

MIT SMARTEN SYSTEMEN FLEXIBEL IN DIE ZUKUNFT

Adaptronische Anwendungen in den Bereichen

- Urbanisierung
- Produktion
- Mobilität



 **Fraunhofer**
IIS

 **Fraunhofer**
IEM

 **Fraunhofer**
IST

 **Fraunhofer**
LBF

 **Fraunhofer**
IWU

 **Fraunhofer**
IKTS

GESCHÄFTSBEREICH
ADAPTRONIK:

info@adaptronik.fraunhofer.de
www.adaptronik.fraunhofer.de

KONTAKT

Fraunhofer LBF
Postfach 10 05 61
64205 Darmstadt
Tel.: 06151 705-236

LIEBE LESER*INNEN,

in den vergangenen 15 Jahren haben wir unsere Kompetenzen bei Fraunhofer im Bereich der smarten Strukturen in der Fraunhofer Allianz Adaptronik gebündelt. Zu Beginn des Jahres 2021 haben wir diese in den Geschäftsbereich Adaptronik bei Fraunhofer überführt und stellen uns damit neu auf, um unsere Kunden flexibel und noch gezielter bei der Gestaltung ihrer hochwertigen, funktionalen, sicheren und nachhaltigen Produkte und Prozesse zu unterstützen.

Einige von Ihnen werden sich fragen: Was ist Adaptronik überhaupt? Die Adaptronik zielt auf die selbsttätige Reaktion und Anpassung von Systemen an sich verändernde Bedingungen ab. Hierzu wird die Kopplung von Methoden der Regelungstechnik und der modernen Signalverarbeitung mit der physischen Welt über integrierte sensorische und aktorische Funktionen realisiert. Auch Elemente der virtuellen Welt sind zunehmend Bestandteil adaptronischer Systeme. Werden solche Systeme bereits in der frühen Entwicklungsphase ganzheitlich betrachtet und ausgelegt, können optimierte Produkteigenschaften erreicht werden.

Der Geschäftsbereich Adaptronik bietet langjährige Expertise und Know-how in der interdisziplinären Forschung und Entwicklung von smarten Komponenten und Systemen – vom Funktionsmaterial über Signalverarbeitung und Elektronik bis hin zur Produktionstechnik – und erschließt gemeinsam mit Ihnen neue Dimensionen.

In diesem Konzeptpapier adressieren wir zum einen die globalen Herausforderungen der kommenden Jahre und Jahrzehnte. Zum anderen stellen wir Möglichkeiten der Adaptronik vor, mit denen wichtige gesellschaftliche und wirtschaftliche Fragestellungen der Zukunft zum Wohl des Menschen nachhaltig gelöst werden können. Wir skizzieren Potenziale für zukünftige Märkte und zeigen mit Adaptronik generierbare Mehrwerte auf. Dies verdeutlichen wir anhand von drei Anwendungsbeispielen aus den Bereichen Urbanisierung, Produktion und Mobilität. In allen drei Bereichen finden derzeit Veränderungsprozesse mit hoher Dynamik statt, die neue, innovative Produkte erfordern.

Lassen Sie uns dies gemeinsam angehen.

Ich wünsche Ihnen viel Freude, Spaß und Inspiration beim Lesen und freue mich über spannende Gespräche mit Ihnen.



Dr.-Ing. Sven Herold



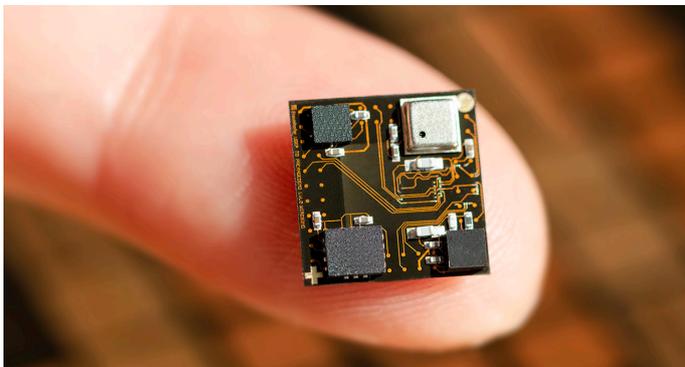


Adaptronik ermöglicht zukunftsweisende Systeme und Technologien zum Wohle der Menschheit.

