

# Energie effiziente Produkte



*Cover Illustration: Stefanie Hilgarth*

## VORWORT

Seite 03

## Sirius+ Sensorbasiertes Smart Lighting für verkehrsadaptives Beleuchtungsmanagement zur Steigerung der Energieeffizienz

Seite 05

Durch die stärkere Kombination von Sensordaten zur Detektion von unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern mit hocheffizienten LED-Leuchten und darauf speziell abgestimmten Beleuchtungsstrategien unter Rücksichtnahme der Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer soll ein energieeffizientes Gesamtbeleuchtungssystem geschaffen werden.

## e.sense - Enthalpie-Sensorik zur Steigerung der Energieeffizienz in Gebäuden

Seite 11

Ziel des Forschungsprojektes ist, Möglichkeiten zu untersuchen, die Enthalpieströme in Lüftungs- und climatechnischen Anlagen erfassbar zu machen. Im Zentrum stehen dabei Strömungssensoren, die auf einer kostengünstigen Folien- und Dünnschichttechnologie beruhen und in die Strömungskanäle eingebracht werden.

## ACTune - Methodenentwicklung einer semi-automatisierten Luftmengeneinregulierung mit energetischer Betriebsoptimierung

Seite 19

Das Projekt überprüft die technische Machbarkeit bzw. Durchführbarkeit für eine semi-automatisierte Luftmengeneinregulierung mit energetischer Betriebsoptimierung und minimal invasiven Maßnahmen von raumluftechnischen Anlagen in Gebäuden. In Analogie zum automatisierten hydraulischen Abgleich und der Optimierung des wassergeführten Wärmeverteilsystems wird die Übertragbarkeit auf raumluftechnische Anlagen sondiert.

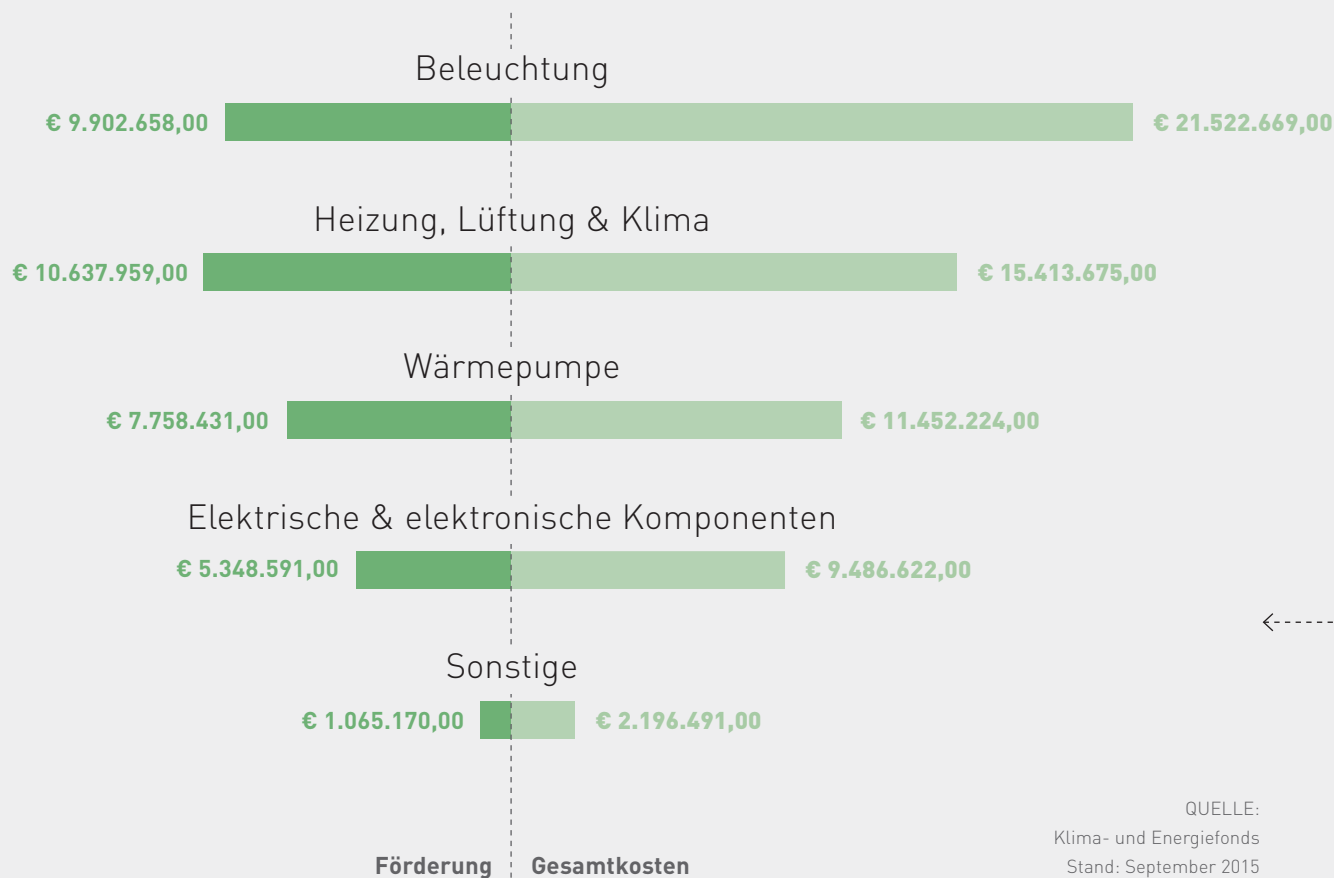
## Smart Heating - Energieeffiziente und schadstoffarme Heizungsanlagen

