

Positionspapier

Energieeffizienz durch Digitalisierung

Handlungsempfehlungen und Anwendungsbeispiele



Oktober 2018

Inhalt

1. Executive Summary	3
2. ZVEI-Kernanliegen	3
3. Hintergrund	4
4. Energieeffizienz durch Digitalisierung	4
4. 1 in der Industrie	11
4. 2 im Energiesektor	11
4. 3 im Wärme- und Gebäudesektor	11

1. Executive Summary

- Digitalisierung ermöglicht die Identifizierung und Realisierung von zusätzlichen Energieeffizienz- und Flexibilitätspotenzialen.
- Die Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz, die sich durch Digitalisierung ergeben, müssen genutzt werden, um die Energiewende zum Erfolg zu führen und die Ziele im Klimaschutzplan 2050 zu erreichen.
- Das Erreichen der Klimaziele ist nur durch die Marktdurchdringung von Energieeffizienztechnologien in allen Sektoren zu erreichen. Das Ziel der Treibhausgasreduktion wurde durch die Fokussierung auf den Ausbau erneuerbarer Energien nicht erreicht. Energieeffizienzmaßnahmen sind daher zwingend zu verfolgen.



Quelle: Siemens

2. ZVEI-Kernanliegen

- Einführung von Anreizmechanismen zur Steigerung der Energieeffizienzmaßnahmen. Diese müssen so ausgestaltet sein, dass sich Energieeffizienzmaßnahmen betriebswirtschaftlich rechnen. Anreizmechanismen sind technologieoffen, zeitlich befristet und degressiv auszugestalten.
- Weiterführung der DIN 50001 und Ausschreibungsmodelle. Besondere Ausgleichsregelung und Spitzenausgleich sind weiter zu gewährleisten, aber konsequente Technologieoffenheit bei Ausschreibungsmodellen ist zu beachten.
- Berücksichtigung von Digitalisierungsaspekten in Vorgabekatalogen von Energieeffizienz-Förderprogrammen. Verankerung auch im Haushaltsplan, beispielsweise durch die Bindung der Förderung von Modellregionen und Kompetenzzentren an Vorgaben zu „Energieeffizienz und Digitalisierung“.
- Gewährleistung globaler Kapitalrentabilität (ROI). Berücksichtigung des Kontexts globaler Finanzmärkte und internationalen Wettbewerbs bei der Ausgestaltung von Investitionsanreizen für Energieeffizienzmaßnahmen.
- Auflösung der derzeitigen Gegenfinanzierung des Efficiency-First-Prinzips im EEG durch eine Mittelumlenkung im Finanzierungssystem. Momentan setzt die besondere Ausgleichsregelung keine Anreize für Energieeffizienz. Dieser Widerspruch im Fördersystem soll durch die Einführung marktbasierter Instrumente aufgelöst werden. Mindestpreise sind hierbei zu vermeiden.
- Unterstützung für den Aufbau dezentraler Energieerzeugung durch die Streichung der EEG-Umlage für die Nutzung eigenerzeugter Energie.
- Schaffung von Anreizen für ein kontinuierliches Monitoring und Controlling der Energieverbräuche mit dem Ziel einer nachhaltigen mehrjährigen Energieeffizienz.
- Reformierung der Netzentgeltsystematik: Reduktion durch Beteiligung an Flexibilitätsmaßnahmen.