Globale Herausforderungen

Eine stabile Lebensqualität ermöglichen

Die rasanten Entwicklungen der letzten Jahre und Monate hatten weltweit Auswirkungen auf Gesellschaft, Wirtschaft und Ökologie. Diese Innovationsdynamik zu nutzen und dabei gleichzeitig Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft und Politik nachhaltig zu gestalten, stellt eine der großen Herausforderungen der kommenden Jahrzehnte dar.



Integrierte Sensorik zur Erfassung von Umweltdaten

Ziele von Forschung und Wissenschaft

Im Zeitalter von künstlicher Intelligenz (KI) und »Dataismus« befindet sich die Welt in einem radikalen Umbruch. Teile der Bevölkerung werden von Entwicklungsdynamik und Innovationssprüngen überrollt. Dabei helfen gesammelte Daten, autonome Systeme und intelligente Algorithmen das Leben zu vereinfachen und globale Herausforderungen zu lösen. Auch die Hightech-Strategie 2025 der Bundesregierung adressiert »Forschung und Innovation für die Menschen«. Hierfür sollen in Forschung und Entwicklung (FuE) 3,5 Prozent des Bruttoinlandsproduktes (BIP) investiert werden. Die Hightech-Strategie und das Leitbild der Fraunhofer-Gesellschaft haben gleichlautende Ziele, durch Forschung zu einer nachhaltigen Entwicklung im Sinne einer ökologisch intakten, ökonomisch erfolgreichen und sozial ausgewogenen Welt beizutragen. Wissenschaft und Forschung müssen globale Risiken und Herausforderungen wie »Gesundheit und Pflege«, »Sicherheit«, »Stadt und

Land«, »Nachhaltigkeit, Klimaschutz und Energie« sowie »Wirtschaft und Arbeit 4.0« unter Einbindung der Vernetzung vieler smarterer Systeme zum Wohl des Menschen in den Fokus ihres Handelns rücken.

Smarte Systeme der Zukunft

Die wichtigsten Eigenschaften smarterer Systeme sind:

- Sie erfassen Ihre Umwelt mittels integrierter Sensorik.
- Sie sind in der Lage diese Informationen zu analysieren, zu bewerten und eigenständig Entscheidungen abzuleiten.
- Sie reagieren mittels Aktorik direkt und passen Funktionen nahezu ohne Zeitverzug optimal an.

Der Mensch als Vorbild für vernetzte Systeme

Wenn viele smarte Systeme gemeinsam wirken, vereinfachen sie Prozesse, steigern deren Effizienz und führen zu deutlichen Mehrwerten. Hier kann der Mensch als Analogon für die Vernetzung intelligenter bzw. smarterer Systeme dienen. Die fünf Sinne des Menschen, die Echtzeitverarbeitung im Gehirn sowie über 650 Muskeln des Menschen sind perfekt aufeinander abgestimmt und funktionieren nahezu fehlerfrei. Zusätzlich ist das menschliche System lern- und adaptionsfähig und berücksichtigt bei der Entscheidungsfindung ethische sowie soziale Aspekte. Diese Perfektion, Präzision und Funktionalität des menschlichen Körpers stellt ein Ideal für zukünftige adaptronische Systeme dar.



Mithilfe verteilter, vernetzter Funktionen gelingt es autonome Systeme zu schaffen. In vielen Bereichen und Branchen ist dies bereits ein wichtiger Bestandteil aktueller Entwicklungen und wird in zukünftigen Anwendungen die Lebensqualität des Menschen sichern und verbessern.



Adaptronik integriert neue Technologien und erschafft innovative Produkte für smarte Anwendungen.