Seite 23

In diesem Projekt soll ein Konzept geschaffen werden, mit dem Dauermessungen aller effizienzrelevanten Parameter und Schadstoffe in Heizkesseln möglich sind. Die Daten können in Echtzeit dem Benutzer oder auch der zuständigen Behörde zur Verfügung gestellt werden, sodass eine schnelle Reaktion auf Überschreitungen von Grenzwerten möglich ist.

## Alle geförderten Projekte im Überblick

Seite 32



„Die Entwicklung von energieeffizienten Produkten ist ein Schwerpunkt des aktuellen Arbeitsprogramms der österreichischen Bundesregierung und mit seinem Energieforschungsprogramm unterstützt der Klima- und Energiefonds dies. Energieeffizienz ist zwar eine häufig zitierte, aber noch viel zu wenig realisierte Säule der Energiezukunft. Durch die gezielte Förderung der anwendungsnahen Forschung und Entwicklung sowie durch Maßnahmen zur Markteinführung tragen wir zur Realisierung bei.“

THERESIA VOGEL, GESCHÄFTSFÜHRERIN DES KLIMA- UND ENERGIEFONDS

# Evolution spart Energie

---

*Der Mensch begann auf zwei Beinen zu gehen, weil ihm diese Fortbewegung weniger Energie kostete. Eine Studie<sup>1</sup> hat den Gang von Menschen und Schimpansen untersucht und bestätigt: Schon kleine anatomische Veränderungen verbessern die Effizienz des aufrechten Gangs.*

Im 21. Jahrhundert verdanken wir die Möglichkeit zu weiteren Energieeinsparungen vor allem der Entwicklung von neuen Technologien. Beleuchtung, Heizung, Kühlung oder Warmwasserbereitung sind hervorragende Beispiele für die stetige Weiterentwicklung der Energieeffizienz von Produkten. Ziel ist durch die Produktion und den Betrieb innovativer energiebetriebener Produkte die Emissionen von Treibhausgasen in Österreich und darüber hinaus zu senken.

Seit 2007 unterstützt der Klima- und Energiefonds die Entwicklung von hochenergieeffizienten Produkten und Komponenten. Wenn in möglichst vielen Haushalten und Betrieben besonders energieeffiziente Geräte zum Einsatz kommen, kann der Energieverbrauch in der Masse sinken. Bisher wurden in Summe 81 energieeffiziente Produktentwicklungen mit rund 35 Millionen Euro zum Laufen gebracht.