3. Hintergrund

Digitalisierung und insbesondere Industrie 4.0 sind Schlüsselemente, um Deutschland auch in Zukunft wettbewerbsfähig halten zu können. Die dabei adressierte digitale Transformation wird in vielen Bereichen als Enabler zur Erreichung der Ziele der Energiewende wirken, indem durch den Einsatz von Digitalisierung bisher nicht rentable Flexibilitäts- und Effizienzpotenziale identifiziert und gehoben werden. Das Thema Energieeffizienz kann heute nicht mehr losgelöst von der Steuerung und der Flexibilität des Energieeinsatzes (wie viel Energie wird wann wo benötigt?) betrachtet werden. Eine noch stärkere Verzahnung von Digitalisierung und Energieeffizienz kann deren gegenseitige Treiberwirkung optimieren und Deutschland auf dem Weg zu den Energiewendezielen in allen Sektoren voranbringen. Es ist unbestritten, dass die Steigerung der Energieeffizienz Voraussetzung für eine erfolgreiche Energiewende ist. Die Bewältigung der Energiewende fordert nicht nur die Erhöhung der Energieeffizienz (Reduktion des Energiebezugs), sondern auch das Bereitstellen von Flexibilität auf der Verbraucherseite.

Energieeffizienzpotenziale sind in allen Sektoren vorhanden – in Deutschland können allein im Industriesektor mit bestehenden Technologien (z. B. Energiemanagementsysteme, drehzahlgeregelte effiziente Motoren, detailliertes Verständnis des Energieeinsatzes im Produktionsprozess) mindestens 70 Terawattstunden Energie im Jahr eingespart werden. Dies sind etwa 30 Prozent des gesamten elektrischen Energiebedarfs der deutschen Industrie. Durch die energetische Optimierung von bestehenden Nichtwohngebäuden ließen sich zudem bis 2050 weitere rund 35 Prozent an Endenergie einsparen.

Die im ZVEI vertretenen Unternehmen sind Hersteller hocheffizienter Technologien, Produkte und Systeme sowie Anbieter von Energiedienstleistungen zur Realisierung modernster Lösungen für die Erzeugung, Verteilung, Speicherung und Nutzung von Energie. Eine signifikante Steigerung der Energieeffizienz und die Digitalisierung des Energiesystems sind Kernanliegen der deutschen Elektroindustrie.

4. Energieeffizienz durch Digitalisierung

Digitalisierung ermöglicht schnelles Lernen, bessere Qualität und Zuverlässigkeit, erschließt neue Märkte, hilft, die Produktivität zu steigern, und ermöglicht dabei die Erschließung und Realisierung von Potenzialen bei der Steigerung der Energieeffizienz in Industrieprozessen wie unter anderem auch im Gebäude- und Verkehrssektor.

Transparenzschaffung (= detailliertes Verständnis des Energieeinsatzes) ist unumgänglich und eine Grundvoraussetzung für das Ableiten geeigneter Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz bzw. Senkung der Energiekosten. Digitalisierungskonzepte können helfen, den Umsetzungsaufwand für Messsysteme und die Datenauswertung zu reduzieren, indem:

1. Informationen über energetisches Verhalten standardisiert bereitgestellt werden (statische Informationen als Teil von Assetbeschreibungen, z. B. Leistungswerte für bestimmte Zustände, Speicherverhalten etc.),
2. Messdaten über einheitliche Schnittstellen bereitgestellt werden (z. B. OPC UA [Unified Architecture-] inkl. Informationsmodellen für Messwerte, Key-Performance-Indicator [KPI] etc.),
3. KPI-Berechnungen nach standardisierten Vorgaben erfolgen.

4.1. in der Industrie

Die verbesserte durchgängige Verfügbarkeit von Informationen vereinfacht es in der Industrie grundsätzlich, den Zusammenhang zwischen Abläufen in den Produktions- bzw. Automatisierungssystemen und dem energetischen Verhalten herzustellen. Beispiele dafür sind:

1. Pausenmanagement durch Zusammenführen von Produktionsplanung, Energiebedarf von Anlagen in bestimmten Zuständen und Abhängigkeiten im Produktionsmanagement (z. B. Materialfluss, Logistik etc.) und Produktionsprozess (z. B. Hochfahr- und Abschaltzeiten).
2. Die Vorgabe von minimalem Energieverbrauch als Optimierungskriterium von Produktionssystemen (Manufacturing-Execution-System) setzt die Verfügbarkeit von Informationen über das energetische Verhalten der einzelnen Prozessschritte und Querbeziehungen voraus.
3. Selbstlernende Systeme in Kombination mit Mustererkennungsverfahren ermöglichen eine automatisierte Bewertung der Entwicklung der energetischen Effizienz einer Maschine oder Anlage.

