

1 Vergleich mit dem KFZ

Niemand anders als die KFZ-Industrie, wenn überhaupt noch vergleichbar die Sanitärbranche in Ansätzen, hat es geschafft technisch Komfort-, Sicherheits-, Energiesparfunktionen und Luxus standardmäßig in dem Verkaufsprodukt umzusetzen. Schaut man sich den KFZ-Markt noch vor 15 Jahren an, verfügten die KFZ allenfalls über elektrische Fensterheber, aber keine Informations- und Navigationssysteme und integrierte Audiosysteme. Heute verfügen Autos nahezu als vollständiger Standard über zentrale Schließeinrichtungen per Funk, elektrische Fensterheber, Schiebedächer oder Cabrios elektrische Dächer, das Autoradio ist gegen ein multifunktionales Multimediasystem mit DOLBY-surround-Einbindung und Steuerung über das Lenkrad oder Fernbedienung mit Handy-ankopplung gewichen, Musik-Dateien werden über USB-Sticks, Daten-Chips oder Bluetooth, wie auch das Handy in das System integriert. Das Navigationssystem ist entweder problemlos und kostensparend wie eine Handy-Freisprecheinrichtung nachrüstbar oder direkt vorgesehen oder eingebaut. Es ist müßig über die selbstverständlichen Zusatzsysteme ABS, ESP, ASR, etc. zu diskutieren, nachdem die Systeme über teils unsinnige Renn- und Rallyeerprobung von Familienautos (bestes Beispiel Elchtest) durch die Luxusklasse den Einzug erhielten, sind sie nahezu bis zur Kompaktklasse vertreten oder vorgeschriebener Sicherheitsstandard geworden. Im Hintergrund steht hochkomplexe Elektronik mit kaum zählbaren Sensoren und teilweise weit über 100 Elektromotoren als Aktorelemente, die klaglos und im Hintergrund über ein Bussystem ihren Dienst versehen. Einen Ausfall verkraften wir Nutzer klaglos, rufen den Pannendienst oder fahren in eine Werkstatt, pochen bei neuen Autos auf Garantie und akzeptieren auch Fehler. Seit vielen Jahren haben auch SmartMetering und Energiemanagementsysteme im KFZ Einzug gehalten. Einige der in diesem Buch vorgestellten Managementverfahren werden im Folgenden am KFZ aufgezeigt. Der große Unterschied zwischen dem Haus und dem KFZ besteht darin, daß Häuser mindestens 10 mal teurer sind als KFZ und zudem eine höhere Verwendungszeit von mehr als 30 Jahren gegenüber KFZ von ca. 5 Jahren besitzen. Dies würde bezüglich des Hauses bedeuten, daß die Mehrkosten für Gebäudeautomation zu akzeptieren wären. Angesichts der hohen Grundinvestitionen für Häuser wird jedoch der Kreditrahmen schnell erreicht und erlaubt keine zusätzlichen Investitionen in Gebäudeautomation. Die tatsächlich höheren Beschaffungskosten für KFZ mit Automationsfunktionen sind nicht minderbar, da vorgerüstete Automationselektronik nicht ausgebaut werden kann, um die Anschaffungskosten zu senken. Zudem werden weitere Automationskomponenten in fest geschnürten Paketen in rabattierter Form angeboten. Der KFZ-Käufer kommt damit um den Mitkauf von Automation im KFZ nicht mehr herum. Andererseits bestehen technische Unterschiede hinsichtlich der Verwendung von Automation im Haus und im KFZ. Während der Markt der Gebäudeautomationssysteme unüberschaubar ist und zudem nahezu grundsätzlich einzelne Solitäre (immer von Grund auf) von Gebäudeautomationsanlagen konzipiert werden ohne auf Standards zurückzugreifen, sind die Busstrukturen im KFZ klar definiert und werden sukzessive planmäßig erweitert, der Unübersichtlichkeit verschiedenster Bussysteme im Gebäude ist ein Standard-Bussystem, der sogenannte CAN-Bus, gewichen, an den ggf. weitere Subbussysteme angekoppelt werden.