Eine aufschlussreiche Lektüre wünscht Ihnen

*Ihr Klima- und Energiefonds*

<sup>1</sup> „Chimpanzee locomotor energetics and the origin of human bipedalism“ von Michael D. Sockol, David A. Raichlen und Herman Pontzer veröffentlicht in den Proceedings of the National Academy of Sciences, 2007



**Projektleitung:** THOMAS NOVAK  
SWARCO FUTURIT Verkehrssignalsysteme GmbH



# Sirius+

Sensorbasiertes Smart Lighting für verkehrsadaptives Beleuchtungsmanagement zur Steigerung der Energieeffizienz

Die Beleuchtung aller Verkehrsflächen im öffentlichen Raum hat einen nicht zu unterschätzenden Anteil am Gesamtenergieverbrauch von Städten und Gemeinden. Dies liegt einerseits an der meist schon veralteten Technologie der Leuchten und andererseits an den teilweise vorhanden zeitgesteuerten Management- und Steuerungskonzepten. Gerade durch die neuen Entwicklungen im Bereich der LED-Leuchten und der Kommunikationstechnologie können erstmalig innovative Beleuchtungskonzepte umgesetzt werden. **Im vorliegenden Projekt soll mit Hilfe von hocheffizienten LED-Leuchten und effizienter Sensorik ein System zur Umsetzung von verkehrsadaptivem Beleuchtungsmanagement umgesetzt werden.** Dabei soll das Hauptaugenmerk nicht wie in vergleichbaren Vorhaben nur auf die Beleuchtung von Hauptverkehrswegen gelegt, sondern auch Lösungen für Nebenstraßen sowie Rad- und Fußwege gefunden werden. **Hauptziel ist es eine signifikante Energieeinsparung von mehr als 20% über alle Systemebenen hinweg zu erzielen.**

## Stand der Technik und Problemstellung

Öffentliche Beleuchtung macht bis zu 50% des Energieverbrauchs einer Stadt oder Gemeinde aus, wie in der Digitalen Agenda der Europäischen Kommission zum Thema „Lighting the Citites“ festgehalten ist. Es sind innovative Maßnahmen notwendig, um die angestrebte Reduktion des CO<sub>2</sub> Fußabdrucks einer Gemeinde oder Stadt im Allgemeinen und jenen der Beleuchtung im Speziellen zu erreichen.

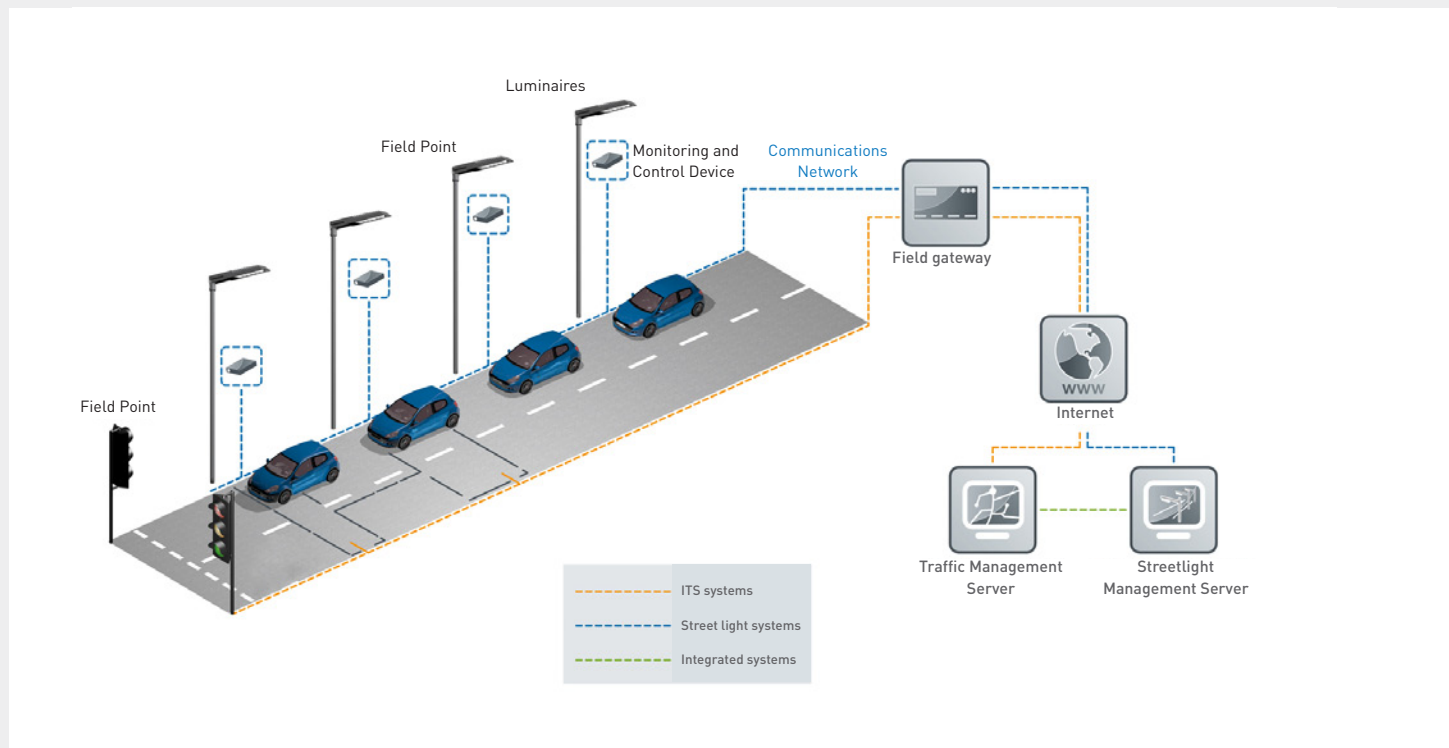
Derzeit wird Beleuchtung im Außenbereich für Straßen, Rad- und Fußwege trotz existierender Alternativen

