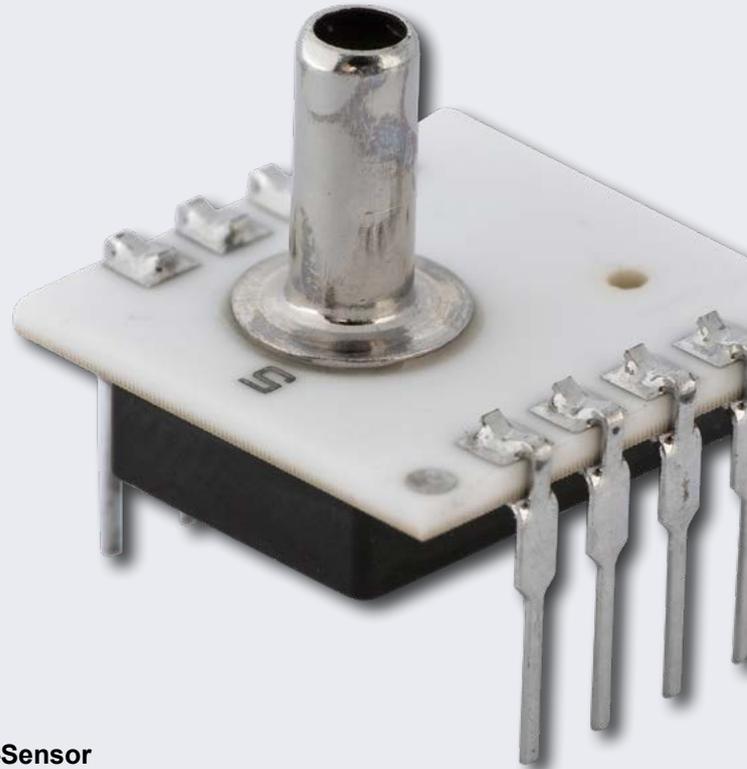
### RFID-Sensoren

Quelle: Grika - commons.wikimedia.org; CC BY 2.5



### Gas-Sensor (z.B. für Methan)

Quelle: Drahrub - commons.wikimedia.org; CC BY-SA 3.0



### Druck-Sensor

Quelle: Medvedev - commons.wikimedia.org; CC BY-SA 3.0

Funktionsweise und Anwendungsbeispiele fassen wir nachfolgend kurz zusammen.

#### RFID-Sensoren

RFID steht für radio-frequency identification und meint die kontaktlose Übertragung von Identifikationsdaten. Der Sensor kommuniziert über Entfernungen von wenigen Zentimetern bis zu ca. 200 m mit einem RFID-Chip, erhält Informationen und gibt diese an das System weiter. Beispiele für die Verwendung von RFID-Sensoren finden sich im Lagerwesen zum Erfassen des Warenbestandes, als Diebstahlschutz im Handel oder auch zur Personenidentifikation in Ausweisen.

#### Temperatursensoren

Es gibt unterschiedliche Arten, wie Wärme oder Kälte mit Hilfe von elektronischen Bauteilen gemessen werden kann. Für hohe Temperaturen über 300 °C werden Thermoelemente verwendet, die Temperaturdifferenzen messen. Thermistoren sind Halbleiter-Sensoren, die in einem eingeschränkten Temperaturbereich ihren Widerstand entweder bei Kälte („Wärmeleiter“) oder Wärme („Kälteleiter“) erhöhen.

Für die meisten Anwendungen eignen sich Platin-Widerstandsthermometer, deren elektrischer Widerstand sich linear zur Temperaturerhöhung verändert. Daraus lässt sich die absolute Temperatur ableiten. Temperatursensoren sind grundlegend für die automatisierte Heizungs- und Beschattungssteuerung in einem Smart Home.

#### Feuchtigkeitssensoren

Zur Messung der Feuchtigkeit in einem Stoff oder auch in der Luft wird die Kapazitätsveränderung von zwei Metallplatten in einem Kondensator, zwischen denen sich ein feuchtigkeitsbindendes Material befindet, herangezogen. Die Überwachung der Luftfeuchte in Innenräumen hilft bei der Vermeidung von Schimmelbildung, moderne Wäschetrockner bestimmen den optimalen Feuchtegehalt der Wäsche und auch in der Medizintechnik, etwa bei Beatmungsgeräten, werden Feuchtigkeitssensoren eingesetzt.

#### Drucksensoren

Drucksensoren messen die Kraft, die eine Flüssigkeit, ein Gas oder ein Festkörper auf eine Fläche ausübt. Membranen, sogenannte Dehnungsmessstreifen, verändern durch den einwirkenden Druck ihren elektrischen Widerstand. Zum Einsatz kommen sie bei der Reifendrucküberwachung

## Verschiedene optische Sensoren

Quelle: vic - commons.wikimedia.org



**Geöffnete Kapsel eines  
Konzertmikrofons**

Quelle: privat

oder in Personenwaagen, bei der Druckmessung in Industrieanlagen oder auch in der Luft- und Raumfahrttechnik.

### Gassensoren

Sie reagieren auf die chemische Zusammensetzung eines gasförmigen Mediums (z.B. der Umgebungsluft), um etwa bei Sauerstoffmangel, Vergiftungs- oder Explosionsgefahr anzuschlagen. Elektrochemische Sensoren funktionieren ähnlich einer Batterie mit mindestens zwei Elektroden. Verändert sich die Konzentration eines bestimmten Gases, verändert sich die Stärke des elektrischen Signals. Da bestimmte Gase Strahlung absorbieren, wird auch Infrarot zur Konzentrationsmessung etwa von Kohlenwasserstoffen herangezogen. Für Messungen von sehr geringen Gaskonzentrationen werden PID-Sensoren mit UV-Lampen verwendet. PID steht für Photoionisationsdetektor, d.h. die Gasmoleküle werden im Sensor ionisiert. Über die Stärke des erzeugten Stromes können wiederum Rückschlüsse auf die Gaskonzentration gezogen werden.

In oberösterreichischen Neubauten sind Rauchmelder seit 2013 verpflichtend vorgeschrieben. Bei Gasthermen und -heizungen empfiehlt sich zudem die Verwendung von Kohlenmonoxid-(CO)-Sensoren.

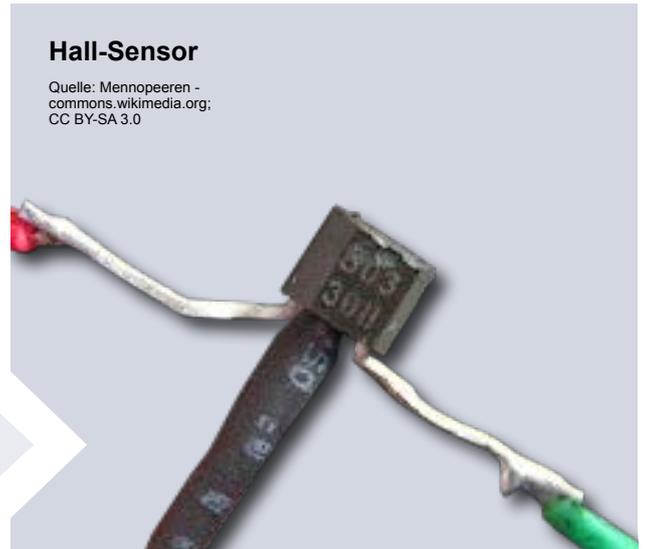
### Optische Sensoren

Aktive optische Sensoren verfügen über einen Sender, der Wellen im sichtbaren oder unsichtbaren Bereich aussendet. Bei Lichtschranken reagiert der Sensor auf Unterbrechungen des Lichtstrahls, bei Reflexionsmodellen auf die reflektierte Strahlung des Messobjekts. Passive Sensoren senden selbst keine Strahlung aus.

Im täglichen Leben kommen wir mit Lichtschranken zum Beispiel bei automatischen Türen oder beim Förderband an der Supermarktkassa in Berührung.

### Akustische Sensoren

Schallsensoren und Mikrofone nehmen Geräusche über eine Membran wahr, die beim Auftreffen von Schallwellen ihre Lage verändert. Über eine Spule und einen Magneten wird eine elektrische Spannung induziert und der entsprechende Messwert registriert. Bei anderen Bauformen wird der Widerstand oder die Kapazität verändert. Aktive akustische Sensoren senden Schallwellen aus, messen auftretende Reflexionen und Beugungen. Dadurch können Rückschlüsse auf Objekte oder Geschwindigkeiten geschlossen werden.



### Flüssigkeitssensoren / Füllstandssensoren

Zum Detektieren von Füllstandshöhen, etwa in Getränke- oder Lebensmittelbehältern, aber auch für eine rasche Alarmierung im Falle einer Leckage, kommen Flüssigkeits- bzw. Füllstandssensoren zum Einsatz. Sie funktionieren zum Beispiel kapazitiv wie die bereits beschriebenen Feuchtigkeitssensoren, optisch über die Registrierung von Lichteinfallveränderungen oder sie messen die Laufzeit eines ausgesendeten Ultraschallsignals.

### Beschleunigungssensoren / Vibrationssensoren / Lagesensoren

Diese im Objekt verbauten Sensoren nehmen dreidimensional Lageveränderungen wahr. Sie messen die Schwerkraft und reagieren auf externe Beschleunigungen. Beschleunigungssensoren haben wir im Smartphone und in Navigationsgeräten, sie überwachen Brückenpfeiler und lösen Airbags aus.

### Passive Bewegungssensoren

Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Beschleunigungssensoren sind passive Bewegungssensoren außerhalb des Messobjektes montiert und reagieren auf Wärmeveränderungen im Umfeld. Meist sind Bewegungssensoren mit einer Lampe verbunden und schalten, wie bei vielen Hauszugängen, das Licht ein, sobald eine Person sich nähert. Sie können aber zum Beispiel auch mit einem Alarmsystem verbunden werden.

### Durchflusssensoren

Die Durchflussmengen von Gasen oder Flüssigkeiten werden mit einem Durchflusssensor überwacht. Der

Volumenstrom wird beispielsweise über die Lageveränderung eines Schwebekörpers bestimmt oder auch über die Drehgeschwindigkeit eines verbauten Flügelrads.

Zur Anwendung kommen Durchflusssensoren etwa bei der kommunalen Wasserversorgung und bei Heizungsanlagen. Auch mass air fluid-Sensoren, wie sie in Luftmassenmessern in Autos mit Verbrennungsmotoren zur Steuerung des richtigen Kraftstoff-Sauerstoff-Verhältnisses verbaut sind, zählen dazu.

### Stromsensoren / Hall-Sensoren

Die Messung des elektrischen Stroms, z.B. zur Überwachung des Energieverbrauchs, aber auch für Steuerungsprozesse oder zur Verhinderung von Überlastungen des Stromnetzes, erfolgt meist berührungslos über die Erfassung des elektrischen Magnetfeldes, das um einen stromdurchflossenen Leiter entsteht (Hall-Sensoren). Stromsensoren können aber auch direkt als Widerstand im Stromleiter verbaut sein.