1.1 Komfortfunktionen

Zu den typischen Komfortfunktionen im Auto zählen elektrische Sitzverstellung mit Memoryfunktion, Gurtangeber und -warner, beheizbare Sitze, Klimaanlage, elektrische Fensterheber mit Sicherheitsfunktion gegen Strangulierung, automatisch umklappbare Kopfstützen im Fond und adaptierte Kopfstützen im Frontbereich, Komfortheizung mit Standheizung, Klimaanlage, Multimedia inklusive Radio-, CD-ROM-, MP3-, USB und MemoryCard-Unterstützung, Navigationssystem und vieles mehr.

Man hat den Eindruck, als wäre im Auto Energie im Überfluß vorhanden, erkaufte sich dies jedoch durch größere, kraftstoffschluckende Motoren, große Generatoren, Akkumulatoren und schwere Fahrzeuge.

Vergleichbar mit den Funktionen in einem Haus sind Jalousie- und Rollladenmotoren, die kostenaufwändig mit Rohrmotoren und Steuerungseinrichtung nachgerüstet werden müssen,

Liegesessel zu hohen Kosten, Fernseh- und Videosystem, Radio- und Audiosystem werden in Luxusanlagen als Multiroomsystem ausgeführt. Die Heizung und Lüftung gehören zur Normalausstattung, Klimaanlage gehören zur Luxusausstattung. Der Unterschied zwischen KFZ und Gebäude besteht in der Anzahl der jeweils verbauten Einrichtungen, sind es beim KFZ beispielsweise 4 Fenster, kommen im Einfamilienhaus leicht mehr als 20 zur Anrechnung.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen KFZ und Haus besteht dennoch. Während man beim Auto Assistenzsysteme findet, die man nutzen kann, gibt es aus Sicherheitsgründen bisher keine direkte Unterstützung. So werden Fenster nicht zugefahren, um die Heizungsleistung zu reduzieren, aufgefahren, um die Klimaanlage und Lüftung zu entlasten, Heizung, Lüftung und Klimaanlage bei geöffneten Fenstern nicht abgeschaltet. Während die Heizleistung bei Verbrennungsmotoren über die Abwärme problemlos verfügbar und prinzipiell kostenlos ist, ist der Energiebedarf von Klimaanlagen durch zusätzliche Kompressoren, die von Motoren angetrieben werden müssen, erheblich. Metering ist zwar vorhanden, Energiemanagement könnte erfolgen, wird jedoch nicht eingesetzt.

Der Luxus wird gern hingenommen, bei der KFZ-Beschaffung mitbezahlt, auch die zusätzlichen Verbrauchs-Kosten werden über die Kraftstoffkosten und höheren Wartungsentgelte gezahlt, obwohl die Verbräuche relativ kaum sinken, die Kraftstoffpreise ständig steigen. Erst seit Einführung von Elektromobilität wird bei Elektrofahrzeugen über die elektrische Ausstattung nachgedacht, da jeglicher elektrische Verbraucher aus der Batterie gespeist werden muß und damit jeder nicht vorhandene oder eingeschaltete Verbraucher die Reichweite steigert. Prompt wird über die Heizungsanlage nachgedacht und statt einer Elektroheizung eine permanent betriebene Standheizung mit Dieselmotoren zum Einsatz gebracht.

1.2 Sicherheitsfunktionen

Sicherheitsfunktionen im KFZ werden im wesentlichen durch Störmeldefunktionen abgedeckt. Als echte Sicherheitsfunktionen sind zu nennen die automatische Wieder-Verriegelung des KFZ, wenn nicht innerhalb eines Zeitraumes die KFZ-Nutzer zugestiegen sind und der Zündschlüssel eingesteckt wurde, oder die automatische Verriegelung der Türen nach Fahrtantrieb als Schutz gegen Überfälle. Im Luxus-Segment sind GPS-Systeme verbaut, die nach Diebstahl den aktuellen Standort des KFZ melden. Automatische Verriegelung von Dachfenstern oder -hauben oder sonstigen Fenstern bei Regen findet man nahezu nicht.