meist immer noch mit Lampen basierend auf Natrium-Dampf, Leuchtstoffröhren und Quecksilber-Dampf umgesetzt. Mögliche Alternativen sind beispielsweise Leuchten auf LED-Basis wie sie ua. Philips, Schreder oder SWARCO FUTURIT im Programm haben. Diese machen allerdings auf dem Markt immer noch einen relativ kleinen Anteil von weniger als 5% für den Außenbereich aus, selbst wenn bei Umrüstungen und Neubau der Anteil der LED-basierten Leuchten bei annähernd mehr als der Hälfte liegt.

Heutzutage wird eine Anlage meist mithilfe eines Helligkeitssensors ein- bzw. ausgeschaltet. Als Energiesparmaßnahme kommt in einigen Bereichen, zB. Straßenbeleuchtung von Nebenstraßen, eine Nachtabschaltung jeder zweiten Leuchte bzw. einer von zwei Beleuchtungsröhren zum Einsatz. In den letzten Jahren wurden von verschiedenen Herstellern wie Vossloh-Schwabe, SiTeco, Schröder, SWARCO FUTURIT oder Philips – um nur einige zu nennen – intelligente Beleuchtungssysteme entwickelt. Sie ermöglichen eine Zeitschaltung mit unterschiedlichen Helligkeitsniveaus zu verschiedenen Zeiten. Darüber hinaus sind Kunde und Betreiber mit solch einem System in der Lage, den Status der Leuchten kontinuierlich zu überwachen.

Es zeigt sich, dass mit verschiedenen Einzelmaßnahmen Schritt für Schritt versucht wird, Energie in der öffentlichen Beleuchtung einzusparen. Meistens muss zwischen einer situationsgerechten und energieschonenden Ausleuchtung der Straße abgewogen werden, da die technischen Mittel fehlen, um beides in Einklang zu bringen.

## Streetlight Integration Scenario



„Das Projekt möchte den Energieverbrauch der öffentlichen Beleuchtung in Städten und Gemeinden um mehr als 20% reduzieren. Dies soll durch eine verkehrsadaptive Beleuchtungsstrategie, dh. Licht in Abhängigkeit von der Verkehrssituation, und mithilfe von LED Leuchten unter Berücksichtigung aller Verkehrsteilnehmer gelingen. Im Sinne eines integrierten Systemansatzes wird bestehende Verkehrsinfrastruktur eingebunden, um die Situation auf der Straße zu erfassen. Durch diese Strategie kann Energie deutlich eingespart werden, ohne die Verkehrssicherheit zu gefährden.“ PROJEKTLEITER THOMAS NOVAK

Ein Schlüssel zum Erfolg ist verkehrsadaptive Beleuchtung, dh. Licht auf der Straße in Abhängigkeit von der Verkehrssituation. Dazu bedarf es einer wirtschaftlich vertretbaren Lösung zur Erfassung der Verkehrssituation, was entweder durch Installation von geeigneter oder Verwendung bereits auf der Straße vorhandener Sensorik erreicht werden kann.