WAS ADAPTRONIK MÖGLICH MACHT

ADAPTRONIK ALS ESSENTIELLES ELEMENT

Der Einsatz von Adaptronik erlaubt Anwendern nicht nur unterschiedliche physikalische Phänomene mit verteilten Sensoren zu erfassen und mit modernen Algorithmen der Signalverarbeitung (z.B. maschinelles Lernen) automatisiert zu bewerten, sondern mittels integrierter Aktoriken auch jederzeit selbstständig zu reagieren und damit optimale Funktionen sicherzustellen.

SENSOREN UND AKTOREN SIND »ENTSCHEIDEND«

Dies wird über Entscheidungen intelligenter Signalverarbeitungen basierend auf fusionierten Sensordaten erreicht, die Systemen möglichst in Echtzeit über verteilte energieeffiziente Aktoriken mitgeteilt werden. Zukünftig können dabei neue Sensoren und Aktoren sogar zur Laufzeit im Sinne einer Plug&Play-Fähigkeit eingebunden werden. Voraussetzung hierfür ist ein ganzheitliches Systemverständnis inklusive der von außen einwirkenden Randbedingungen. Die intelligenten Signalverarbeitungsstrukturen und Regelalgorithmen befähigen zukünftige Adaptroniksysteme neue Optimierungsdimensionen zu erschließen. Durch aktorische Funktionen erfolgt deren direkte Umsetzung in optimale Systemeigenschaften sowie effiziente Betriebsmodi. Damit werden innovative selbstkonfigurierende, autonom sichere und nachhaltig agierende Systemlösungen geschaffen.

MEHR MÖGLICHKEITEN MIT INNOVATIONEN MATERIALIEN

Für die Realisierung und die Beherrschung der Komplexität dieser Systeme sind angepasste und neue interdisziplinäre Entwicklungsprozesse notwendig, die den gesamten Lebenszyklus der Produkte berücksichtigen. Einen wichtigen Beitrag zur Realisierung solcher Systeme liefern innovative Materialien, Werkstoffsysteme und Fertigungsverfahren (z.B. softe Polymerwandler, hybride und biobasierte Werkstoffe oder die additive Fertigung), die gänzlich neue Möglichkeiten der Gestaltung, Funktionsintegration, Energie wandlung und Informationsverarbeitung bieten.



Adaptronik Systeme ermöglichen einen autonomen, sicheren und nachhaltigen Transport.

NEUE TECHNOLOGIEN – MEHR KOMPLEXITÄT

Mit dem technologischen Wandel ist außerdem ein starker Zuwachs von Komplexität und Interaktion neuer Produkte verbunden. Prozesse in Forschung und Entwicklung sind deshalb so zu gestalten, dass Produkte in definierten Kostenrahmen effizienter und immer schneller entwickelt und abgesichert werden können. So werden mit Digitalisierung und Industrie 4.0 zwei der Möglichkeiten adressiert, Produktinnovationen umzusetzen und beschleunigte und schlanke Entwicklungs-, Dienstleistungs- und Produktionsprozesse nachhaltig zu gestalten.



Adaptronische Prinzipien befähigen technische Anwendungen und Prozesse sicher, flexibel, zuverlässig und autonom zu agieren. Integrierte sensorische und aktorische Funktionen stellen dabei die Verknüpfung von Industrie 4.0 und künstlicher Intelligenz mit der physischen Welt sicher.



Adaptronik ist überall dort einsetzbar, wo selbstkonfigurierende, sichere und nachhaltige Systeme gebraucht werden.

POTENZIELLE ZUKÜNFTIGE MÄRKTE, ANWENDUNGEN, MEHRWERTE

MÄRKTE

Märkte und Bedarfe für Adaptronik ergeben sich dort, wo innovative selbstkonfigurierende, autonom sichere und nachhaltig agierende Systemlösungen gebraucht werden. Damit sind adaptronische Lösungen und Systeme für zahlreiche Zielgruppen interessant und können branchenübergreifend vielfältig gewinnbringend eingesetzt werden. Neue Märkte werden durch Fusionierung adaptronischer Systeme mit anderen innovativen technologischen Entwicklungen, z.B. im Bereich der Informationstechnologie, erschlossen. Abhängig von der jeweiligen Zielgruppe, deren Technologieangebot und Problemstellung eröffnen sich enorme Wachstumspotenziale und Auftragsvolumen.