### Biosensoren

Biologische Bestandteile, wie Enzyme, Mikroorganismen, DNA oder Antikörper, reagieren auf die Zusammensetzung des zu untersuchenden Mediums (z.B. Wasser, Boden oder Luft). In einem direkt angrenzenden physikalischen Sensor wird die biochemische Veränderung in ein elektrisches Signal umgewandelt und zur Auswertung weitergegeben. Biosensoren werden in der Lebensmitteltechnologie, Medizintechnik oder in der Umweltanalytik verwendet, z.B. zur Überwachung von Trinkwasser oder des Glukosespiegels von Diabetes-PatientInnen.



Zugang  
mittels  
Fingerprint

## 2. ANWENDUNGSGEBIETE ●

So unterschiedlich die Ausgestaltung und Funktionen von Sensoren sind, so unterschiedlich sind auch ihre Anwendungsbereiche. Mit Sensoren nehmen Maschinen ihre Umgebung wahr, d.h. sie registrieren Messwerte, die in einer verbundenen Recheneinheit ausgewertet werden und eine entsprechende Reaktion auslösen. Die nachfolgend vorgestellten sechs Bereiche sind von Sensoren bereits geprägt und greifen für viele unbewusst in das alltägliche Leben ein – sie unterstützen und steuern, sie verbessern und retten Leben. Genaue Sensoren, leistungsstarke Rechner, intelligente Algorithmen in einem vernetzten und automatisierten System – so sieht die Zukunft aus!

### 2.1. Wohnen

Schon lange unterstützen uns Sensoren in unserem Heim, man denke nur an Lichtsteuerungen mittels Bewegungsmeldern oder Temperatursensoren für das Heizen. Rasante technologische Entwicklungen erweitern das Feld praktikabler Anwendungen und machen in weiterer Konsequenz ein smartes, sensorengestütztes Zuhause wohl zum Standard der Zukunft.

Ob Haus oder Wohnung, kein **Haushalt** kommt heute noch ohne Sensortechnik aus. Relativ simple und schon lange gebräuchliche Geräte sind etwa die Personenwaage, der Händetrockner oder die (Funk-)Wetterstation. Ein mittlerweile vermehrt verwendetes System ist jenes der Zugangssensoren, die das Türöffnen mittels biometrischer Daten wie des Fingerprints bewerkstelligen. Geheizt wird gestützt auf Außen- und Innentemperatursensoren, Beleuchtungen arbeiten mit Hilfe von Licht- oder



Im Zentrum smarter Steuerungen stehen die Verbesserungen von Lebens- und Wohnqualität, der Betriebs- und Einbruchsicherheit und der Energieeffizienz, wovon nicht zuletzt ein ökonomischer und ökologischer Nutzen erwartet wird.

Bewegungssensoren und Stromsensoren checken den Stromverbrauch. Kohlenmonoxid-, Gas- und Rauchmelder helfen Gefahren vermeiden. Ventilatorensteuerung und Klimaanlage funktionieren auf Basis der Sensormessungen von Luftfeuchte und Luftqualität, Thermostate und Hitzemelder brauchen Temperatursensoren und Jalousien- und Rollladensteuerungen reagieren mit Hilfe von Sensoren auf Regen, Wind, Sonneneinstrahlung und/oder Temperatur.

Weiter entwickelte Systeme sollen nicht nur praktikabel sein, sondern haben vor allem auch Energie- bzw. Ressourceneffizienz im Fokus. Beispiele sind das automatische Abschalten von Licht, Herd o.dgl. und das Abschalten der Heizung bei länger geöffneten Fenstern, das von Sensoren in den Fenstern erkannt wird. Verbrauchssensoren, z.B. Strom-, Gas- und Wassersensoren, können kombiniert werden und so den Energie- oder Wasserverbrauch optimieren.



Vernetzte  
Hausautomation  
in einem  
Smart Home

men arbeitet, die miteinander „kommunizieren“ und handeln, sondern auch das selbständige Wohnen mit Handicap durch sogenanntes **Ambient Assisted Living (AAL)**, also umgebungsunterstütztes Wohnen, zusehends leichter möglich wird. Von den klassischen Bequemlichkeits- und Sicherheitsfunktionen wie automatisch abschaltende Küchengeräte oder Beleuchtungen bis hin zur Überwachung von Vitalfunktionen und der Kommunikation mit „draußen“ – Sensortechnik wird dabei durchwegs gebraucht.

Spezielle AAL-unterstützende Sensortechnik wird z.B. bei der **Sturzerkennung** eingesetzt. Drucksensoren in Böden, Infrarotsensoren, Luftdruck-, (3D-)Beschleunigungs- und Ultraschallsensoren erkennen, ob jemand am Boden liegt bzw. ob alltägliche Bewegung im Raum gegeben ist. Bewegungsmelder geben Bescheid, wenn sich im Wohnraum, z.B. im Bad oder im Schlafzimmer, länger niemand bewegt. **Bettbelegungssensoren**, bspw. als Funksensoren, können auffällige oder länger fehlende Bewegungsmuster im Bett erkennen, sollte eine Person etwa kollabiert, aus dem Bett oder auf dem Weg ins Bad gestürzt sein. Mittels Sensoren in **Wearables** werden Vitalfunktionen regelmäßig erhoben und können bei Bedarf nicht nur gespeichert, sondern an Arzt bzw. Ärztin oder Pflegezentrum übermittelt werden.

Sowohl Smart Home als auch AAL werden stark beforscht, es gibt stetig neue Entwicklungen, auch in der Sensortechnologie. Ein Beispiel ist das praxisorientierte **Forschungsprojekt SENSHOME**<sup>2</sup>, das im Rahmen des Kooperationsprogramms INTERREG Italien-Österreich von der EU kofinanziert wird. Es fokussiert auf ein autonomes Leben für Menschen mit Behinderung, speziell mit autismusbedingten Beeinträchtigungen. Kern des Projektes, das bis März 2022 läuft, ist die Entwicklung und Anwendung intelligenter Sensoren bzw. passiver Sensoren-Netzwerke, die Eigenständigkeit fördern und Gefahren automatisch erkennen und melden.

Damit ist der Schritt zum **Smart Home** getan, das mit zunehmender Digitalisierung Einzug in Haushalte hält. Smart Home steht für ein informations- und sensortechnisch aufgerüstetes, in sich selbst und nach außen vernetztes Zuhause.<sup>1</sup> Viele mit unterschiedlichsten Sensoren erhobene Daten werden gespeichert und mittels spezifisch programmierter Software abgebildet, verarbeitet und analysiert. Über eine eigene Schnittstelle kann das System via Internet, also auch von außer Haus, eingesehen, kontaktiert und z.B. mittels Apps gesteuert werden. Im Zentrum stehen dabei die Verbesserung von Lebens- und Wohnqualität, der Betriebs- und Einbruchsicherheit und der Energieeffizienz, wovon nicht zuletzt ein ökonomischer und ökologischer Nutzen erwartet wird.

Der Megatrend Digitalisierung hat mit sich gebracht, dass nicht nur die klassische Hausautomation mittlerweile mit vernetzten (Sensor-)Systemen

<sup>1</sup> <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/smart-home-54137>

<sup>2</sup> <https://senshome.projects.unibz.it/it/home-de/>



Fledermaus-Detektor

## 2.2. Umwelt

Der Einsatz von Sensoren in der **Umweltzustandsüberwachung** ist schon lange Usus, man denke nur an die Messung von Luftdruck oder Wassertemperatur. Allerdings werden ihre Anwendungsgebiete immer vielfältiger und ihre Messungen immer präziser. Klima, Luft, Boden, Wasser, Eis oder Lärm – der messbaren Parameter gibt es viele, die gesammelten und verarbeiteten Datenmengen werden immer größer.

Umweltmessungen und Klimamonitoring sind heute nicht mehr nur Themen im Umweltschutz i.e.S. sondern z.B. auch im Klimaschutz und in den Zukunftsfeldern der Ernährungssicherung, nämlich in Präzisionslandwirtschaft, Urban Farming und Vertikal Farming, unverzichtbar.

### Was können Umweltsensoren messen?

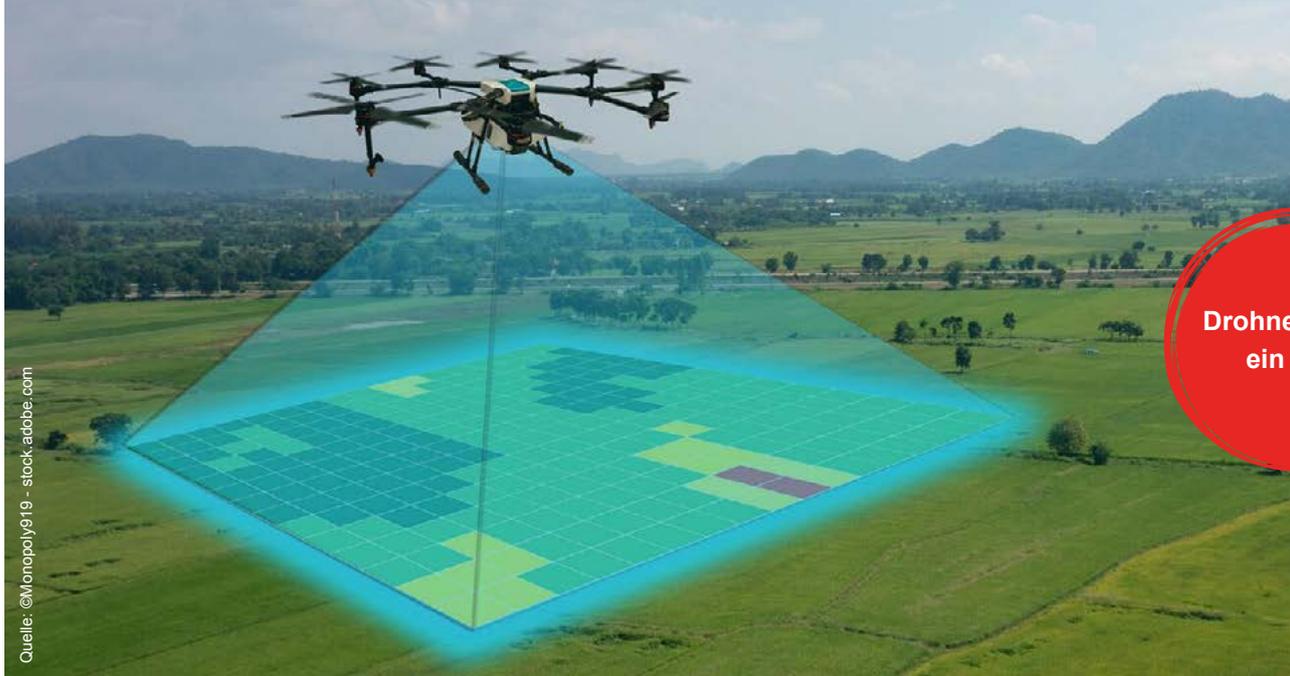
Alle Sensoren erheben physikalische oder chemische Daten. Dabei kann grundsätzlich unterschieden werden zwischen Sensortechnik, die in der **abiotischen Umwelt**, wie z.B. Licht, Luft oder Wasser und jene, die in der **biotischen Umwelt**, also bei Tieren und Pflanzen, eingesetzt wird.