Im Rahmen des Vorgängerprojekts SIRIUS zeigte sich, dass Bestandssensorik nur auf Hauptstraßen von mittleren bis großen Gemeinden und Städten zur Verfügung steht. Auch bei bereits vorhandener Bestandssensorik ergab sich das Problem, dass es sich in sehr vielen Fällen um geschlossene Systeme unterschiedlicher Betreiber handelt und ohne die Mitarbeit dieser Betreiber kein Zugriff auf die Daten und darüber hinaus keine „offene“ Schnittstellenspezifikation zu erlangen ist.

### Sirius+ Ansatz

Innerhalb des Projektes soll zusätzlich eine Möglichkeit geschaffen werden, mit Hilfe derer State-of-the-Art Sensorik durch offene und standardisierte Schnittstellen direkt in das bereits entwickelte System eingebunden werden kann. Es sollen hier die unterschiedlichen Möglichkeiten der Integration ausgelotet werden, zB. wie unterschiedliche Sensorik bereits in das vorhandene Framework bzw. direkt in die Leuchten integriert werden könnte. Dadurch könnte sehr viel von der im System vorhandenen Intelligenz bereits bis in die Feldebene (Straße) verbreitet werden. So ist es denkbar, dass bereits vorhandenen Leuchten auch bei Einzelinstallation ohne Einbindung in ein übergeordnetes System eine rudimentäre Fähigkeit zu adaptivem Lichtmanagement zur Verfügung stellen könnte. Dies erfordert ua. eine umfassende Evaluierung der Heterogenität vorhandener Technologien für Präsenzsensoren (zB. Laser, Infrarot, Radar, WLAN-Tracking, Bluetooth-Tracking) hinsichtlich ihrer Eignung und eine möglichst offene Beschreibung der Schnittstelle.

Sirius+ setzt auf Funkkommunikation (ZigBee Technologie) zwischen den Leuchten und einem Koordinator, der die Schnittstelle zu einer Zentrale darstellt. Wurde in Vorprojekten noch ausschließlich ein zentraler Ansatz mit verstärkt vertikaler Integration des Datenflusses angedacht, soll nun auch horizontaler Datenaustausch erfolgen. Je nach Anwendungsfall und Größe der Installation sind einfache Steuer-algorithmen angedacht.

Schlussendlich könne mit einem Sirius+ System drei Arten von Systemen umgesetzt werden, die in einer realen Testumgebung in unterschiedlichen Gemeinden installiert werden sollen:

1. eine zentrale Steuerung und Überwachung mit einer Managementzentrale
2. eine lokale Steuerung einer Gruppe von Leuchten über einfache Steueralgorithmen
3. Einzelsteuerung einer Leuchte mithilfe eines eingebauten Sensors als Notfallebene

Zusammenfassend können mit einem Sirius+ System folgende Ziele erreicht werden:

- Erhöhung der Energieeffizienz bei den Anwendungen von mehr als 20%
- Ganzheitliche Betrachtung der möglichen Einsparungspotentiale und damit Optimierung des Gesamtsystems (Stichwort: Einsparung bei Knoten und Kommunikation)
- Verkehrsadaptive Steuerung der Beleuchtung
- Erhöhung der Energieeffizienz im Bereich von Sensorik, Kommunikation und auf Systemebene
- Bidirektionale Integration mit einer Verkehrsmanagementzentrale
- Verwendung von offenen und standardisierten Schnittstellen