ANWENDUNGEN

Mit der konsequenten Anwendung adaptronischer Prinzipien lassen sich für die geschilderten globalen Herausforderungen gänzlich neue Lösungsansätze entwickeln und gestalten. Durch Einsatz und Synergien bestehender und neuer, innovativer Technologien können interdisziplinär sowohl Forderungen nach mehr Spezialisierung und Individualisierung in der Produktion bedient, als auch Prozesse und Produkte effizienter und nachhaltiger gestaltet werden. Vor allem die Integration von Sensoren und Aktoren in bestehende Systeme ermöglicht in Verbindung mit intelligenter Signalverarbeitung eine erhöhte Wertschöpfung durch zusätzliche Funktionalität. Dies eröffnet neue Möglichkeiten, z.B. in Bauwesen und Infrastruktur mittels Strukturüberwachung die Sicherheit zu erhöhen, indem Schadensursachen aktiv entgegengewirkt wird oder im Sinne der prädiktiven Wartung frühzeitig notwendige Eingriffe getätigt werden können. Zudem können betriebsoptionale Strukturlösungen und neuartige Leichtbauweisen überhaupt erst durch den Einsatz adaptronischer Systeme realisiert werden.

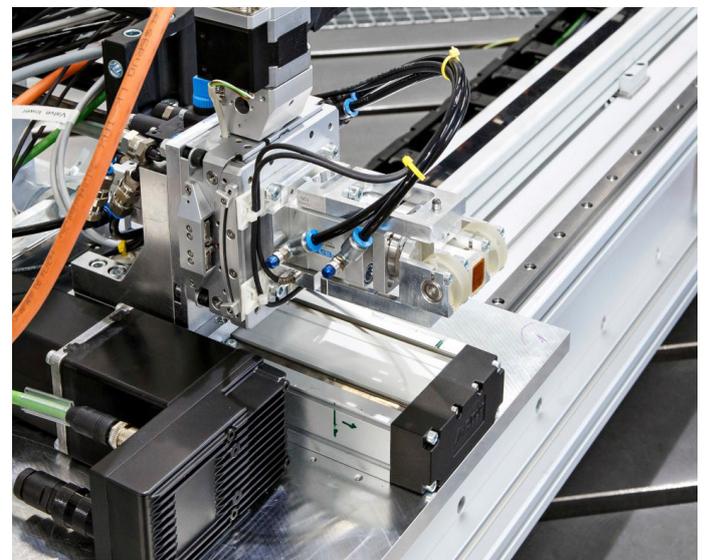
MEHRWERTE

Ein Zusammenschluss sämtlicher Systeme in übergeordneten Cloud-Netzwerken sowie moderne datengetriebene Analysemethoden schaffen neue Synergien zwischen Einzelkom-

ponenten, mit denen sich nicht nur im Rahmen von Industrie 4.0, sondern auch in gesellschaftlicher Hinsicht Mehrwerte generieren lassen. Wünsche nach Selbstoptimierung und Komfort im privaten wie alltäglichen Leben sowie gesundheits- und sicherheitsrelevante Themen für zukünftige urbane Räume benötigen innovative Ansätze, für die die Adaptronik passende Lösungen anbietet. Im Folgenden werden hierfür drei konkrete Anwendungsbeispiele aufgezeigt.



Die Ansätze der Adaptronik ermöglichen nicht nur die Beherrschung des technologischen Wandels, sondern verknüpfen neue Technologien zu Innovationstreibern für die Produkte von Morgen.



Vorausschauende Wartung zur frühzeitigen Identifikation von Strukturänderungen auf Basis elektromechanischer Impedanz-Messung mittels eines innovativen Messkopfes zur zerstörungsfreien Strukturüberwachung



Smarte Sensoren erhöhen Intelligenz und Effizienz in Bauwerken und Versorgungsleitungen.