- **Wetter:** Lufttemperatur, relative Feuchtigkeit, Luftdruck, Sonnenstrahlung, Windrichtung und -geschwindigkeit, Niederschlagsintensität und -menge, Strahlung, Blitzeinschläge,...
- **Licht:** Sonnenstrahlung, Lichtstärke/-intensität, Lichtqualität, Spektralanteile u.dgl.
- **Luft/Atmosphäre:** Luftgüte, Gehalt an CO<sub>2</sub> und Stickoxiden, Feinstaub, Luftfeuchtigkeit und -druck, Temperatur, Wind, Pollen u.dgl.
- **Wasser/Gewässer:** Wasserqualität, -temperatur, Salzgehalt, elektrische Leitfähigkeit, Wasserstand, Sauerstoff-, CO<sub>2</sub>-Gehalt, pH-Wert u.dgl.
- **Schnee/Eis/Gletscher:** Mächtigkeit, Schichten, Schadstoffe, Dichte u.dgl.
- **Boden:** Güte, Schadstoffbelastung, Feuchte und Speichervermögen, Lehmanteil, pH-Wert, etc.
- **Wild-, Haus- und Nutztiere:** Bewegung, Körpertemperatur, Puls, Nahrungsaufnahme, etc.
- **Wild-, Zier- und Nutzpflanzen:** Wasser- und Nährstoffaufnahme, Schadstoffbelastung, Wachstum, Bodenansprüche u.dgl.

Auch das Umweltzustandsmonitoring erfährt mit der Digitalisierung die rasante Weiterentwicklung von Datenspeicherung, -verarbeitung und -aufbereitung. Stand der Technik werden dadurch zunehmend intelligente Sensoren – sog. **smarte Sensoren**. Das sind solche, die Messgrößenerfassung, Signalaufbereitung und -verarbeitung in einem Gehäuse vereinigen. Das heißt, sie erfassen die physikalischen Größen, verarbeiten diese gemäß Vorgaben und geben die Ergebnisse als digitale Information aus. Sie erledigen komplexe Aufgaben also ohne externe Rechner und können, mit unterschiedlichsten Schnittstellen versehen, einen kontaktlosen Datenaustausch ermöglichen.<sup>3/4</sup> Schon heute kommen im privaten Bereich, in Forschung und Lehre, in Industrie und Produktion etc. häufig smarte Umweltsensoren zum Einsatz.

<sup>3</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Smart-Sensor>

<sup>4</sup> <https://www.itwissen.info/smart-sensor-Intelligenter-Sensor.html>



Quelle: ©Monopoly919 - stock.adobe.com

Drohne scannt  
ein Feld

Beispiele aus dem Artenschutz sind **Fledermausdetektoren** und Geräte zur automatisierten Aufnahme von Fledermausrufen. Fledermäuse orientieren sich mit Hilfe von Echo-Ortung. Ihre Rufe liegen im Ultraschallbereich und sind für das menschliche Ohr nicht hörbar. Fledermausdetektoren machen auf Basis von akustischen Sensoren in Mikrofonen die Ultraschallrufe für den Menschen hörbar. Automatische Aufnahmegeräte erfassen die Fledermausrufe mittels Sensoren und zeichnen sie in hoher Qualität auf, was eine spätere Analyse der Rufe am Computer erlaubt. Mit der Auswertung der Rufmerkmale kann das Vorkommen vieler Fledermausarten festgestellt werden. Darüber hinaus sind Rückschlüsse auf die Fledermaus-Aktivität an bestimmten Standorten und fallweise auf bestimmte Verhaltensweisen (durch Sozialrufe oder Jagdruf-Sequenzen) möglich.

### Landwirtschaft

Der **Einsatz von Sensoren in der Landwirtschaft** hat bereits lange Tradition. Neben Sensoren zur Erhebung von Wetter- oder Bodendaten gibt es z.B. solche für die Spurrassistenz landwirtschaftlicher Gerätschaften, zum Erkennen von Jungwild oder Gelegen von Bodenbrütern in Wiesen oder auf Äckern oder auch zur Erhebung von Bewegungs- und Vitaldaten des Viehs.

Mittlerweile fasst die sog. **Präzisionslandwirtschaft** zunehmend Fuß, in der Forschung tut sich viel – sowohl bei der Sensorentwicklung als auch in der Anwendung. In der Präzisionslandwirtschaft werden Bewirtschaftungsmaßnahmen, wie Saat, Düngung und Bewässerung, auf die Bodengegebenheiten innerhalb eines Feldes abgestimmt, um deren Einsatz zu optimieren. Die Bodeneigenschaf-

ten (z.B. Porengrößen, Humusgehalt, pH-Wert, Wasserkapazität) und Nährstoffgehalte einzelner Teilbereiche der Agrarflächen werden mit Hilfe von Sensoren in Echtzeit ermittelt, computerunterstützt ausgewertet und die Betriebsmittel zielgerichtet, bestenfalls automatisiert (vermehrt auch mit Drohnen) ausgebracht. Auch die Routen von (automatisierten) Agrarmaschinen werden optimiert – effizienteres Wenden und geringere Überlappungen reduzieren Arbeitszeit und Treibstoffeinsatz.<sup>5</sup> In ähnlicher Weise werden der Bedarf und der Zustand einzelner Tiere in größeren Herden ermittelt und die Fütterung pro Tier wird dementsprechend optimiert.<sup>6</sup>

Die notwendigen Messungen und verwerteten Daten fußen auf komplexer Sensortechnik. Ein Beispiel ist der Bodensensor. Er erhebt Daten wie Leitfähigkeit, Farbe, pH-Wert oder Feuchtigkeit. Daraus lassen sich die nutzbare Feldkapazität und adäquate Bewirtschaftungen ableiten. Es entstehen sog. Applikationskarten etwa für den Mais-, den Kartoffelanbau oder das Düngegrubbern.

Ein anderes Beispiel ist der **Pansensensor**, der der Überwachung der Gesundheit von Milchkühen dient. Grundsätzlich mittels Sensoren messbare Parameter bei der Milchkuh sind Aktivität (Schrittzahl u.dgl.) und Position des Tieres, innere Körpertemperatur, Lebendgewicht, Körperkondition, Kraftfutter- und Wasseraufnahme (Trinkzyklen), Wiederkäuen, Pansen-pH-Wert, Milchmenge oder Milchqualität. Der Pansensensor wird dem Tier über das Maul eingegeben, positioniert sich im

<sup>5</sup> <https://www.oez-zukunftsakademie.at/zukunftsglossar-p-bis-t-948.htm#1006>

<sup>6</sup> [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS\\_STU\(2016\)581892\\_DE.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU(2016)581892_DE.pdf)



In der Präzisionslandwirtschaft werden Bewirtschaftungsmaßnahmen, wie Saat, Düngung und Bewässerung, auf die Bodengegebenheiten innerhalb eines Feldes abgestimmt.

Pansen, misst kontinuierlich pH-Wert und Temperatur, übermittelt per Funk die Daten und lässt so Rückschlüsse auf Tiergesundheit und Futteroptimierung zu.

Derzeit beschäftigt sich die technische Forschung in der Präzisionslandwirtschaft u.a. mit der Vernetzung verschiedener Systeme und Applikationen, die oft noch nicht kompatibel und vernetzbar sind. Ziel sind EINE Eingabe und solche Schnittstellen, die ein Einfließen der Daten in alle Systeme ermöglichen.

Präzisionslandwirtschaft oder lokales Ressourcenmanagement soll zu Kosteneinsparungen bei den Betriebsmitteln beitragen, aber auch zur



Quelle: scharfsinn86 - stock.adobe.com

**Wetterstation  
für Precision  
Farming  
im Weizenfeld**

ökologischen Entlastung durch den verringerten Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln führen. Die Sinnhaftigkeit hängt dabei v.a. von Flächengrößen und Betriebsgröße ab. Je kleiner ein Betrieb, umso schlechter fällt die Kosten-Nutzen-Bilanz aus. Je höher der Digitalisierungs- und Automatisierungsgrad ist, desto mehr nähert sich die Präzisionslandwirtschaft dem smart farming bzw. der Landwirtschaft 4.0 an.

Auch das sog. **Urban Farming** nutzt Sensortechniken intensiv. Man versteht darunter verschiedene Arten der Lebensmittelerzeugung in urbanen Ballungsräumen. Neben dem Anbau von Gemüse, Obst oder Kräutern („Urban Gardening“) sind auch die Tierhaltung und der Ackerbau inkludiert.

Da geeignete städtische Bodenflächen begrenzt sind, werden neben Dach- auch vertikale Flächen („Vertical Farming“ z.B. auf Fassaden oder der Indoor-Etagenbau) herangezogen. Ziel ist neben der Verringerung der Lebensmittelabhängigkeit vom Umland die nachhaltige Nutzung und Erhaltung von städtischen Grünbereichen. Beim Vertical Farming in Innenbereichen wird zunehmend auf Digitalisierung und Automatisierung – basierend auf dem Einsatz unterschiedlichster Sensoren – gesetzt, um durch optimierte Nährstoff- und Wasserzufuhr, Luftfeuchte und Temperatur ideale Wachstumsbedingungen für die Kulturpflanzen zu schaffen.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> <https://www.ooe-zukunftsakademie.at/zukunftsglossar-u-bis-z-1017.htm#1052>



Smarter Roboter  
in einem Industrie  
4.0-Umfeld

Quelle: zapp2photo - stock.adobe.com

Bei der Umsetzung von Industrie 4.0 spielen Sensoren eine zentrale Rolle, denn sie sind die Anknüpfungspunkte zwischen der digitalen und der realen Produktionswelt.

### 2.3. Wirtschaft

Heute ist der Einsatz von komplexen, hochgenauen und intelligenten Umweltsensorsystemen im privaten Bereich, in Industrie und Produktion, Forschung und Innovation etc. üblich. Schon seit Jahrzehnten sind Sensoren unverzichtbare Elemente in Industrie und Gewerbe. Die exakte Erfassung des Durchflusses in

Rohrleitungen, des Füllstandes von Lagertanks oder der Temperaturen im Inneren von chemischen Reaktoren waren Grundlage für die manuelle oder halbautomatische Steuerung verschiedenster Produktionsprozesse.

In der immer weiter voranschreitenden digitalen Vernetzung von Maschinen und maschinell betriebenen Abläufen erweitern sich die Einsatzbereiche von Sensoren noch einmal wesentlich: Bei der Umsetzung von **Industrie 4.0** spielen Sensoren eine zentrale Rolle, denn sie sind die Anknüpfungspunkte zwischen der digitalen und der realen Produktionswelt.

Hochauflösende Kamerasysteme in Verbindung mit nachgeschalteter AI-basierter Bilderkennung identifizieren in automatisierten Produktionsstraßen die Art, Lage und Geschwindigkeit von Objekten, als Basis für die robotergesteuerte Manipulation. Dadurch können nicht nur gleichartige Serienprodukte erzeugt werden, sondern auch personalisierte Güter in verschiedensten Varianten. In ähnlicher Weise finden automatisierte sensorbasierte Systeme auch im boomenden Onlinehandel Einsatz, um kostengünstig

versandfertige Pakete mit einem optimierten Verbrauch an Kartonagen herzustellen und zu verteilen.