## Innovationen und Nutzen

### Zu den in diesem Projekt angestrebten Innovationen gehören:

- Implementierung einer verkehrsadaptiven Steuerung mithilfe einer Managementzentrale unter Einbeziehung ALLER Verkehrsteilnehmer.
- Schaffung eines offenen Systems für die Integration von Sensorik
- Möglichkeit des adaptiven Lichtmanagements auch in Gebieten ohne Bestandssensorik mit zusätzlichem Mehrwert für das Verkehrsmanagement
- Berücksichtigung der Privacy und des Datenschutzes
- Eröffnen der Möglichkeiten bestehende Systeme um einen Rückkanal zur Verkehrsmanagementzentrale zu erweitern
- Ganzheitliche Betrachtung der möglichen Steigerung der Energieeffizienz
  - Hardware-Ebene
  - Kommunikationsebene (Einsparung durch Low Power Protokoll)
  - Systemebene - Einsparungen auf Applikationsbasis

### DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT

- Öffentliche Beleuchtung ist ein nicht zu unterschätzender Energieverbraucher. Das Projekt zeigt eine Weg auf, Energie und somit CO<sub>2</sub> einzusparen, ohne die Beleuchtungssituation auf der Straße zu verschlechtern.
- Die Umsetzung und der Betrieb des intelligenten Beleuchtungssystems in realen Umgebungen liefern wertvolle und nachvollziehbare Informationen über das tatsächliche Einsparungspotential in der öffentlichen Beleuchtung
- Die Zusammenarbeit von Industrie, Wissenschaft und Verantwortlichen aus den Kommunen ermöglicht einen Gedankenaustausch und Bewusstseinsbildung bei Entwicklern, Produzenten und Kunden von intelligenten Beleuchtungssystemen.