1.3 Energiemanagementfunktionen

Hinsichtlich des Energiemanagements sind seit Einführung des KFZ Meßmethoden im Einsatz, um den Kraftstoffstand im Tank anzuzeigen und gezielt freizugeben oder umzuschalten. War der Kraftstoffstand anfänglich mit dem Peilstab zu messen, was mit der Energiekostenrechnung nahezu vergleichbar ist, verfügt das Standard-KFZ heute über eine Tankanzeige, über die der Energieeinsatz visualisiert wird. Anfänglich wurde ein leerer Tank angesichts eines stotternden Motors erkannt und durch Umschaltung auf Reserve ein Zusatzreservoir für eine Restlaufzeit genutzt. Heute signalisiert der rote Bereich der Tankanzeige oder eine leuchtende Lampe den Anbruch der Reserve und damit das baldige Ende einer Fahrt, wenn nicht nachgetankt wird. Wenn auch diese Meßmethoden antiquiert erscheinen, so verdeutlichen sie doch sehr drastisch den Energieverbrauch, da Kraftstofftanks im allgemeinen nicht für den Einsatz des KFZ über 10.000 km von Kilometern, sondern eher für 1000 km, und damit das energetische Verhalten spätestens an der Tankstelle beim Griff an die Geldtasche oder Blick auf die Tankrechnung verifiziert werden kann. Reicht das Gehalt generell oder ist das Monatsende noch fern, kann das Fahrverhalten beibehalten werden, anderenfalls wird der KFZ-Einsatz reduziert oder das Gaspedal nicht mehr dauerhaft durchgetreten. Würde das Prinzip Kraftstofftank und Tankstelle durch Prepaid-Systeme wie in vielen europäischen Staaten üblich auch für die elektrische Energie im Gebäude genutzt werden, so könnte man sich jegliche Diskussion über Smart Meter sparen und direkt auf Gebäudeautomation umsteigen, um den Energieeinsatz generell zu senken.



Abb. 1.1 Verbrauchsanzeige im Auto mit Routenverlauf

Die KFZ-Industrie geht jedoch einen anderen Weg. Um den enormen Energiebedarf zu zügeln, verfügen die KFZ mehr und mehr über kraftstoffsparende Motoren (deren Kraftstoffverbrauch aufgrund hoher Leistungen der Motoren, zügellos hoher Geschwindigkeiten und Zusatzsystemen im KFZ wieder bei Verbräuchen vor 15 Jahren angekommen sind). Weitere Verbrauchszügelung wird durch aktives Energiemanagement unterstützt, indem der aktuelle Routenverlauf mit gefahrenen Kilometern und gefahrener Zeit, Durchschnittsgeschwindigkeit und -verbrauch zur Anzeige gebracht werden. Durch diese psychologische Beeinflussung in Verbindung mit dem klassischen Kraftstoffanzeiger mit Reserveanzeige und dem Tachometer kann der Autofahrer angehalten werden, sein Fahrverhalten seinem Geldbeutel anzupassen.

Die Leistungsfähigkeit moderner embedded-Systeme erlaubt jedoch auch die Speichermöglichkeit der Daten einzelner Routen, des gesamten Durchschnittsverbrauchs, aufgrund der enormen Rechenleistungen auch die Kalkulation von Restlaufzeiten.



Abb. 1.2 Reichweitenanzeige im Auto mit Temperatur und aktueller Zeit

Als weiteres Energiesparinstrument dient damit eine aktive Reichweitenermittlung, über die durch ununterbrochene Trendrechnung die aktuelle Reichweite bei aktivem Limit durch aktuellen Tankinhalt die Restlaufzeit bis zum nächsten Tanken ermittelt wird. Logischerweise gaukelt eine ständig steigende, gegenüber einer ständig fallenden Reichweitenanzeige vor, daß man sich energetisch im

optimalen Bereich befindet. Bei Kurzstreckenbetrieb wird die Reichweite schnell sinken, da Stadtverkehr und betriebskalte Motoren den Verbrauch extrem steigern. Die Temperaturanzeige dient gleichzeitig als Sicherheitsmerkmal (Eis), unterstützt psychologisch, aber auch, daß bei höheren, moderaten Temperaturen der Verbrauch geringer ist als bei sehr niedrigen oder hohen Temperaturen.



Abb. 1.3 Mittlere Verbrauchsanzeige im Auto mit Basiswerten

Darüberhinaus stellt das Energiemanagementsystem im KFZ auch Vergleichsdaten zur Verfügung, um auf der Basis der Vergangenheit sein aktuelles Fahrverhalten anzupassen.