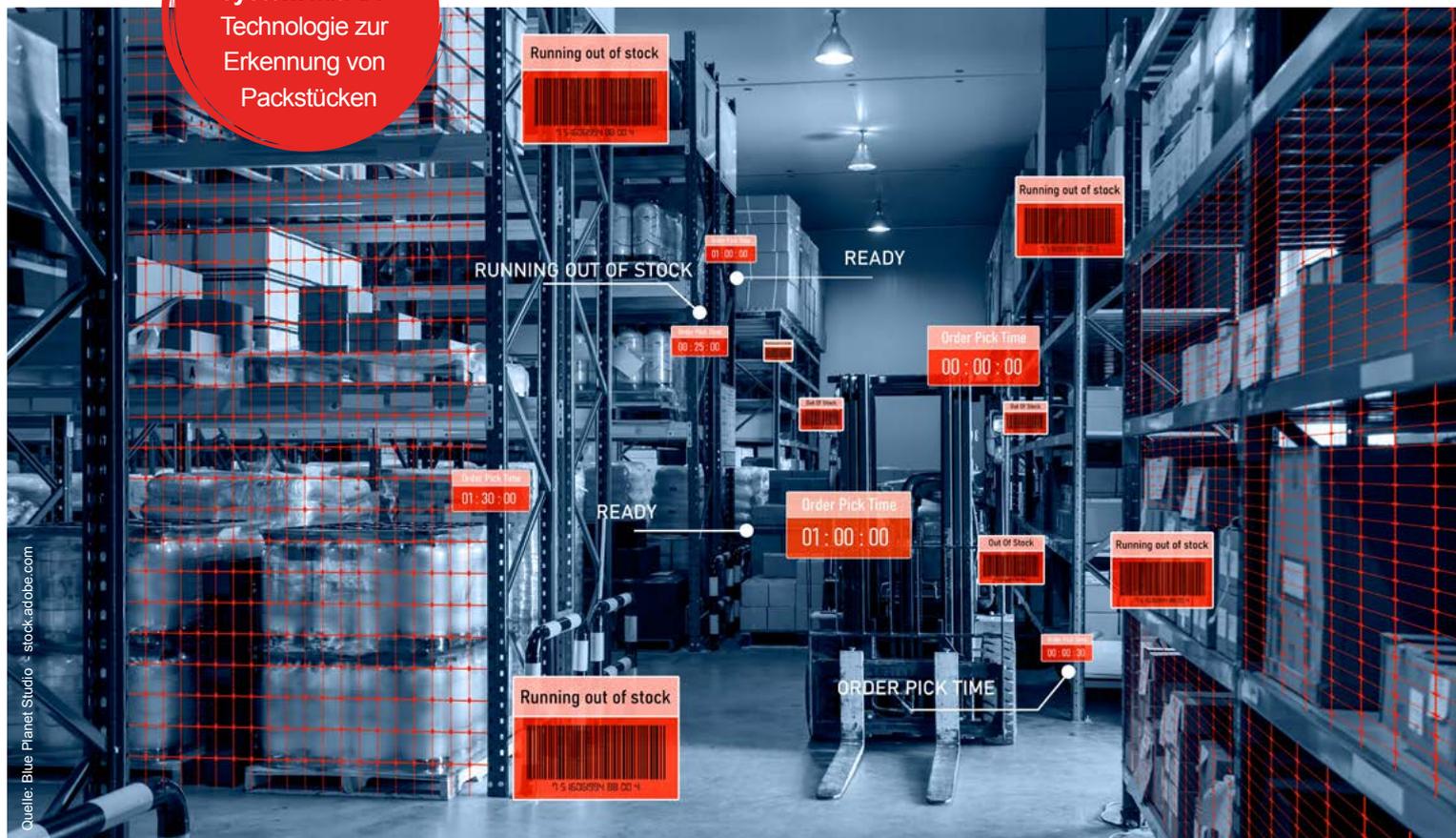
Im Bereich der **Lagerlogistik** arbeitende Menschen werden zunehmend durch sensorbasierte visuelle Assistenten im Sinne der Augmented Reality (AR) bei der Erkennung und Lieferung von Packstücken unterstützt. Dabei wird die relevante Information in einem Head-Mounted-Display eingeblendet und entlastet damit die im Lager beschäftigten Personen und reduziert die Fehlerhäufigkeit wesentlich.

Ein weiterer wirtschaftlicher Bereich, in dem die Sensorik zunehmend Bedeutung gewinnt, ist das **Qualitätsmanagement**. AI-basierte Analysen des von Geräten ausgesandten Schalls können darauf hindeuten, dass z.B. ein Kugellager beginnt defekt zu werden und eine Reparatur erforderlich ist, bevor es zu einem kostspieligen Produktionsausfall kommt („predictive maintenance“).

Neben AI-basierten Bildanalysen kann modernste Sensorik etwa mit Terahertztechnologien in der zerstörungsfreien **Qualitätskontrolle** von Produkten punkten. Ziel ist eine Maximierung der Produktqualität in Verbindung mit einer Minimierung von Produktionsausschuss bzw. einer maximalen Ressourcenschonung. Für diesen Zweck kann je nach Anwendungsfall eine Reihe weiterer neuartiger Methoden eingesetzt werden, wie der Laser-Ultraschall (Anregung von Schallemissionen durch Laserstrahlung) oder die Photoakustik, bei der auf Oberflächen durch elektromagnetische Wellen berührungsfrei erzeugte Schallwellen analysiert werden.

Wesentlich für einen noch breiteren Einsatz sind **Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit** der neuen Verfahren, beides Punkte, die sich in den nächsten Jahren sicherlich noch deutlich zum Positiven verändern werden. Zusammenfassend ist die digitalisierte Industrie 4.0 eng mit der fortschreitenden Entwicklung der Sensorik verknüpft, die die Datenbasis für alle zukünftigen weiteren Anwendungen liefert.

**Intelligentes  
Lagerverwaltungs-  
system mit AR-  
Technologie zur  
Erkennung von  
Packstücken**





**Umfassende Sicherheitskonzepte für Smart Homes brauchen zahlreiche Sensoren**

Quelle: @mangor2004 - stock.adobe.com

## 2.4. Sicherheit

Sicherheit ist ein sehr umfangreicher und sich wandelnder Begriff, der insgesamt einen Zustand bezeichnet, der frei von unvermeidbaren Risiken ist oder als gefahrenfrei angesehen wird.<sup>8</sup> Die Sicherheit stellt insgesamt einen eigenen und sehr umfangreichen Megatrend der Zukunft dar, der „Safety“ (Schutz vor jemandem/etwas), „Privacy“ (Schutz der Privatsphäre) und „Security“ (Beschützung von jemandem/etwas) umfasst. Im Folgenden sollen einige Beispiele von Sensoranwendungen aus dem engeren Bereich im Sinne des Schutzes der körperlichen Sicherheit in der Arbeitswelt und zu Hause vorgestellt werden:

In der Arbeitswelt werden mechanische **Sensoren zur Positionsüberwachung** häufig eingesetzt, um zum Beispiel bei Fließbändern bei einer ungünstigen Position eines Gutes eine automatische oder auch manuelle Not-Aus Funktion mittels Reißleine zu aktivieren.

Wenn der Zugang oder Eingriff in einen Gefahrenbereich nicht verhindert, die Gefahrenbewegung aber sicher gestoppt werden soll, sind **optoelektronische Sensoren** die passende Wahl. Beispiele sind **Lichtgitter**, die beim Zu- oder Abführen von Material in Schächte o.ä. eingesetzt werden, oder **Sicherheits-Laserscanner**, die Ihren Einsatz an bewegten Robotern sowie bei der mobilen Überwachung

des Gefahrenbereichs an fahrerlosen Transportsystemen (FTS) finden.

Sensoren, die die **Luftqualität** überwachen, sind in einer ständigen Weiterentwicklung, um die Bandbreite der analysierten Substanzen und die Anwendungsbereiche zu erweitern. Überwachte Substanzen können zum Beispiel **Methan, Essigsäure, Quecksilber** und viele andere sein. Diese Umweltsensoren können etwa in mobilen, tragbaren Messgeräten oder auch fix an bestimmten (Arbeits-)Plätzen mit Alarmfunktion installiert sein. Im Umweltbereich gibt es noch eine große Anzahl von anderen Sensoren, die etwa die Schadstoffkonzentrationen in **Abgasen von Abfallverbrennungsanlagen** oder an bestimmten Plätzen im Freibereich (Luftmessstationen im Rahmen der **Luftgüteüberwachung**) bis hin zur Überwachung der **Radioaktivität** von angelieferten Schrotten in Stahlwerken reichen.

In der Corona-Zeit erleben **CO<sub>2</sub>-Sensoren** zur Überwachung der Luftqualität in Schulen einen Aufschwung, da Kohlendioxid als ein Indikator für die Qualität der Lüftung und damit einer möglichen **infektiösen Aerosolkonzentration** in der Luft gilt.

<sup>8</sup> [https://www.ooe-zukunftsakademie.at/Mediendateien/SecurityPrivacy\\_Safety\\_2017.pdf](https://www.ooe-zukunftsakademie.at/Mediendateien/SecurityPrivacy_Safety_2017.pdf)

Sowohl im beruflichen als auch im privaten Umfeld haben **Rauchmelder** mit einer verbundenen akustischen und visuellen Alarmierung sowie gegebenenfalls automatischer Weiterleitung an Feuerwehren oder Brandzentralen viele Menschenleben gerettet. Durch die Fehlfunktion von Öfen oder gasbetriebenen Thermen und auch - was weit weniger bekannt ist - bei der Lagerung von Hackschnitzeln kann das sehr giftige Kohlenmonoxidgas (CO) entstehen. Ein **CO-Warmmelder** dient dazu, in Betrieben und privaten Haushalten rechtzeitig vor gesundheitsgefährdenden Kohlenmonoxidkonzentrationen zu warnen. Ein CO-Melder kann beispielsweise die CO-Konzentration eines Bades mit

einer Gastherme überwachen, um eine Kohlenmonoxidvergiftung zu vermeiden.

**Bewegungssensoren** sind integrale Bestandteile von Alarmsystemen im privaten aber auch geschäftlichen Bereich (Privathäuser, Banken, produzierende Betriebe, Handelsgeschäfte...). Überwacht werden der Öffnungszustand von Türen, Fenstern oder die Veränderungen innerhalb oder außerhalb von Räumen mittels Kameras.

Die vorgestellten Beispiele zur Sensorik im Sicherheitsbereich sind nur ein kleiner Ausschnitt einer stetig wachsenden Fülle an Einsatzbereichen.

## 2.5. Mobilität

Zu wissen, wo sich ein Auto, LKW, Bus oder Zug befindet, ob es Probleme mit dem Fahrwerk, den Bremsen, mit Türen, Schienen oder Airbags gibt, kann in einer digitalisierten und automatisierten Umgebung viele Leben retten.

Schon gegenwärtig sind unsere Mobilitätssysteme mit zahlreichen Sensoren ausgestattet. In Zukunft werden es noch viel mehr!