Flexible Produktionssysteme sind im Rahmen von Industrie 4.0 geeignet, den Energiebezug zu flexibilisieren. Sie können damit den Umsetzungsaufwand für Demand-Side-Management senken.

Beispiele hierfür sind:

1. Wenn die Produktionskapazität einer Anlage mit geringem Aufwand geändert werden kann, ist eine schnelle Reaktion auf flexible Strompreise oder das Verschieben von Produktionsspitzen in Niedriglastfenster (atypische Netznutzung) möglich.
2. Eine einheitliche bzw. standardisierte Lösung für den Informationsaustausch von der Feldebene bis in eine Cloud ermöglicht es, den Aufwand für Services zu reduzieren. Serviceangebote zur Energiedatenerfassung und Auswertung sind heute schon verfügbar. Entwicklungen im Kontext von Internet of Things (IoT) können den Aufwand für die Datenbereitstellung erheblich senken.

Die sinnvolle Nutzung von lokalen Erzeugern und flexiblen Prozessen bei schwankenden Energiekosten erfordert in der Regel die Lösung eines Optimierungsproblems. Diese Optimierungen können als Cloud-Service angeboten werden (z. B. als Day-ahead-Berechnung). Voraussetzung für eine wirtschaftliche Realisierung sind auch hier einheitliche Schnittstellen.

In der Prozessindustrie müssen Anlagen über Jahrzehnte hinweg stabil und unterbrechungsfrei funktionieren und dabei gleichzeitig höchste Energieeffizienz aufweisen, da diese Anlagen meist sehr energieintensiv arbeiten. Außerdem darf während der gesamten Laufzeit die Qualität der Erzeugnisse nicht schwanken. Digitalisierung ermöglicht es Prozessanlagen-Herstellern und -Betreibern, Prozesse und Anlagen zu simulieren, zu testen und zu optimieren, bevor sie real in Betrieb gehen. Zusätzlich können durch die Sammlung und Auswertung der Daten im laufenden Betrieb die Prozesse permanent überwacht und weiter optimiert werden. Dadurch kann die Energieeffizienz dieser Anlagen über Jahre hinweg kontinuierlich verbessert werden.

In einer Halbleiterfertigung sind selbst bei Volllastung etwa 30 Prozent der Fertigungsanlagen im Stand-by-Modus, da sie temporär nicht genutzt werden. Der Energieverbrauch im Stand-by-Modus beträgt dabei etwa 60 Prozent des Energieverbrauchs im Betriebsmodus. Wenn diese temporär ungenutzten Anlagen vom Stand-by-Betrieb in einen „Tiefschlafmodus“ gebracht werden können, so ließe sich der Energieverbrauch auf etwa 40 Prozent des Verbrauchs im Betriebsmodus reduzieren. Eine Grundvoraussetzung für die Nutzung dieser Potenziale ist die exakte Berechnung und Vorhersage der Auslastung jeder Anlage durch entsprechende Industrie-4.0.-Konzepte.

Anwendungsbeispiele:

1. Automobilindustrie – Motorfertigung

Fertigungslinien zur Motorfertigung (sog. Transferstraßen) werden komplett im digitalen Zwilling simuliert und optimiert, noch bevor eine einzige Maschine installiert wird. Dabei geht es in erster Linie darum, die optimale Anordnung der Maschinen und der Fördertechnik zu finden, um Durchsatz und Durchlaufzeiten zu optimieren. Durch die gleichzeitige Simulation des Energiebedarfs in den einzelnen Betriebszuständen der Maschinen und Anlagen ist es möglich, Spitzenlasten zu vermeiden, den Stand-by-Verbrauch zu reduzieren, eine Lastoptimierung vorzunehmen und die Teilelogistik energetisch zu optimieren. Damit sind erhebliche Einspareffekte bereits in der Planungsphase zu erzielen. In einem konkreten Beispiel konnten drei Millionen Kilowattstunden p.a. an Energie eingespart werden.