ANWENDUNGSBEISPIEL 1: URBANISIERUNG

URBANISIERUNG UND ENERGIEWENDE

Wohn- und Bürogebäude verursachen derzeit bis zu 40 Prozent des Primärenergieverbrauchs. Im Rahmen der Energiewende sollen sie wesentlich effizienter werden und teilweise auch selbst als Energieproduzenten fungieren. Gleichzeitig ziehen jedoch weltweit immer mehr Menschen in städtische Siedlungsräume. Dadurch wird die städtische Infrastruktur hoch ausgelastet bzw. teilweise überlastet. Zielkonflikte ergeben sich dabei häufig nicht nur beim



Hohe System- und Strukturintegration ermöglicht eine Steigerung der Energieeffizienz sowie Verbesserungen bei Komfort und Raumklima.

Transport von Menschen und Gütern, sondern insbesondere auch bei der Versorgung mit Strom, Gas und Wasser. Zusätzlich werden an die städtische Infrastruktur hohe Zuverlässigkeitsanforderungen gestellt, da sie das Rückgrat für den urbanen Lebensraum ist. Adaptronische Komponenten ermöglichen eine intelligente Datenerfassung und eröffnen so entsprechende Steuerungsmöglichkeiten.

SENSOREN IN GEBÄUDEN

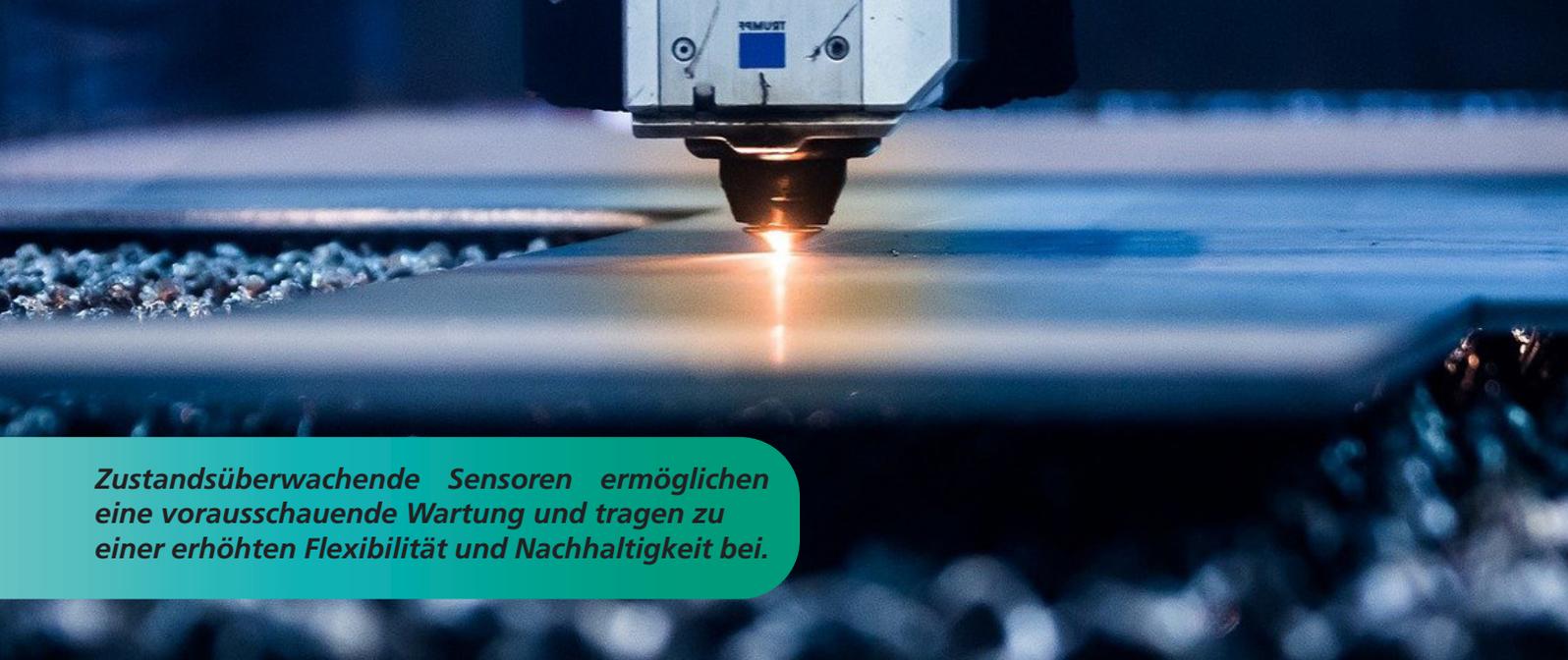
Verteilte Sensoren in Gebäuden und Infrastrukturobjekten wie Brücken oder Versorgungsleitungen liefern Daten über die Intensität der Belastung, den Zustand technischer Systeme und deren Energieverbrauch. Sie ermöglichen eine detaillierte, situative Bewertung und gestatten so eine schnelle Reaktion auf Veränderungen im System und in der Umgebung. Damit ermöglichen verteilte aktive Elemente in der Fassade von Gebäuden die örtlich hoch aufgelöste Anpassung an Licht- und Wärmeverhältnisse, sowie die Verringerung des Eintrags von Lärm ins Gebäude.