### Öffentlicher Verkehr

Vom einfachen Zählsystem per Lichtschranke bis zur Zugangsüberwachung per Kamera, von der fälschungssicheren Ticketkontrolle bis zur automatischen Raumdetektion von Tür- und Bahnsteigbereichen – Sensoren in öffentlichen Verkehrsmitteln unterstützen und überwachen. Sie dienen der Fahrzeugsicherheit selbst und erhöhen den Komfort und die Sicherheit der PassagierInnen im Fahrgastraum und im Nahbereich des Verkehrsmittels.

Bereits hochautomatisiert sind **Züge und U-Bahnen**. Die derzeit in Bau befindliche U5 in Wien wird als erste vollautonome österreichische U-Bahnstrecke 2026 ihren Betrieb aufnehmen. Ohne vernetzte Sensoren und Echtzeitauswertungen

Schon gegenwärtig sind unsere Mobilitätssysteme mit zahlreichen Sensoren ausgestattet. In Zukunft werden es noch viel mehr!



Fotocredit: ÖBB  
Christof Meister

Zuglauf-  
checkpoint



## Ob elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP), Brems- und Spurhalteassistent, Berganfahrhilfe, Klimaautomatik, Reifen- und Öldruckkontrolle, Regen- und Tankfüllstandsüberwachung – in einem modernen Auto sind rund 100 Sensoren verbaut!

in leistungsfähigen Rechenzentren wäre eine Umsetzung unmöglich. Auch die ÖBB baut die Überwachung der Züge mit Sensoren weiter aus und hat beispielsweise entlang der Zugstrecken mittlerweile 47 Zuglaufcheckpoints errichtet. Bei Durchquerung des Checkpoints wird der Zustand des Zuges im laufenden Betrieb kontrolliert (z.B. Wagengewicht, absteigende Teile, Temperatur der Achslager und Bremsen), in der zentralen Recheneinheit mit zusätzlich erhobenen Daten verknüpft und ausgewertet. Bei Gefahr in Verzug können so rasch entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden.

Je komplexer und für den Menschen unüberschaubarer das Bewegungsverhalten, die Umwelteinwirkungen und das Umfeld werden, desto mehr Sensoren sind notwendig, um eine sichere Fortbewegung zu gewährleisten. Besonders augenscheinlich wird die notwendige sensorische Unterstützung zum Beispiel im **Flugverkehr**. Veränderungen der Außenhaut, Wettereinflüsse, Flughöhenkontrolle, Kollisionswarnungen, Kabinendruck, Turbinentemperatur etc. – die PilotInnen werden durch zahlreiche Sensorwerte und automatisierte Ablaufprotokolle unterstützt. Autonome Drohnen-Taxis, deren kommerzielle Zulassung in wenigen Jahren erwartet wird, können nicht mehr auf ein Eingreifen der PilotInnen vertrauen

en, sondern sind ausschließlich von funktionierenden Sensoren, intelligenten Algorithmen und daraus resultierender automatisierter Steuerung abhängig.

### Motorisierter Individualverkehr

Am stärksten bemerkbar machen sich die sensorischen Helfer für viele von uns im motorisierten Individualverkehr als Teil der **Fahrassistenzsysteme**, die in modernen Fahrzeugen zum Einsatz kommen, um Sicherheit und Komfort zu erhöhen. Das Antiblockiersystem (ABS), das bei starken Bremsvorgängen das Blockieren von einzelnen Rädern verhindert, funktioniert über Drehzahlsensoren in jedem Rad. Nimmt ein Sensor eine starke Verzögerung wahr, wird die Bremskraftverteilung auf die Räder verändert, um eine Blockierung zu verhindern. Zudem leuchtet das ABS-Symbol am Bordcomputer auf. Ob elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP), Brems- und Spurhalteassistent, Berganfahrhilfe, Klimaautomatik, Reifen- und Öldruckkontrolle, Regen- und Tankfüllstandsüberwachung – in einem modernen Auto sind rund 100 Sensoren verbaut!<sup>9</sup>

Zukünftig werden es noch viel mehr werden, wenn die Funktionen der Fahrzeuge für die autonome Fortbewegung erweitert werden. Für **selbstfahrende KFZ** ist eine sichere Wahrnehmung der Umgebung Grundvoraussetzung, um das Vertrauen der Insassen und eine Straßenzulassung zu erhalten. Dazu werden redundante überlappende Sensorsysteme verbaut, die den Standort des Fahrzeuges selbst, Abstände zu anderen Objekten und das Umfeld in einigen Metern in allen Richtungen rund um das Fahrzeug ständig erfassen. Durch eine digitale Vernetzung mit der Infrastruktur und anderen Fahrzeugen wird es mit zunehmenden Digitalisierungsgrad auch möglich sein, dass Messwerte anderer in die Auswertung des eigenen Fahrzeuges einbezogen werden. So kann beispielsweise auf einen Unfall an einer unübersichtlichen Stelle rechtzeitig gewarnt und reagiert werden.

Zum Einsatz kommen Radar (radio detection and ranging) und Lidar (light detection and ranging) ebenso wie Kameras und Ultraschall. Abstände und Objekte in der Nähe werden über die Messung von Laufzeiten

<sup>9</sup> <https://www.kfztech.de/kfztechnik/elo/sensoren/sensoren.htm>



## Verschiedene Warnsymbole im Fahrzeug

Quelle: ©Afanasiev Oleksii -  
stock.adobe.com

detektiert. Radarsensoren decken sowohl den Nah- als auch den Fernbereich (bis zu 250 m) ab, in dem die Systeme unterschiedliche Frequenzen (24 GHz bzw. 76/77 GHz) nützen. Eine geringere Zeitspanne zwischen ausgesendetem und reflektiertem Signal bedeutet einen geringen Abstand zum gemessenen Objekt. Nahbereichsradarsensoren werden beispielsweise für die Überwachung des toten Winkels verwendet, Fernbereichsradarsensoren für den Notfallbremsassistenten.

Lidar-Sensoren senden bis zu einer Million Laserimpulse pro Sekunde zum Detektieren der Umgebung sowohl im Nah- als auch Fernbereich aus. Über die gemessenen Laufzeiten der Laserstrahlen können präzise 3D-Darstellungen des Umfeldes abgeleitet werden. Im Nahbereich von unter 10 m unterstützen Ultraschallsensoren. Mit für das menschliche Ohr nicht wahrnehmbaren Schallwellen können Objekte unabhängig von ihrer Farbe bei Tag oder Nacht ermittelt werden. Auch Kameras kommen zum Einsatz – aus den Farb- und Kontrastinformationen der Auf-

nahmen sind Rückschlüsse auf die Art des gemessenen Objektes möglich (z.B. zur Erkennung von Verkehrsschildern).

Widrige Witterungsverhältnisse (z.B. Nebel, Regen, grelles Sonnenlicht) stellen autonome Fahrzeuge vor besondere Herausforderungen. Wie auch bei uns Menschen werden die „Sinnesorgane“ in ihrer Leistungsfähigkeit beeinträchtigt und liefern schlechtere bzw. auch falsche Ergebnisse. Radar-Sensoren sind relativ unempfindlich gegen äußere Einflüsse, haben aber eine weit geringere Auflösung als Lidar-Sensoren. Deren Lasersignale werden von Wettereinflüssen gestört, weil sie etwa auch von Nebel- oder Regentropfen reflektiert werden. Abhilfe schaffen die unzähligen Messwerte – ein spezieller Algorithmus in der zentralen Recheneinheit „erkennt“ die falschen Werte und beseitigt die Witterungseinflüsse rechnerisch. Die Erhöhung der Sensorenempfindlichkeit, leistungsstärkere Signale und verbesserte Algorithmen sollen in Zukunft vollautonomes Fahren Wirklichkeit werden lassen.

Verschiedene  
Sensoren  
erfassen das  
Fahrzeugumfeld



Quelle: ©metamworks - stock.adobe.com

Durch das Zusammenspiel neuer Materialien und moderner Sensortechnik entstehen vielfältige medizinische Anwendungsmöglichkeiten.



## 2.6. Gesundheit

Ohne Sensoren keine moderne Gesundheitstechnologie – so könnte man die Bedeutung von Sensortechnik für den Themenkomplex „Gesundheit und Wohlbefinden“ heute und für die Zukunft prägnant formulieren. Sie ist Grundlage für medizinische Forschung, Medizintechnik, Diagnostik, personalisierte Behandlung und Operationen, Gesundheitsüberwachung und Pflege aber auch für Prävention, individuelle Fitness oder Selbständigkeit mit Handicap.

Die **Medizintechnik** verwendet schon lange elektronische Geräte und ihre Anwendungsoptionen werden mithilfe zunehmend leistungsfähigerer, zuverlässiger und kompakter Elektronik immer mehr erweitert. Labor- und sog. Point-of-Care-Diagnostik (patientennahe Labordiagnostik, die nicht in einem Labor sondern in der Ordination, auf der Station im Spital oder auch in der Apotheke, also nahe bei Patientin und Patient passiert), Implantate, Kathete-

ter, Prothesen – vieles basiert auf dem Einsatz von Sensoren.

Je nach Anwendung am Menschen kann man im Groben in **externe und interne Sensoren** sowie solche, die in Kathetern und Körperhöhlen zum Einsatz kommen, unterscheiden. Gängige Beispiele sind der Herzschrittmacher als Implantat sprich als interner Sensor, Sensoren an der Spitze von Kathetern für minimalinvasive Eingriffe wie Endoskopie oder Atherektomie, Körpertemperaturmesser zur oralen oder rektalen Anwendung sowie externe Sensoren in medizinischen Wearables oder z.B. zur Messung des Blutdrucks.

Durch das Zusammenspiel neuer Materialien und Elektronik bei **intelligenten Accessoires** („Smart Wearables“) und **E-Textilien** (in Kleidungsstücke integrierte elektronische Systeme) auf Basis moderner Sensortechnik entstehen viele neue medizinische An-



## Kathetertechnik bei Koronar- angioplastie

wendungsmöglichkeiten – sowohl in der Vorsorge als auch in der medizinischen Versorgung und Pflege.<sup>10</sup>

Bei der Gesundheitsüberwachung mittels Wearables liegt der Fokus auf dem Monitoring gesundheitsrelevanter Parameter. Die Sensoren messen Puls, Körpertemperatur, Hautleitfähigkeit, Gewicht etc. Die gemessenen Parameter werden aufgezeichnet, verarbeitet und behandlungsrelevante Schlüsse aus den Ergebnissen gezogen. Und v.a. Fitness-Accessoires animieren Trägerin und Träger mit zugehörigen Apps zu bewusster Ernährung, mehr Bewegung u. dgl. Beispiele für solche tragbaren Accessoires sind Vitalwerte messende Fitness-Armbänder, smarte Kontaktlinsen, die über die Tränenflüssigkeit den Blutzuckerspiegel messen, oder auch smarte Pflaster, die auf die Haut geklebt werden und Vitalwerte messen.

In Zukunft wird die Anwendung sensorbasierter gesundheitsrelevanter Wearables und Textilien in Vorsorge, Versorgung und Pflege noch deutlich steigen. Die Digitalisierung ermöglicht außerdem die Verbindung von PatientIn, Arzt/Ärztin und Pflegenden über Smartphones, Tablets und Wearables.