2. Fertigungsindustrie – Industrieroboter

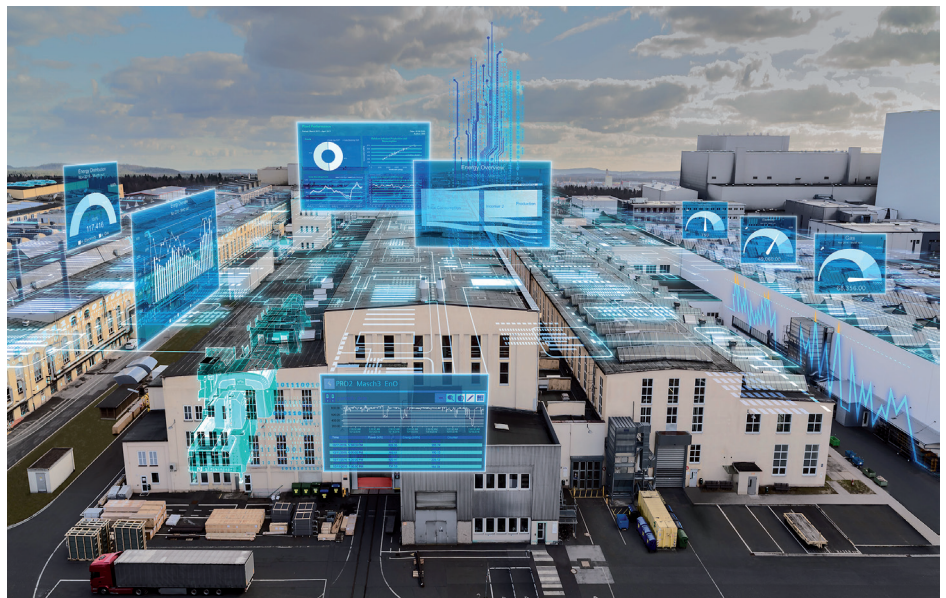
Industrieroboter gewinnen in der Fertigungsindustrie zunehmend an Bedeutung, zum Beispiel bei Montage-, Schweiß-, Klebe- oder Lackieraufgaben. Durch eine Simulation und Optimierung der Bahnplanung, also der Bewegungsführung bereits im digitalen Modell, sind Einsparungen bis zu 30 Prozent möglich. Aktuelle Ergebnisse aus realisierten Testanlagen in der deutschen Automobilindustrie bestätigen die möglichen Energieeinsparungen. In einer Karosserierohbaulinie kommen ca. 500 Roboter zum Einsatz. Diese verursachen etwa 50 Prozent des gesamten Energieverbrauchs in diesem Produktionsschritt. Das Einsparpotenzial ist ca. sechs Millionen Kilowattstunden p. a. pro Rohbaulinie.

3. Prozessindustrie – Molkerei

Der Produktionsprozess in einer Molkerei mit Primärprozess (Milchaufbereitung, Pasteurisierung etc.) und Sekundärprozess mit Abfüll- und Verpackungsanlagen ist komplex. In der Simulation mit dem digitalen Modell der Molkerei können sämtliche Produktionsparameter simuliert werden. Insbesondere kann die Dimensionierung der Anlage, zum Beispiel Lagertanks, Rohrleitungen und Pumpen, in der Simulation optimiert werden. Damit können Produktionsmengen bzw. Kapazitäten wesentlich besser an die reale Situation angepasst werden, was im Ergebnis zu erheblichen Energieeinsparungen führt. Werden aufgrund der Optimierung zum Beispiel weniger oder kleinere Tanks bzw. Leitungen benötigt, müssen weniger Stoffe gepumpt, erwärmt oder abgekühlt bzw. gereinigt werden.