SMARTE SYSTEME DENKEN MIT

Durch die Verteilung und Integration der notwendigen Rechentechnik direkt in die Aktorik und Sensorik werden eine latenzarme Reaktion, sowie eine inhärente Erhöhung der Robustheit und Datensicherheit erreicht. Unterscheidend gegenüber konventionellen aktorischen und sensorischen Komponenten sowie Automationssystemen ist, dass durch die höhere System- und Strukturintegration weitere Freiheitsgrade zur Steigerung der Energieeffizienz sowie Verbesserungen bei Komfort und Raumklima erzielt werden. Darüber hinaus ermöglichen diese Systeme auch eine Erhöhung der Sicherheit durch den Einsatz in z.B. erdbebengefährdeten Umgebungen, u.a. durch schnelle Bewertungen der Standfestigkeit nach extremen Umwelteinwirkungen.



Adaptronische Komponenten sorgen für eine erweiterte sowie schnelle Datenerfassung und ermöglichen automatisierte Anpassungs- und Optimierungsmechanismen in Bauwerken strukturintegriert umzusetzen.



Zustandsüberwachende Sensoren ermöglichen eine vorausschauende Wartung und tragen zu einer erhöhten Flexibilität und Nachhaltigkeit bei.

ANWENDUNGSBEISPIEL 2: PRODUKTION

EINE SMARTE PRODUKTION

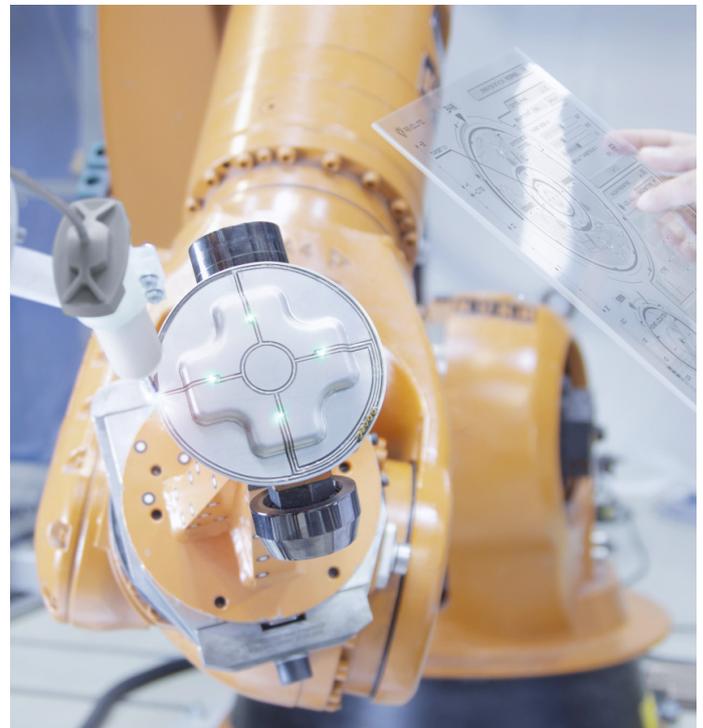
Der Maschinen- und Anlagenbau gehört heute zu den größten Zweigen der deutschen Wirtschaft. Er ist geprägt durch Innovationskraft sowie effiziente und präzise getaktete Wertschöpfungsketten. Globalisierung und Ressourcenknappheit sind besondere Herausforderungen für die Produktionstechnik. Um die Produktion intelligenter, flexibler, individueller, effizienter und nachhaltiger zu gestalten, werden neue Technologien benötigt. Auch hier sind cyber-physische Systeme der Treiber von Industrie 4.0 und verändern die Produktion so umfassend, dass von einem grundlegenden Wandel gesprochen werden kann. Die Hauptziele sind Flexibilität, Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz. Der ökologische Fußabdruck sowie die Wandlungsfähigkeit ergänzen damit die Zielgrößen Kosten, Qualität und Zeit.