Nicht nur Wearables sondern auch andere gesundheitsrelevante Sensortechnik unterstützt zudem den **Sektor Pflege** maßgeblich und birgt hier laut ExpertInnen noch sehr viel Potenzial. Erhebung und Monitoring von Vitaldaten (Fieber-, Blutdruckmessungen etc.), Ortung von Menschen mit Demenz, Sensormatten für Bewegungs- und Sturzdetection, automatische Medikamentenspender, Bewegungs- und Lichtsensor für die Nacht oder auch automatische Türöffner – all diese Anwendungen unterstützen Pflegenden bei ihrer Arbeit und PatientInnen im

<sup>10</sup> [https://www.ooe-zukunftsakademie.at/Mediendateien/Wearables\\_Beispieler\\_2017.pdf](https://www.ooe-zukunftsakademie.at/Mediendateien/Wearables_Beispieler_2017.pdf)



Quelle: @alexey\_boldin - stock.adobe.com

Synchronisation  
von Gesundheits-  
daten zwischen  
Smartwatch und  
Smartphone

In Zukunft wird die  
Anwendung sensorbasierter  
gesundheitsrelevanter  
Wearables und Textilien in  
Vorsorge, Versorgung und  
Pflege noch deutlich  
steigen.

Alltag. Dazu zählt natürlich auch der Bereich des **umgebungsunterstütztes Wohnen** (AAL) (siehe auch Kapitel 2.1 Wohnen).

In der Gesundheitstechnologie der Zukunft spielt die **Quantensensorik** eine große Rolle, da sie Messungen in technisch bis jetzt nicht möglicher Genauigkeit verspricht. Die Sensoren erreichen eine Auflösung im Nanometerbereich und sind so empfindlich, dass sie einzelne Moleküle exakt messen und Strukturen von Biomolekülen entschlüsseln können. Die Nutzung von Quanteneffekten lässt also für Medizintechnik und Diagnostik, aber auch für die Pharmaindustrie hochsen-

sible und immer noch kleinere Sensoren als es aktuelle moderne Technologien vermögen, erwarten.

Die Medizintechnik kann künftig z.B. mit einer noch besseren und rascheren Krebsdiagnostik durch **Sichtbarmachung einzelner erkrankter Zellen** und Diagnose von Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder mit präzisester Steuerung von Prothesen durch ultrasensible Messungen rechnen.

Ein Beispiel aus der Forschung ist das **Projekt MetaboliQs**, an dem sieben europäische Forschungseinrichtungen beteiligt sind. Koordiniert von der deutschen Fraunhofer Gesellschaft (IAF) will man diamantenbasierte Quantensensorik mit medizinischer Bildgebung kombinieren und so die Detektion von kardiovaskulären Krankheiten verbessern.<sup>11</sup>

In Österreich läuft z.B. das **Projekt QSense4Life**, das sich mit der Systemintegration von Festkörper-Raumtemperatur-Quantensensoren beschäftigt. Das von Silicon Austria Labs GmbH koordinierte Projekt versucht u.a. zu zeigen, dass Quantensensorik wahrscheinlich noch in diesem Jahrzehnt für Anwendungen in den Bereichen personalisierte Gesundheit und Life Sciences eine Option sein könnte.<sup>12</sup>

<sup>11</sup> <https://www.metaboliqs.eu/>  
<sup>12</sup> <https://silicon-austria-labs.com/forschung/projekte/details/qsense4life/>

## 3. SENSORZUKUNFT OBERÖSTERREICH ●

Sensoren sind die Sinnesorgane des digitalen Lebens und werden für zahlreiche Anwendungen in verschiedensten Lebensbereichen vom Wohnen bis zur Gesundheit benötigt. Ziele des Einsatzes sind unter anderem die Erhöhung unserer Lebensqualität, die Förderung unserer Gesundheit bis hin zu Ressourcenschonung und Umweltschutz.

### 3.1. Ausgangslage – Unternehmen und Forschung

Dass Oberösterreich in vielen Bereichen der Sensorik eine Führungsrolle aufweist, ist in der breiten Öffentlichkeit weitgehend unbekannt. Dies kann sicherlich dadurch begründet werden, dass die Menschen bei einem bestimmten Produkt wie einem smarten Auto oder einem intelligenten Pflaster nicht an die Firma/Forschungseinrichtung denken, die diese Anwendung durch die Entwicklung entsprechender Messfühler erst ermöglicht hat.

Aus diesem Grund soll eine nicht vollständige Auswahl an heimischen Betrieben und Forschungseinrichtungen vorgestellt werden, um zu beleuchten, in welch vielfältigen Bereichen in unserem Bundesland zum Thema Sensorik geforscht und entwickelt wird.

Oberösterreich nimmt  
in vielen Bereichen der  
Sensorik eine  
Führungsrolle ein.

### **Institut für Mikroelektronik und Mikrosensorik | JKU Linz**

- Verschiedenste Sensoren und Sensorsysteme, z.B. 3D-gedruckte Sensoren
- Sensorik von Flüssigkeiten (Fluidsensorik und Mikrofluidik), wie z.B. Anwendungen im Automobilsektor oder Dosierung von Medikamenten

<https://www.jku.at/institut-fuer-mikroelektronik-und-mikrosensorik/>

### **Institut für Elektrische Messtechnik | JKU Linz**

- kapazitive, magnetische und optische Sensorik
- gedruckte Elektronik
- Ultraschallmikroskopie sowie zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

<https://www.jku.at/institut-fuer-elektrische-messtechnik/>

### **Abteilung Physik weicher Materie (SoMaP) | JKU Linz**

- Sensorsysteme in Verbindung mit flexiblen Materialien z.B. intelligente Pflaster etc.

<https://www.jku.at/institut-fuer-experimentalphysik/abteilung-physik-weicher-materie/ueber-uns/>

### **FH Oö, Hagenberg, Linz, Wels**

- intelligente tragbare Sensorik zur Detektion und Klassifikation menschlicher Bewegungsabläufe z.B. für Sturzprävention oder der Ergonomie
- Studiengang Automatisierungstechnik: Studien-zweig Sensorik & Mikrosysteme (Wels)

<https://forschung.fh-ooe.at/timed/timed-center/forschung/projekte/projekte/news/emsense-embedded-sensor-platform-for-automated-detection-of-human-motion/>

<https://www.fh-ooe.at/campus-wels/studiengaenge/bachelor/automatisierungstechnik/alle-infos-zum-studium/wahlmodule/>

### **SAL Silicon Austria Labs, Standort Science Park, Linz**

- smarte Sensor-Systeme für verschiedenste Anwendungen wie der optischen Detektion von Nanopartikeln in (Automobil-)Abgasen oder biomolekulare Analysen
- Multiphysikalische und Co-Simulation von Sensorstrukturen bis hin zu 3D-integrierten Systemen („More than Moore“), um beispielsweise die Abhängigkeiten verschiedener physikalischer Effekte zu erkennen

<https://silicon-austria-labs.com/ueber-sal/standorte/>

### **Linz Center of Mechatronics GmbH, Linz**

- Sensorik als Sinnesorgan von komplexen mechatronischen Systemen
- Fusionierte Datenverarbeitung mit Link zum Machine Learning

<https://www.lcm.at/>

### **PROFACTOR GmbH, Steyr**

- Außeruniversitäres Forschungsunternehmen mit Standorten in Steyr und Wien mit angewandter Produktionsforschung in den Schwerpunkten Industrielle Assistenzsysteme und Additive (Mikro-/Nano-) Fertigung
- Entwicklung einer neuartigen Pilotlinie für die Produktion von miniaturisierten und energiesparenden Sensoren für Autonomes Fahren (EU-Projekt TINKER)

<https://www.uar.at/de/news/news/news-detail/profactor-volle-fahrt-voraus>  
[www.profactor.at](http://www.profactor.at)

### **Infineon, Standort Linz**

- Internationaler Elektronikkonzern mit umfangreichem Produktportfolio
- Automotivesensorik z.B. für Motorsteuerungen oder Sicherheit (ABS-Airbag, ESP)
- Hochfrequenzsensorik für Smartphones, Tablets etc.
- Sicherheitsbereich

<https://www.infineon.com/cms/austria/de/>

### **RECENDT GmbH, Science Park, Linz**

- Forschungszentrum für Materialcharakterisierung und zerstörungsfreie Werkstoffprüfung
- Anwendung und Entwicklung verschiedenster Sensortechniken wie Terahertzspektroskopie, Photoakustik und Infrarotspektroskopie

<https://www.recendt.at/de/home.html>

### **sensideon GmbH, Wels**

- Sensorsysteme mit den Schwerpunkten Funk-sensorik, RFID („Funketikette“) und Telemetrie
- Spezialist für Hochtemperaturanwendungen im Industriebereich, Automotive, Maschinenbau und Metallindustrie

<https://www.sensideon.com/>

#### **E+E Elektronik, Engerwitzdorf**

- Feuchtesensoren, CO<sub>2</sub>-Sensoren, Strömungssensoren, Messumformer, Handmessgeräte
- staatlich akkreditiertes Kalibrierlabor, ist mit der Bereithaltung des „Nationalen Standards für Feuchte und Luftströmungsgeschwindigkeit in Österreich“ beauftragt

<https://www.epluse.com/de/>

#### **Smartbow GmbH, Weibern**

- Überwachungssysteme für Milchkühe (smarte Ohrmarken)

<https://www.smartbow.com/>

#### **SCIO Holding GmbH, Linz**

- Prozess- und Prototypenentwicklung für gedruckte Elektronik, smarte Sensoren

<http://scio-tec.com/>

#### **ATENSOR Engineering and Technology Systems GmbH, Steyr-Gleink**

- Erfassung von Werkstücken beispielsweise zur In-Line-Digitalisierung mit Smart3D-Sensorsystemen
- Objektive und ermüdungsfreie Inspektion kritischer Oberflächen

<https://www.atensor.at/>

#### **Frauscher Sensortechnik GmbH, St. Marienkirchen**

- Eisenbahnanwendungen wie Gleisfreimeldung, Bahnsicherung, Weichenumstellschutz, Triggern von Systemen

<https://www.frauscher.com>

#### **Hainzl Industriesysteme GmbH, Linz**

- Feuchtigkeitssensoren, Partikelmonitore, Fluidsensoren
- Sensoren für Belegungsgrad von Filtern
- Ölzustandssensoren u.v.m.

<https://www.hainzl.at>

#### **Schmachtl GmbH, Linz**

- Sensorenlösungen für Robotik
- Gebäudetechnik
- Safety u.a.

<https://www.schmachtl.at/>

#### **Seven Bel GmbH, Leonding**

- Sound Scanner für Maschinen, Fahrzeuge und Anlagen

<https://www.sevenbel.com/de/>

In enger Verbindung mit der Sensorik steht die (automatisierte und KI unterstützte) Auswertung und Interpretation von Messdaten, wie zum Beispiel durch das RISC Research Institute for Symbolic Computation, JKU oder das SCCH Software Competence Center Hagenberg.

<https://risc-software.at/>

<https://www.scch.at/>

Diese unvollständige Aufstellung<sup>13</sup> zeigt, dass Oberösterreich bereits jetzt in vielen Zukunftsbereichen der digitalen Transformation wie dem Automotive-Sektor, dem smarten Wohnen, dem Umweltschutz oder der Gesundheit stark präsent ist. Dies stellt eine hervorragende Basis für künftige Forschungen sowie für die Umsetzung der daraus erhaltenen Ergebnisse in innovative Produkte und Dienstleistungen dar.