4. Industrie – transparenter Betrieb in der Produktion

Die Digitalisierung ermöglicht eine durchgängige vertikale Integration von der Feldebene (Maschinen) bis auf die Unternehmensebene. Das erlaubt einen transparenten Betrieb, also Entscheidungen aufgrund fundierter Informationen, die in allen Phasen des Betriebs zur Verfügung gestellt werden – nicht nur in Bezug auf Performance, sondern auch in Bezug auf den Energieverbrauch. Damit ist es möglich, auf allen Ebenen der Produktion Effizienzhinweise zu geben, die die Mitarbeiter für unmittelbare Reaktionen nutzen und so in ihrem Verantwortungsbereich einen effizienten Betrieb sicherstellen können. Ein Energie-Dashboard vermittelt einen Überblick über die Energieflüsse, mit Analysefunktionen für die Bewertung, mit intelligenten Überwachungsfunktionen für Kälte- und Wärmeerzeugungsanlagen, Kompressoren, Pumpen oder mit einem energetischen Effizienzmonitor zur standardisierten Bewertung der (energieeffizienten) Fahrweise von Produktionsmaschinen. Voraussetzung dafür ist lediglich, dass Maschinen von Anfang an mit Energiemesstechnik ausgestattet sind, die eine energetische Bewertung einfach und kostengünstig möglich macht.



Quelle: Siemens

4.2. im Energiesektor

Die Digitalisierung des Messwesens hat Konsequenzen für Verbrauchserfassung, Nutzerinformation und Mehrwertdienste. Beim Umstieg auf moderne Messeinrichtungen und intelligente Messsysteme sollten Sicherheitsaspekte und Datenschutz umfassend berücksichtigt werden. Beim Smart Meter haben die Hersteller dementsprechende Geräte entwickelt. Der Gesetzgeber hat versucht, die Kosten für den Letztverbraucher durch den Ansatz des Gesetzes zur Digitalisierung der Energiewende in sinnvoller Weise zu limitieren. Gegenwärtig fehlen für Haushaltskunden allerdings noch flächendeckende flexible Strompreise in Deutschland. Diese sind jedoch zwingende Voraussetzung für die Amortisierung von Smart Metern und die Investition in flexible und effiziente Gebäude- und Anlagentechnik. Der Haushaltskunde profitiert im Moment noch nicht von der neuen Infrastruktur. Die Digitalisierung des Energiesystems wird die Effizienz des Energieeinsatzes erhöhen und den steigenden Anteil von dezentraler und volatiler Energieerzeugung synchronisieren helfen. Smart Meter sind somit eine Voraussetzung für die fortlaufende Sektorenkopplung.

Anwendungsbeispiel:

Energieeffizienz im Quartier EUREF

Auf dem EUREF-Campus versorgen Photovoltaik- und Kleinwindanlagen sowie ein mit Biomethan betriebenes, grundlastfähiges Blockheizkraftwerk Gebäude, Veranstaltungsorte und Elektrofahrzeuge mit Strom, Wärme und Kälte. Gesteuert werden die dezentralen Energieerzeuger, Speicher und Verbraucher über eine übergeordnete Managementplattform, die die digitalisierten Komponenten miteinander vernetzt. Unter Berücksichtigung von Prognosedaten und aktuellen Marktpreisen wird das Gesamtsystem optimiert und Effizienzpotenziale sektorenübergreifend im Quartier gehoben.

Alle Neubauten auf dem EUREF-Campus sind als Energieeffizienzgebäude zertifiziert. Gezielte Gebäudeautomation macht es möglich, dass Gebäude nicht nur Effizienzpotenziale bei der Nutzung heben, sondern auch – sowohl thermisch als auch elektrisch – als dynamische Energiesenke dienen können. Ziel ist es, das öffentliche Netz durch planbare Energieflüsse zu entlasten und den nutzbaren Anteil erneuerbarer Energien in Quartieren zu steigern.