DATEN GEZIELT NUTZEN

Funktionen zur Zustandsüberwachung oder zur vorausschauenden Wartung lassen sich durch integrierte Sensoren erschließen. Die gewonnenen Daten sind Grundlage für neue Geschäftsmodelle, die essentiell zur zusätzlichen Wertschöpfung im Maschinen- und Anlagenbau beitragen werden.

INTELLIGENTE SENSORIK

Darüber hinaus eröffnen energieautarke, drahtlose Sensorknoten neue Perspektiven für örtlich verteilte Systeme, durch die eine flexible und dynamische Automatisierung im Sinne einer selbstoptimierenden Produktion realisiert wird. Durch einen ganzheitlichen, domänenübergreifenden Systementwurf erfolgt eine optimale Abstimmung von Sensorik, intelligenten Regelungsverfahren und hochperformanten, breitbandigen Kommunikationskanälen. Ein weiterer Bestandteil sind aktive Strukturen zur gezielten Einstellung von Steifigkeiten oder zur Reibungsoptimierung in Aktoren oder Maschinenelementen sowie aktive Komponenten wie beispielsweise Lager oder Fahrwerke.



Roboter druckt eine Leiterbahn zur Ansteuerung von LEDs auf einem umgeformten Blechteil.



Adaptronik vereint Schlüsseltechnologien für die zukünftige smarte Produktion, die sich durch ressourceneffiziente, wandelbare Prozessketten auszeichnen wird. Ausgangspunkt sind intelligente und hochintegrierte Sensoren, die eine dezentrale Prozessüberwachung in Echtzeit ermöglichen. Damit sind sie die Informationsquelle für intelligente Prozesssteuerungen und -regelungen.



Ein intelligentes Netzwerk aus Sensoren und Aktoren passt sich den Bedürfnissen selbstständig an und versorgt alle Nutzerebenen mit den notwendigen Informationen.

ANWENDUNGSBEISPIEL 3: MOBILITÄT

UMWELTFREUNDLICH UND SICHER

Für den Erhalt unserer Umwelt ist ein nachhaltiger und ökologischer Wandel unabdingbar. Ein zentrales Element stellt dabei die Sicherstellung einer zukünftig vernetzten, klimaneutralen und sicheren Mobilität für Menschen und Güter dar. Neue Technologien, wie das kooperative, vernetzte und autonome Fahren mit alternativen Antrieben werden dafür von der Forschung für die zukünftige Mobilität adressiert. In diesem Zusammenhang müssen zudem der Ausbau notwendiger Infrastrukturen und neue Dienstleistungsangebote vorangetrieben sowie ganzheitliche Konzepte betrachtet werden.