Alles in allem stellt ein Mittelklasse-KFZ heute mehr Energiemanagementfunktionen zur Verfügung als zukünftige Smart Metering-Systeme im Haus. Berücksichtigt man zudem, daß ein im Jahr genutztes KFZ bei mittlerer Laufleistung von 15.000 km im Jahr und einem Durchschnittsverbrauch von 7 Litern (Diesel) bei einem Literpreis von 1,50 Euro Kraftstoffkosten von ca. 1580 Euro aufwirft und zusätzlich Wartungskosten, Steuern, Versicherung, etc. kostet, so wird umso deutlicher die Notwendigkeit von Smart Metering für das Haus als wesentlich notwendiger erachtet, da das Haus bis auf Urlaub, etc. nahezu 24 h am Tag bewohnt ist, das KFZ bei 15.000 km im Jahr und einer Durchschnittsgeschwindigkeit von realistischen 50 km/h nur etwa eine Stunde am Tag. Dabei muß berücksichtigt werden, daß die Kraftstoffpreise sich sehr schnell zum negativen entwickeln und sich bei Diesel im August 2012 bei 1,50 Euro relativ zu den 1,20 Euro im Jahre 2010 befinden und damit eine Steigerungsrate von ca. 10 % je Jahr aufweisen. Entsprechend entwickeln sich zwar noch moderat, aber feststellbar die Tarife für elektrischen Strom, dabei steigen durch die Kosten der politisch verordneten Energiewende die elektrischen Tarife zum einen durch die Kostensteigerung durch die höheren Aufwände bei der Gewinnung fossiler Energien, aber auch die Einführung regenerativer Energien durch Umlage der Kosten für die neu zu erstellenden Anlagen (Windkraft, Photovoltaik, Biogas), Netze (Hochspannungsleitungen, Erdkabel) und Speicher (Pumpspeicherkraftwerke, Elektrolyseanlagen, Power to gas).

Wie reagiert der Autofahrer bei hohem Kraftstoffpreis (Tarif) und leerer werdendem Tank ? Er fährt langsamer, tankt weniger oder später und wartet die Tarifspitze ab.

Alles in allem ein gutes Beispiel für psychologisches Energiemanagement.

1.4 Störmeldefunktionen

Störmeldungen sind im KFZ schon seit langem bekannt. Die bekanntesten Anzeigen sind Zündung und fehlender Öldruck als rote Anzeigelampe, sowie Kontrollleuchten für Stand-, Abblend- und Blinklicht. Die rote Zündungskontrollleuchte wird zur Kontrolle vor dem Startvorgang eingeschaltet und verlischt bei gestartetem Motor und damit betriebsfähigem Generator zur Ladung des Akkumulators. Darüberhinaus leuchtet die Lampe, wenn der vom Motor betriebene Generator keine Spannung mehr erzeugt und sämtliche Energie aus der Batterie gezogen wird. Die Öldruckkontrolllampe leuchtet, wenn aufgrund niedrigen Ölstandes oder eines Defekts der Öldruck für einen problemlosen Betrieb nicht mehr ausreichend ist und die Fahrt unterbrochen werden sollte. Demgegenüber dienen Stand-, Abblend-, Fern- und Blinklicht-Anzeigen nur der Rückmeldung, daß das jeweilige Licht eingeschaltet ist, meist jedoch ohne konkrete Rückmeldung, ob die Leuchtmittel auch tatsächlich funktionsfähig sind.



Abb. 1.4 Störmeldung im Auto

Im Automobilssektor geht man heute aber noch wesentlich weiter. Neben einem umfassenden Energiemanagementsystem bietet das moderne KFZ ein komplexes Störmeldesystem. So dienen Anzeigen von Feststellbremse, ABS-Auslösung, ASR-Auslösung, Gurtanzeige, Generator- und Ölzustands-Anzeige ebenso zur Grundausstattung, wie mehr und mehr die Überwachung von Stromkreisen durch Überwachung der Last und Anzeige ausgefallener Leuchtmittel, etc. .

Etwas derartiges Störmeldesystem findet man in Haushalten kaum, es gilt die visuelle Störmeldung. Ist eine Sicherung abgefallen, sind Teile der Stromkreise im Haushalt nicht versorgt. Erfolgte ein genereller Stromausfall verursacht durch den Energieversorger, so ist meist das ganze Wohngebäude stromlos. Hilfreich wäre im Wohngebäude die Meldung des Ausfalls von Stromkreisen, an denen zwingend notwendig elektrische Energie notwendig ist, wie z.B. bei Kühlschränken und Kühltruhen, aber auch Uhren ohne Standbyversorgung oder ADSL-Router und PC-Systeme mit Serverfunktion ohne unterbrechungsfreie Stromversorgung. Selbst die ausgefallene Stromversorgung der Klingel wäre hinsichtlich einer Rückmeldung interessant.