4.3. im Wärme- und Gebäudesektor

Auch im Wärme- und Gebäudesektor bestehen große Potenziale, durch Digitalisierung die operative und energetische Effizienz der Gebäude zu steigern und damit Kosten und Umwelteinflüssen zu senken. Mehr als 70 Prozent der Lebenszykluskosten eines Gebäudes entfallen durchschnittlich auf die Betriebskosten – 30 Prozentpunkte allein auf die Energiekosten. Nur mit einem Gebäudemanagement, das die Digitalisierung und damit die Vernetzung der verschiedenen Gewerke konsequent nutzt, werden die steigenden Ansprüche an nachhaltige, energieeffiziente, sichere und komfortable Gebäude erfüllt. Die weitere Digitalisierung des Gebäudesektors ist damit eine notwendige Voraussetzung, damit der Gebäudesektor seinen vollen Beitrag zum Gelingen der Energiewende leisten kann.

Im Wärmebereich bietet Digitalisierung durch neue (digitale) Dienstleistungen und Geschäftsmodelle, basierend zum Beispiel auf kontinuierlicher Verbrauchserfassung und intelligenter Echtzeitauswertung von Sensoren, Aktuatoren etc., wertvolle Beiträge zur weiteren Verbesserung und nachhaltigen Sicherung der Energieeffizienz über viele Betriebsjahrzehnte. Gleichzeitig werden durch den optimierten Energieverbrauch die Betriebskosten planbar und nachhaltig minimiert und ein Mehrwert für die Kunden erzeugt. Die Automatisierung der Anlagentechnik im Gebäude (Gebäudeautomatisierung) ist dabei die Basis für ein nachhaltiges Energiemanagement sowie die digitale Schnittstelle zum Energienetz und der Energieversorgung. Durch die Gebäudeautomatisierung werden die technischen Anlagen in ihrer Funktion optimal aufeinander abgestimmt, den Betriebserfordernissen angepasst und können so auf die aktuelle Energieversorgungssituation und die klimatischen Bedingungen reagieren: zum Beispiel Verbrauchsminderung bei Netzengpässen und hohen Strompreisen, Erhöhung der Eigenverbrauchsquote von selbsterzeugten erneuerbaren Energien; automatische Verschattung oder natürliche Kühlung über die Nacht. Das Stromnetz wird dabei entlastet, indem der Betrieb von flexiblen Verbrauchern, wie zum Beispiel die Wärmepumpe, in die Erzeugungsspitzen gelegt wird. Daraus folgt, dass verstärkt Anreize für ein kontinuierliches Monitoring und Controlling der Energieverbräuche und der Energieeffizienz geschaffen werden sollte.

Auf die Beleuchtung entfallen nach Angaben der AG Energiebilanzen e. V. 16 Prozent des Strombedarfs in Deutschland. Durch eine Erneuerung der Beleuchtungsanlagen könnten im Durchschnitt 40 bis 50 Prozent Energie eingespart werden. Somit könnten bis 2050, im Vergleich zu 2008, ca. 33,7 Terawattstunden Strom (18 Mio. Tonnen CO₂) bei der Beleuchtung eingespart werden. Dies wäre mit bereits heute verfügbarer Technologie erreichbar. 75 Prozent der Beleuchtungsanlagen in Nichtwohngebäuden sind älter als 25 Jahre und somit veraltet. 85 Prozent der Nichtwohngebäude besitzen keine intelligente Lichtsteuerung. 80 Prozent der neu gebauten Nichtwohngebäude haben keine Lichtplanung. Den größten Effizienzhebel mit maximaler Energieeinsparung bietet eine Investition in LED-Beleuchtung, kombiniert mit intelligenter Lichtsteuerung und richtiger Planung.

Daneben existiert die Möglichkeit, mittels moderner Beleuchtungstechnik die Dynamik des Tageslichts in Innenräume zu bringen. LED in Verbindung mit Steuerung und Vernetzung ermöglicht es, Farbtemperatur, Beleuchtungsstärke und Verteilung des Lichts besser den Bedürfnissen des Nutzers anzupassen und so die positiven Effekte auf Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden zu erzielen.