EFFIZIENT UND KOMFORTABEL

Eine Anwendung der Adaptronik zielt darauf ab, möglichst energieeffizient optimale Betriebsstrategien für die multimodale Mobilität der Zukunft abzuleiten und einzustellen. Hierzu werden Daten verteilter strukturintegrierter Sensoren unterschiedlicher physikalischer Domänen fusioniert. Über moderne selbstanpassende Systeme zur Signalverarbeitung werden mit diesen Informationen ebenfalls verteilte, strukturintegrierte, aktorische Funktionen realisiert. Gleichzeitig stellen die Signalverarbeitungssysteme notwendige und hinreichende Informationen auf unterschiedlichen Ebenen intelligent zusammen. Dies dient der Vernetzung von Mobilitätsträgern, der vorausschauenden Planung von Wartungsstrategien sowie der Bedienung agiler Logistikketten. Nicht zuletzt werden damit Entwickler, Dienstleister und Nutzer jederzeit mit aktuellen Informationen versorgt. Dabei kommen moderne Technologien, wie Methoden der künstlichen Intelligenz und hochperformante drahtlose Kommunikation zum Einsatz. Diese sind mit der ebenfalls intelligent agierenden Infrastruktur vernetzt und nutzen selbst kleinste alternativ verfügbare Energiemengen für ihren Betrieb. Mobilitätsträger sind mit vernetzten und selbstorganisierenden Sensoren, Informations- und Aktor-Netzwerken ausgestattet. Sie werden dadurch ertüchtigt ihren Wirkungsbereich selbstständig den jeweiligen Bedürfnissen anzupassen.

Damit wird ein zukünftiges Mobilitätsystem durch autonom integrierte und sich dabei eigenständig orientierende und bewegende Teilnehmer gekennzeichnet sein.

WEITERENTWICKLUNG IN ALLEN BEREICHEN

Weiteres Ziel ist es, optimale Entscheidungen möglichst latenzfrei und über Systemgrenzen hinaus zu ermöglichen. Die Optimierungsziele sind dabei ganz unterschiedlicher Natur und reichen von Designanpassungen über Komfortfeatures bis hin zu Effizienz- und Sicherheitsaspekten.



Adaptronik ermöglicht die Mobilität der Zukunft emissionsneutral und nachhaltig für alle Nutzer vorausschauend und sicher zu orchestrieren.



Vernetzte und selbstorganisierende Sensoren, Informations- und Aktor-Netzwerke stellen die Basis für autonome Fahrfunktionen sowie innovative Wartungsstrategien dar.

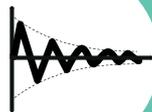
UNSER LEISTUNGSSPEKTRUM

Die sechs Partner-Institute haben sich zum Geschäftsbereich Adaptronik zusammengeschlossen, um dem Anwender einen zentralen Ansprechpartner für seine Systementwicklung anzubieten. Ziel ist es, komplexe Aufgaben der Adaptronik effizienter zu bearbeiten. Dabei stellt der Fraunhofer Geschäftsbereich Adaptronik industrielle und wissenschaftliche F&E-Dienstleistungen in allen relevanten Bereichen der Adaptronik bereit, sowohl einzeln in den Fachdisziplinen wie auch vernetzt entlang der Entwicklungs- und Wertschöpfungskette.



Formkontrolle

Durch Integration und Ansteuerung multifunktionaler Materialien in Strukturbauteile wird deren Form oder Eigenschaft aktiv kontrolliert.



Schwingungs- und Lärmreduktion

Störende und schädigende Schwingungen werden durch aktive Maßnahmen effektiv vermindert.



Monitoring

Mechanische Beanspruchungen oder Schädigungen werden durch integrierte Sensoren während des Betriebs überwacht und Wartungsintervalle individualisiert.



Energy Harvesting

Umweltenergie wird mittels verschiedener Mechanismen der Energiewandlung zur Versorgung autarker Sensoren genutzt.



Smarte Komponenten

Der Entwurf autonomer und selbstanpassender Systeme wird durch vernetzte Sensoren sowie Informations- und Aktor-Netzwerke ermöglicht.