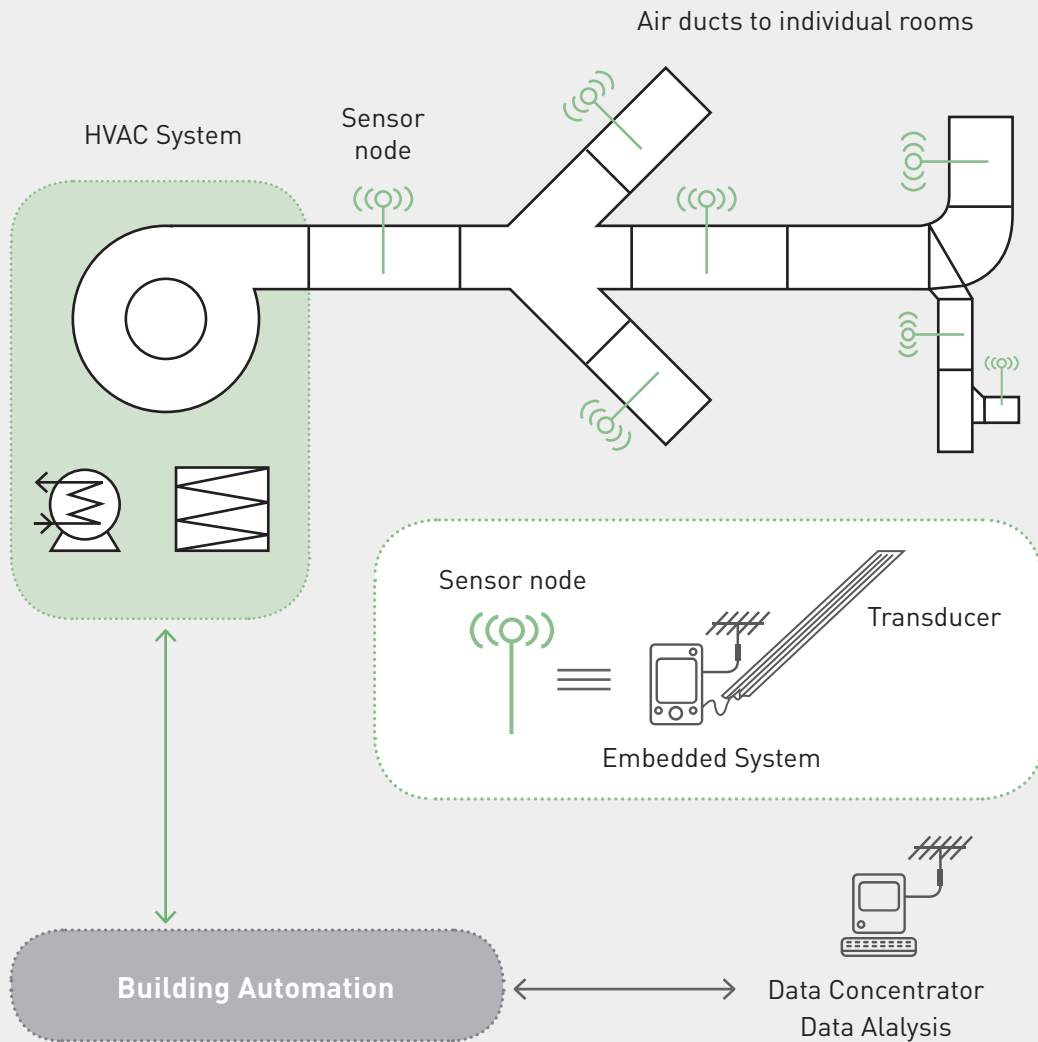


**Projektleitung:**

THILO SAUTER  
 Donau-Universität Krems  
 Zentrum für Integrierte Sensorsysteme

**Überblick über die Systemarchitektur**

ABBILDUNG 1



## e.sense

Enthalpie-Sensorik zur Steigerung der Energieeffizienz in Gebäuden

Lüftungs- und Klimasysteme tragen wesentlich zum Gesamtenergieverbrauch eines Gebäudes bei. Nach dem Einbau und der Inbetriebnahme werden sie jedoch kaum noch überprüft, geschweige denn im Hinblick auf ihre Effizienz bei Normalbetrieb optimiert. Ein Grund dafür – abgesehen von einem Mangel an Bewusstsein seitens Errichter und Betreiber – ist der Mangel an effizienten Möglichkeiten für die verteilte Überwachung des Systems, vor allem bei größeren Anlagen. Periodische oder kontinuierliche Effizienzüberwachung oder Einstellung des Systems ist daher schwierig – auch wenn diese von der Europäischen Union im Rahmen der neuen Richtlinie für die Energieeffizienz von Gebäuden gefordert wird. **Analysen zeigen, dass bis zu 40% der Energie durch eine verbesserte Regelstrategie eingespart werden kann<sup>1</sup>.**

Das Ziel des Projektes, ist die Energieströme in Lüftungs- und Klimaanlage messbar zu machen und grundlegende Erkenntnisse über die Messbarkeit der Energieströme in Lüftungs- und Klimaanlage zu gewinnen. Im Gegensatz zu State-of-the-Art-Sensorkonzepte, die nur für temporäre Messungen nützlich sind und große Eingriffe in bestehende Installationen erfordern, liegt der Fokus im vorliegenden Projekt auf speziellen Durchflusssensoren, die dauerhaft in den Luftkanälen installiert sind. Dabei sollen kosteneffiziente Produktionstechnologien wie zB. gedruckte Leiterplatten (engl. Printed circuit board, PCB) Technologien zum Einsatz kommen und die Sensoren zur Optimierung der Anlage vernetzt werden. Solche Strömungssensoren können im Vergleich zu herkömmlichen Sensorkonzepten auch einfach installiert,

gewartet und ausgetauscht werden. Da die Sensoren minimal invasiv sind und daher nur einen spezifischen Teil der Strömung in einem Lüftungskanal einfangen können, ist es unerlässlich, sie richtig zu platzieren. Die komplexen aerodynamischen Strömungsverhältnisse innerhalb der Kanäle werden unter Zuhilfenahme von analytischen und computernumerischen Simulationsmodellen untersucht, um eine bestmögliche Abbildung der realen Situation und der von den Sensoren erfassten Messwerte zu erhalten. Um eine verteilte und koordinierte Datenerfassung zusammen mit einfacher Montage zu erleichtern, sollen die Sensoren mit batteriebetriebenen integrierten Systemen kombiniert werden, welche die Daten über ein drahtloses Netzwerk an einen zentralen Knoten schicken. Dieser stellt die gesammelten Daten dann in Echtzeit der Gebäudeautomatisation zur Verfügung.