Oberösterreich ist in  
vielen Zukunftsbereichen  
der digitalen Transformation  
wie dem Automotive-Sektor,  
dem smarten Wohnen,  
dem Umweltschutz oder der  
Gesundheit stark präsent.

<sup>13</sup> Für weitere relevante Unternehmen siehe die Partnerdatenbank des Mechatronik-Clusters, Eingabe: „Sensoren“ in Suchfeld: <https://www.mechatronik-cluster.at/partnerunternehmen-im-mc/unsere-partnerdatenbank-ihre-erfolgspartner#ecx-detailform>

## 3.2. Impulse für Oberösterreich

Die Bedeutung der Sensorik für die künftige Entwicklung unseres Landes spiegelt sich auch in den Handlungsfeldern der Wirtschafts- und Forschungsstrategie des Landes Oberösterreich **#upperVISION2030**<sup>14</sup> wider.

In den dort beschriebenen Handlungsfeldern

- Digitale Transformation
- Effiziente und nachhaltige Industrie und Produktion
- Systeme und Technologien für den Menschen
- Vernetzte und effiziente Mobilität

spielen Sensoren bzw. die Auswertung der mit Sensorik erhaltenen Messdaten eine zentrale Rolle, sodass eine Fortführung der entsprechenden sensorbezogenen Forschungen naturgegeben empfehlenswert ist. Namentlich angeführt werden sollen hier besonders die Bereiche **Industrie 4.0, Medizintechnik, Umwelttechnik, Sicherheit und Automotive**. Diese werden auf Grund der Megatrends, die auf unsere Gesellschaft einwirken, wie dem demografischen Wandel oder der Individualisierung, noch an Bedeutung gewinnen.

In Hinblick auf die derzeitigen in Oberösterreich bestehenden Forschungsschwerpunkte und vorhandenen wirtschaftlichen Potenziale könnten zusätzlich zu den bereits in **#upperVISION2030** angeführten Punkten wie dem Zentrum für Medizinische Daten/Sensorik folgende Schwerpunktsetzungen erfolgversprechend sein:

- Sensorlösungen für **energieautarke Systeme, Smart Grids** sowie für die **Wasserstofftechnologie** für ein künftiges nachhaltiges Energiesystem.
- Im Bereich Automotive und den dazugehörigen Sensorkomponenten ist Oberösterreich bereits jetzt schon sehr aktiv. Künftig könnten Entwicklungen vermehrt auch in Hinblick auf **intelligente Straßen** und **Infrastrukturen** gestärkt werden.
- Durch die **Forcierung erneuerbarer Rohstoffe** für die Energieversorgung, aber auch zur Substitution mineralölhaltiger Materialien braucht es **verfahrenstechnische Lösungen**, die auf neuartige Sensoren für diese speziellen Messaufgaben angewiesen sind.
- Um strenge **Umweltauflagen** einzuhalten und die verschärften **Klimaziele** erreichen zu können, ist insbesondere ein Industriebundesland wie Oberösterreich auf eine hervorragende **Mess- und Regelungstechnik** mit präzisen Sensoren angewiesen.
- Verbreiterung der Sensorforschungen für Licht- und Schalltechnologien (**Photonik, Photoakustik, Terahertztechnik**) für berührungsfreie Analysen in verschiedensten industriellen Anwendungen (Werkstoffprüfung) dienen der Erhöhung von Effizienz und Ressourcenschonung in der Produktion (vgl. auch Oö. Zukunftsakademie (Hrsg.), 2018<sup>15</sup>).
- Nicht nur bei privaten **Wohnhäusern**, sondern auch in **Büro- und Produktionsgebäuden** wird das Thema Smart Buildings an Bedeutung gewinnen, z.B. in Form von **berührungssensitiven Wänden oder druckempfindlichen Böden**, die einen erheblichen Bedarf an intelligenten und u.U. **3-D gedruckten Sensoren** nach sich ziehen werden.
- Mit Blick auf den für die nächsten Jahrzehnte prognostizierten Anstieg älterer und pflegebedürftiger Menschen in Oberösterreich sind **unterstützende Sensortechnologien in der Pflege** ein zukunftsrelevanter Aspekt – sowohl für Optimierungen beim Einsatz in der Praxis als auch in der Pflege- und Demenzforschung sowie -beratung. Auf dem Weg zum „demenzfreundlichsten Bundesland“<sup>16</sup> kann Sensortechnologie ein wichtiger Baustein sein und sollte in der Demenzstrategie Oberösterreich und im geplanten Demenzkompetenzzentrum für Oberösterreich entsprechende Beachtung finden.

<sup>14</sup> <https://www.uppervision.at/>

<sup>15</sup> <https://www.ooe-zukunftsakademie.at/zukunftstechnologie-photonik-licht-als-innovator-230.htm>

<sup>16</sup> <https://www.nachrichten.at/meine-welt/gesundheit/demenzstrategiefueroberoesterreich;art114,3435074>

## Die Bedeutung der Sensorik für die künftige Entwicklung unseres Landes spiegelt sich in der Wirtschafts- und Forschungsstrategie des Landes Oberösterreich #upperVISION2030 wider.

- Die Optimierung **des Ertrages und der Qualität von Lebensmitteln und Bio-Rohstoffen** für die Industrie ist ein weltweites Thema, für das eine Fokussierung interessant erscheint. Künftig könnten beispielsweise auf (Mikro-)Nährstoffe sensible Sensoren die Zusammensetzung von Nährflüssigkeiten im Rahmen des bedeutender werdenden „Vertical Farmings“ noch exakter analysieren – mit dem Ziel der Ressourcenschonung und des Klimaschutzes.

Zu einer generell erhöhten Akzeptanz der „Sensorik überall“ in der breiten Bevölkerung könnten auch Forschungen zu einer **Verringerung des Anteils an toxikologisch bedenklichen und hinsichtlich der Beschaffung kritischen Stoffen** führen. Dies betrifft sowohl die Sensoren selbst, aber auch die damit verbundenen elektronischen Bauteile, Batterien etc. und würde die **Recyclingfähigkeit** sensorbestückter Produkte vorantreiben. In der Praxis vorkommende Beispiele sind **batteriebestückte Reifendrucksensoren**, die das Gummirecycling erschweren, oder **smarte Lebensmittelverpackungen**, deren elektronische Bauteile das Kunststoffrecycling stören.

Oberösterreich könnte in Anbetracht des derzeitigen Booms von europäischen Chipfabriken<sup>17</sup> zur Forcierung einer starken europäischen Elektronikindustrie an ein **großes Sensorwerk in der Dimension eines Leitbetriebes** denken.

**Sensoren sind die „Sinnesorgane“ der digitalen Vernetzung. Sie machen smarte Funktionen im Bereich Wohnen, Gesundheit oder Industrie erst möglich.**

**Sie sind Herzstück des Internets der Dinge und zentrale Bestandteile des autonomen Fahrens.**

**Leistungsfähige Sensoren sind ein immens wichtiger Teil unserer (digitalen) Zukunft.**

Abschließend und weiter in die Zukunft gedacht verspricht die Entwicklung neuer **Detektionsprinzipien für Sensoren** spannende Chancen für die heimische Grundlagenforschung und spätere neuartige Anwendungen. Ein entsprechendes aktuelles internationales Beispiel ist die Entwicklung von **Quanten-Diamantsensoren**<sup>18</sup>, deren künftige biomedizinische Anwendungen auf komplett neue Zugänge zur **Krebsdiagnose** abzielen. Dies soll durch die Detektion von Proteinen einzelner erkrankter Zellen mittels mikroskopisch kleiner Diamanten erfolgen, die für die magnetischen Einflüsse aus der unmittelbaren Umgebung empfindlich sind.

Weitere denkbare Anwendungsmöglichkeiten für die hochpräzisen Quantensensoren umfassen **autonome Fahrzeuge**, die um Ecken sehen können, **Unterwasser-Navigationssysteme**, **Frühwarnsysteme** für vulkanische Aktivität und Erdbeben sowie **tragbare Scanner**, die die Hirnaktivität einer Person im Alltag überwachen.<sup>19</sup> Und nicht zuletzt führen neuartige Messprinzipien in den Naturwissenschaften häufig zu komplett unerwarteten Ergebnissen, die zur Entdeckung bislang unbekannter Phänomene und daher zum generellen **Fortschritt der Naturwissenschaften** beitragen.

<sup>17</sup> [https://www.deutschlandfunk.de/plaene-zu-eu-chipfabrik-halbleiter-experte-eu-sollte-auf.769.de.html?dram:article\\_id=496817](https://www.deutschlandfunk.de/plaene-zu-eu-chipfabrik-halbleiter-experte-eu-sollte-auf.769.de.html?dram:article_id=496817)

<sup>18</sup> <https://www.nature.com/articles/d41586-021-00742-4>

<sup>19</sup> <https://www.spektrum.de/news/quantensensoren-messen-mit-hoehster-precision/1807001>