Selbst die Überwachung von Wartungsintervallen erfolgt im KFZ automatisch durch Meldung der Restlaufzeit einer Periode zwischen zwei Wartungen, während sämtliche Wartungen im Gebäude über den Kalender nachgehalten werden müssen. Einzig der Schornsteinfeger meldet seine Wartungstermine automatisch an.

Erneut wird erkennbar, daß das moderne KFZ wesentlich besser ausgestattet ist als das Wohngebäude, in dem wir uns nahezu ständig aufhalten.

1.5 Limitvorgaben

Limitvorgaben kennt jeder Mensch. Sie sind vorgegeben durch das Gehalt, das vom Arbeitgeber auf das Konto des Arbeitnehmers überwiesen wird. Nähert sich der Kontostand dem Stand 0 Euro sind keine Einkäufe mehr möglich und man muß auf kostspielige Dispositionskredite zurückgreifen. Andererseits neigt jeder Mensch dazu Reserven für schlechtere Zeiten oder den Lebensabend zurückzulegen und reduziert damit generell das verfügbare Gehalt im Monat und reduziert damit sein Limit.



Abb. 1.5 Limit-Einstellung im Auto

Die Automobilindustrie geht aber auch zumindest im Mittelklasse-Segment einen entscheidenden Schritt weiter und bietet zur Fahrerassistenz Limitierungssysteme in Form von Tempomat und Limiter an. Insbesondere der Limiter unterstützt energie- und kostensparendes Fahren erheblich, während der Tempomat prinzipiell eher eine Komforteinrichtung ist. Der Limiter legt eine Maximalgeschwindigkeit fest, regelt bei Überschreitung des Limits elektronisch die Kraftstoffzufuhr ab und warnt, wenn bei Bergabfahrt das Limit durch die Nutzung der potenziellen Energie als Umwandlung in kinetische Energie bei ausbleibender Bremsung die Geschwindigkeit gesteigert wird. Limiter reduzieren damit den Energieeinsatz bei normaler Fahrt, während bei Bergabfahrt die potenzielle Energie nicht gespeichert werden kann. Generell fehlen bei KFZ ohne Hybrid-Technologie i.a. Energierückgewinnungssysteme, da aus kinetischer oder potenzieller Energie derzeit technologisch nur durch Elektrolyse Wasserstoff oder über Generatoren elektrische Energie durch Speicherung in der Batterie rückgewonnen werden kann. Während Wasserstoff aus Sicherheitsgründen im normalen KFZ nicht gespeichert wird und Batterien durch den Generator nach dem Start ohnehin ständig geladen werden, hat der Limiter nur die halbe Wirkung hinsichtlich der Energieeinsparung, da zwar der Energieeinsatz, nicht aber die Energierückgewinnung optimiert wird. Dies trifft prinzipiell auch auf dem Tempomaten zu, der ebenso keine Energierückgewinnung ermöglicht, aber im Sinne einer Regelung eine Sollgeschwindigkeit über den Kraftstoffeinsatz stellt. Der Tempomat erfordert nicht die Betätigung des Gaspedals, da dieses über die Regelung elektronisch bedient wird, während der Limiter die aktive Betätigung des Gaspedals erfordert, aber übermäßigen Kraftstoffeinsatz begrenzt.

Limiter findet man in Haushalten nur zeitverzögert zum Ende des Jahres bei Präsentation der Nachzahlungsrechnungen für verbrauchte Energie, nachhaltig sind diese jedoch nicht, da unklar ist, auf welche Verbraucher wie verzichtet oder eingegriffen werden kann.

1.6 Adaptives Nutzerverhalten

All die oben angeführten Fahrerassistenzsysteme stehen dem Autobesitzer meist als Basisausstattung oder als Komfortpakete beim Autokauf zur Verfügung. Er kann, muß aber die Einrichtungen nicht nutzen, um sein Fahrverhalten energie- und kostensparend zu gestalten. Somit ist

das Nutzerverhalten freizeit- oder arbeitstagsadaptiv. In der Freizeit bei Sonntagsausfahrten steht das sportliche Nutzungsverhalten ohne Energiemanagement (allenfalls zur Ermittlung der Durchschnittsgeschwindigkeit) im Vordergrund, bei langen Fahrstrecken an Arbeitstagen das energie- und kostensparende Verhalten mit Komfortunterstützung, um auf einen Tankstellenaufenthalt zu verzichten und damit eher zu Hause anzukommen.