Anwendungsbeispiele:

1. Intelligente Heiztechnik

Intelligentes Energiemanagement, Digitalisierung, Internet-Connectivity und Smart Home sind auch in der Gebäudebranche Großtrends. Intelligente Technik im Haus ist die Voraussetzung für die Optimierung des Verbrauchs. Die meisten Wärmepumpen-Anlagen enthalten einen Pufferspeicher, und viele Modelle werden heute mit SG-Ready-Standard angeboten, der eine intelligente Steuerung ermöglicht. Auch eine Nachrüstung bei ausgewählten Modellen ist möglich. Wärmepumpen können also durch aktive Hinzuschaltung überschüssigen Strom in Form thermischer Energie speichern und diese zur Wärmebedarfsdeckung verwenden. Lastmanagement mit Wärmepumpen ist erprobt und energieeffizient, schafft Synergien zwischen Strom- und Wärmesektor, verringert die Importabhängigkeit und trägt zum Klimaschutz bei.

2. Baubranche – Building Information Modeling (BIM)

Mit der Digitalisierung hält zudem ein umfassender Ansatz Einzug in die Baubranche, der alle Beteiligten ideal miteinander verbindet und den ganzen Bauprozess verändert: Building Information Modeling (BIM). Bei dieser digitalisierten Methode wird ein Gebäude zunächst als virtueller Zwilling – der sogenannte „digital twin“ – mitsamt allen Gewerken geplant und schon während der Planung laufend simuliert, getestet und bei Bedarf korrigiert. Anstatt nur auf Planen und Bauen zu fokussieren, wird BIM über den Bauprozess hinaus auf die gesamte Lebenszeit des Gebäudes ausgedehnt. Dadurch lässt sich beispielsweise bereits in der Planungsphase nicht nur ermitteln, wie sich der Energieverbrauch eines Gebäudes während des Betriebs verhält, sondern dieser kann auch gleich optimiert werden. Das Bauen wird mit BIM schneller, sicherer, kostengünstiger sowie umweltverträglicher sein und die gesamte Baubranche wird einen starken Produktivitätsschub erfahren.

Um die Digitalisierung in den verschiedenen Sektoren voranzutreiben, sollte auf einen intensiven Wettbewerb plus Forschungsförderung gesetzt werden. So bietet zum Beispiel das Pilotprogramm Einsparzähler erste positive Ansätze. Es ist und bleibt die Hauptaufgabe der Unternehmen, sich eng am Kundennutzen zu orientieren und diesen deutlich zu machen. Nur wenn die Kunden begeistert sind, werden digitale Lösungen in der Breite zu verankern sein.

Über den ZVEI

Der ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. vertritt die gemeinsamen Interessen der Elektroindustrie und der zugehörigen Dienstleistungsunternehmen in Deutschland. Rund 1.600 Unternehmen haben sich für die Mitgliedschaft im ZVEI entschieden.

Die Branche beschäftigt 868.000 Arbeitnehmer in Deutschland und weitere rund 7306.000 weltweit. Im Jahr 2016 betrug ihr Umsatz fast 191 Milliarden Euro. Etwa ein Drittel davon entfallen auf neuartige Produkte und Systeme. Jährlich wendet die Branche 17,2 Milliarden Euro auf für F&E, 6,1 Milliarden Euro für Investitionen und zwei Milliarden Euro für Aus- und Weiterbildung. Jede dritte Neuerung im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt erfährt ihren originären Anstoß aus der Elektroindustrie.



Energieeffizienz durch Digitalisierung

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V.

Lyoner Straße 9

60528 Frankfurt am Main

Ansprechpartner: Anke Hüneburg

Bereich Energie

Charlottenstraße 35/36

10117 Berlin

Telefon: +49 30 306960-13

E-Mail: hueneburg@zvei.org

www.zvei.org

Oktober 2018



Dieses Material steht unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung – nicht-kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 Deutschland.

Trotz größter Sorgfalt übernimmt der ZVEI für Vollständigkeit und Richtigkeit der Inhalte keine Gewähr.