## 4. QUELLENVERZEICHNIS ●

- AAMPACT e.V., 2021: Antiblockiersystem (ABS)  
<https://www.mein-autolexikon.de/bremse/antiblockiersystem-abs.html>
- ACE Handels- und Entwicklungs GmbH, 2021:  
Info: Funktionsprinzipien Sensoren  
<https://www.gasmesstechnik.de/category/info-funktionsprinzipien-sensoren.12230.html>
- ADAC, 2020: Assistenzsysteme: So können sie Autofahrer entlasten  
<https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/assistenzsysteme/fahrerassistenzsysteme/>
- Baluff, 2020: Funktion, Aufbau und Technologien von Sensoren  
<https://www.balluff.com/local/ch/service/basics-of-automation/fundamentals-of-automation/basic-of-sensing/>
- Baumer, 2021: Funktionsweise und Technologie von Füllstandssensoren  
[https://www.baumer.com/de/de/service-support/funktionsweise/funktionsweise-und-technologie-von-fullstandssensoren/a/Know-how\\_Function\\_Level-sensors](https://www.baumer.com/de/de/service-support/funktionsweise/funktionsweise-und-technologie-von-fullstandssensoren/a/Know-how_Function_Level-sensors)
- BEA, 2021: Sensorlösungen in öffentlichen Verkehrsmitteln  
<https://eu.beasensors.com/de/segment/public-transportation-solutions/>
- Blickfeld Blog, 2020: Sensorfusion – Schlüsselkomponenten für autonomes Fahren – Artikel von Florian Petit  
<https://www.blickfeld.com/de/blog/sensorfusion/>
- Bosch, 2021: Sensoren: Aufgaben, Arten und Einsatzbereiche  
<https://www.bosch-homecom.com/de/de/info-center/lexikon/sensor/>
- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018: Strategische Analyse der Möglichkeiten zur stärkeren Industrialisierung der Ergebnisse der österreichischen Quantenforschung. Endbericht  
<https://www.bmk.gv.at/themen/innovation/publikationen/ikt/quantentechnologie.html>
- Business Upper Austria, 2021:  
Partnerdatenbank Mechatronik-Cluster  
<https://www.mechatronik-cluster.at/partnerunternehmen-im-mc/unsere-partnerdatenbank-ihre-erfolgspartner#ecx-detailform>
- Business Upper Austria, 2021:  
Wirtschafts- & Forschungsstrategie OÖ #upperVISION2030  
<https://www.uppervision.at/>
- Deutschlandfunk, 2021: Halbleiter-Experte: EU sollte auf Chip-Design statt auf Produktion setzen  
[https://www.deutschlandfunk.de/plaene-zu-eu-chipfabrik-halbleiter-experte-eu-sollte-auf.769.de.html?dram:article\\_id=496817](https://www.deutschlandfunk.de/plaene-zu-eu-chipfabrik-halbleiter-experte-eu-sollte-auf.769.de.html?dram:article_id=496817)
- Fachhochschule Kärnten, Forschungsgruppe Active & Assisted Living, 2021: SENSHOME. Sensors for Special Environments. The house as normal as possible and as special as necessary  
<https://forschung.fh-kaernten.at/aal/senshome/>
- Feuchtigkeits-Sensoren, 2021:  
Informationen zu Feuchtigkeitsensoren  
<https://feuchtigkeits-sensoren.de/>
- Fraunhofer-Institut für angewandte Festkörperphysik (IAF), 2021:  
MetaboliQs - Leveraging room temperature diamond quantum dynamics to enable safe, first-of-its-kind, multimodal cardiac imaging  
<https://www.metaboliqs.eu/>
- Fraunhofer-Institut für angewandte Festkörperphysik (IAF), 2021:  
Quantensensorik am Fraunhofer IAF  
<https://www.iaf.fraunhofer.de/de/forscher/quantensysteme/quantensensorik.html>
- Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB), 2021: Biosensorik  
<https://www.igb.fraunhofer.de/de/forschung/zell-und-gewebetchnologien/biosensorik.html>
- Freie Universität Bozen, 2021: SENSHOME. The house „as normal as possible and as special as necessary“.  
<https://senshome.projects.unibz.it/>
- Gasteiner, Johann, 2019: Technik und Elektronik zur Überwachung des Herdenmanagements und der Tiergesundheit bei Milchkühen am Beispiel des Pansen-Sensors. Vortrag im Rahmen der Veranstaltung des Silicon Alps Clusters: 68. Digitaldialog „Digitalisierung in der Landwirtschaft“ am 29. Oktober 2019 in Graz  
<https://www.silicon-alps.at/veranstaltungen/68-digitaldialog-digitalisierung-in-der-landwirtschaft/>
- Heise online, 2018: Lidar sieht erstmals auch im Nebel besser als der Mensch  
<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Lidar-sieht-erstmal-auch-im-Nebel-besser-als-der-Mensch-4109539.html>
- Helmholtz – Zentrum für Umweltforschung (UFZ), 2021: Biosensoren – Entwicklung und Applikation
- Hüthig GmbH, 2017: Ströme messen mit innovativen Sensoren - Fachartikel von Dr. Klaus Sander  
<https://www.all-electronics.de/stromsensoren/>
- Hütter, Mario, 2019: Chancen der Digitalisierung nutzen – Technologien zweckmäßig verwenden. Vortrag im Rahmen der Veranstaltung des Silicon Alps Clusters: 68. Digitaldialog „Digitalisierung in der Landwirtschaft“ am 29. Oktober 2019 in Graz  
<https://www.silicon-alps.at/veranstaltungen/68-digitaldialog-digitalisierung-in-der-landwirtschaft/>
- induux, 2021: Sensoren  
<https://wiki.induux.de/Sensoren>
- Keyence Corporation, 2021: Was ist ein optischer Sensor?  
<https://www.keyence.eu/dede/ss/products/sensor/sensorbasics/photoelectric/info/>

- kfztech.de, 2021: Sensoren im Auto  
<https://www.kfztech.de/kfztechnik/elo/sensoren/sensoren.htm>
- Nature, 2021: Quantum diamond sensors  
<https://www.nature.com/articles/d41586-021-00742-4>
- Netatmo, 2021: Wie funktioniert ein Bewegungssensor?  
<https://www.netatmo.com/de-at/guides/security/burglary/solutions/motion-sensor>
- ÖBB Infra, 2021: Zuglaufcheckpoints  
<https://infrastruktur.oebb.at/de/informationen-und-mehr/bahn-erleben/zug-erkaert/zuglaufcheckpoints>
- OÖ Nachrichten, 2021: „Demenzstrategie“ für Oberösterreich  
<https://www.nachrichten.at/meine-welt/gesundheits/demenzstrategie-fuer-oberoesterreich;art114,3435074>
- Oö. Zukunftsakademie (Hrsg.), 2017: Wearables & Co – elektronische Kleinstsysteme mit großer Zukunft  
[https://www.ooe-zukunftsakademie.at/Mediendateien/Wearables\\_Beispiele\\_2017.pdf](https://www.ooe-zukunftsakademie.at/Mediendateien/Wearables_Beispiele_2017.pdf)
- Oö. Zukunftsakademie (Hrsg.), 2018: Zukunftstechnologie Photonik – Licht als Innovator  
[https://www.ooe-zukunftsakademie.at/Mediendateien/Photonik\\_Zukunftsthema\\_2018.pdf](https://www.ooe-zukunftsakademie.at/Mediendateien/Photonik_Zukunftsthema_2018.pdf)
- Oö. Zukunftsakademie (Hrsg.), 2021: Zukunftsglossar  
<https://www.ooe-zukunftsakademie.at/zukunftsglossar-772.htm>
- PCB Synotech GmbH, 2021: Sensoren für Luft- und Raumfahrt  
[https://www.synotech.de/produkte\\_skript/downloads/marketing/SYN\\_Sensoren%20fuer%20Luft-%20und%20Raumfahrt\\_Applikationsbroschue-re\\_DEU\\_1406.pdf](https://www.synotech.de/produkte_skript/downloads/marketing/SYN_Sensoren%20fuer%20Luft-%20und%20Raumfahrt_Applikationsbroschue-re_DEU_1406.pdf)
- Prankl, Heinrich, 2019: Smart Farming – Neue Technologien verändern die Landwirtschaft. Vortrag im Rahmen der Veranstaltung des Silicon Alps Clusters: 68. Digitaldialog „Digitalisierung in der Landwirtschaft“ am 29. Oktober 2019 in Graz  
<https://www.silicon-alps.at/veranstaltungen/68-digitaldialog-digitalisierung-in-der-landwirtschaft/>
- RN-Wissen, 2021: Sensorarten  
<https://rn-wissen.de/wiki/index.php/Sensorarten>
- RS Components, 2021: Überblick über Sensoren  
<https://at.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=ideen-und-tipps/sensoren-leitfaden>
- Sensitec GmbH, 2021: Interessante Anwendungen aus dem Bereich Bio- und Medizintechnik  
<https://www.sensitec.com/de/anwendungen/bio-medizintechnik>
- Silicon Austrian Labs (SAL), 2021: QSENSE4LIFE  
<https://silicon-austria-labs.com/forschung/projekte/details/qsense4life/>
- Spektrum.de, 2020: Die Welt mit höchster Präzision vermessen  
<https://www.spektrum.de/news/quantensensoren-messen-mit-hoehster-praezision/1807001>
- Spektrum.de, 2021: akustische Sensoren  
<https://www.spektrum.de/lexikon/physik/akustische-sensoren/330>
- Springer Gabler – Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2021: Smart Home. In: Gabler Wirtschaftslexikon.  
<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/smart-home-54137>
- Stadt Wien, 2021: Mit der U5 vom Karlsplatz bis Hernalis  
<https://u2u5.wien.gv.at/die-neue-u5/>
- TE Connectivity, 2021: Arten von Sensoren  
<https://www.te.com/deu-de/products/sensors.html>
- Temperatur Profis, 2020: Temperatursensor Funktionsweise: wie funktionieren Temperaturfühler?  
<https://temperatur-profis.de/wissen/temperaturfuehler/temperatursensor-funktionsweise/>
- TME, 2020: Wie funktioniert und was ist ein Beschleunigungssensor?  
<https://www.tme.eu/at/news/library-articles/page/22568/Wie-funktioniert-und-was-ist-ein-Beschleunigungssensor/>
- Variom, 2020: Funktionsprinzip des Drucksensors  
<https://www.variom.de/presse/news-archiv/funktionsprinzip-des-druck-sensors>
- VDMA Forum Industrie 4.0 und Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wbk Institut für Produktionstechnik, 2018: Leitfaden Sensorik für Industrie 4.0  
[https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/23965916/Leitfaden\\_Sensorik\\_I40\\_1520527273290.pdf/09b7ac94-bbe2-4fdd-a258-00c90c9d1e4d](https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/23965916/Leitfaden_Sensorik_I40_1520527273290.pdf/09b7ac94-bbe2-4fdd-a258-00c90c9d1e4d)
- Viessmann Climate Solutions Berlin GmbH, 2020: Der Durchflussmesser für die Heizung  
<https://heizung.de/heizung/wissen/der-durchflussmesser-fuer-die-heizung/>
- Vogel Communications Group, 2019: Wie Sensoren funktionieren und wo sie eingesetzt werden  
<https://www.elektrotechnik.vogel.de/wie-sensoren-funktionieren-und-wo-sie-eingesetzt-werden-a-713477/>
- RS Components, 2021: Was ist ein Hall-Effekt-Sensor?  
<https://at.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=ideen-und-tipps/hall-sensoren-leitfaden>
- Wissenschaftlicher Dienst des Europäischen Parlaments, Referat Wissenschaftliche Vorschau, 2016: Präzisionslandwirtschaft und die Zukunft der Landwirtschaft in Europa. Wissenschaftliche Vorschau  
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS\\_STU\(2016\)581892\\_DE.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU(2016)581892_DE.pdf)

**Die technologische Entwicklung von Sensoren beeinflusst unsere Zukunft maßgeblich.**

**Im ZAK-Themenreport werden Funktionsweise und Zukunftspotenzial von Sensoren im interdisziplinären Anwendungsumfeld dargestellt.**

- Welche Arten von Sensoren gibt es und wie funktionieren sie?
- Wo werden sie eingesetzt und wie sehen künftige Einsatzmöglichkeiten aus?

## **IMPRESSUM ●**

**Medieninhaber und Herausgeber:** Amt der Oö. Landesregierung, Direktion Präsidium, Oö. Zukunftsakademie, Kärntnerstraße 10-12, 4021 Linz, Tel.: +43 732 7720 14402, E-Mail: zak.post@ooe.gv.at, ooe-zukunftsakademie.at • **Redaktion:** Mag.<sup>a</sup> Dr.<sup>in</sup> Reingard Peyrl, MSc (Projektleitung), DI Dr. Klaus Bernhard, Mag.<sup>a</sup> Simone Hüttmeir • **Grafik:** Conquest Werbeagentur, Leonding • **Auflage:** September 2021 • **Titelfoto:** @Ink Media – stock.adobe.com • **Druck:** Druckerei Haider, Schönau i.M.

Informationen zum Datenschutz finden Sie unter:  
<https://www.land-oberoesterreich.gv.at/datenschutz>