Was das Auto derzeit bietet, findet sich heute in kaum einem Haushalt. Viele Methoden sind im Auto bereits verwirklicht, deren Umsetzung im Haushalt zwar denkbar, aber ohne Gebäudeautomation noch in weiter Ferne ist.

Auch im Wohngebäude sind diese Methoden sowohl im Neubau, als auch bei einer Sanierung oder durch Nachrüstung realisierbar, sämtliche Technologien des KFZ sind in abgewandelter und angepaßter Form auch für das Wohngebäude machbar. Bei Neubauten ist eine pauschale, direkte Realisierung denkbar, jedoch auch eine sukzessive Nachrüstung, wenn die Einbauorte von Sensorik und Aktorik bereits mit den Stromversorgungs- und Datenleitungen, soweit notwendig, versehen sind oder über Leerrohre oder Kanäle nachgerüstet werden können. Verfügbar sind zudem Systeme, die einfach über die Medien Funkbus oder, bei vorhandenem vollständigem Leitungssatz, auch durch Powerline realisiert werden können. Manche Methoden sind direkt durch dezentrale Gebäudeautomation mit einfacher Automatisierung, andere nur durch softwarebasierte Zentralen mit Displays realisierbar. Vor der tiefgreifenden Installation von Gebäudeautomation stehen jedoch vordergründig die Kosten der Systeme hinsichtlich Anschaffung und Wartung.

Geht man von Anschaffungskosten in Höhe von 20.000 Euro für einen Mittelklassewagen aus, so gehen Experten davon aus, dass darin ca. 35 % Elektronik, bzw. elektrische Systeme verbaut sind, die nicht unbedingt für den Betrieb des KFZ notwendig sind. Damit werden für KFZ 7.000 Euro für Automation verwendet. Geht man von einer Nutzungszeit von 10 Jahren mit einem Restwert von 2.000 Euro aus und berücksichtigt die ständigen Wartungskosten, so leistet man sich beim KFZ jährlich etwa 500 Euro für elektronische Systeme für ein KFZ, bei allgemein üblich mehr als zwei KFZ je Haushalt damit fast 1000 Euro in jedem Jahr.

Demgegenüber liegen die Anschaffungskosten von Wohngebäuden einfacher Kategorie bei 150.000 bis 200.000 Euro. Für die konventionelle Elektroinstallation fallen ca. 3 bis 5 % der Anschaffungskosten an, dies wären zwischen 4.500 und 10.000 Euro, wobei jedoch einfachste Schaltungen ohne komplexe Treppenlicht- und Kreuzschaltungen und geringe Steckdosenanzahl bei nur wenigen einzeln schaltbaren Stromkreisen, die sogenannte 1-Stern-Kategorie, realisiert werden. Durch einen geringen Mehraufwand hinsichtlich Verkabelung in Verbindung mit weiteren elektrischen Komponenten sind etwa 2.000 Euro und bei Verwendung einer Industrie-SPS weitere 2.000 Euro notwendig, um darauf basierend eine weiter ausbaufähige Gebäudeautomation zu realisieren. Geht man inklusive Zusatzsoftware und Programmieraufwand auf der Basis ständig wiederverwendbarer Programmierung, d.h. standardisierter Lösungen, von weiteren 1.000 Euro aus, fallen insgesamt 5.000 Euro für eine komplexe Gebäudeautomation an, dies entspricht in etwa den Grundkosten für eine konventionelle Basisinstallation. Bei einer mittleren Nutzungsdauer von 20 Jahren fällt dieser Mehrwert an Wohnqualität, der auch Energieeinsparung ermöglicht, mit 250 Euro je Jahr im Vergleich zum KFZ kaum ins Gewicht.

Realisierbar ist der Mehrwert an Automation im Wohngebäude aufgrund etwas höherer Systemkosten bei optimaler Systemauswahl jedoch auch für Sanierungs- und Nachrüstungsprojekte. Die Mehrkosten werden etwa vergleichbar mit den Neubau-Add-On-Kosten liegen, da im Zuge der Nachrüstung niemals das gesamte Wohngebäude nachgerüstet werden wird.