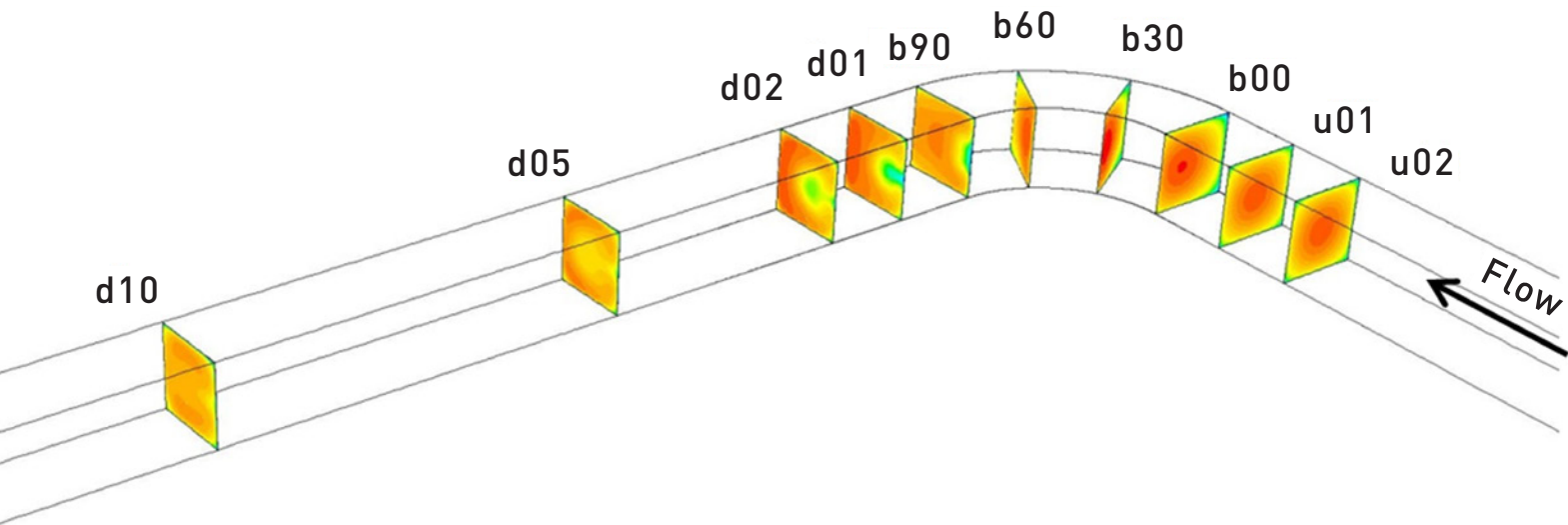
### System Architektur

Derzeit wird der Luftvolumenstrom in den einzelnen Teilen der HLK-Anlagen aus Kostengründen in keinsten Weise überwacht. Doch, wie bereits erwähnt, sind diese Informationen für wirtschaftliche Zwecke sowohl auf operativer als auch gesamtwirtschaftlicher Ebene notwendig.

Das Hauptproblem bei der kompletten Charakterisierung und Echtzeit-Energieoptimierung von Heizungs-, Lüftungs-, Klimatechnik (HLK)-Anlagen liegt darin, den Massenstrom zu bestimmen. Die Messungen müssen einen repräsentativen Mittelwert über den gesamten Kanalquerschnitt erfassen. Basierend auf der verfügbaren Strömungsaufnehmertechnologien, welche nur

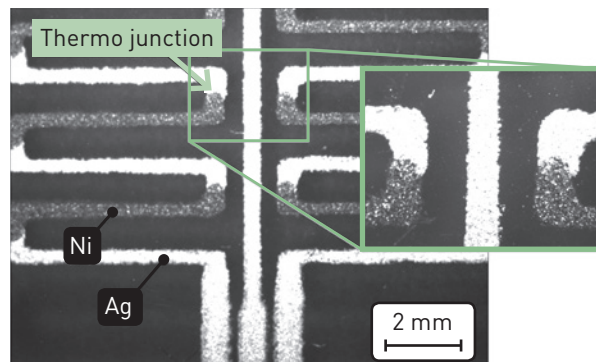
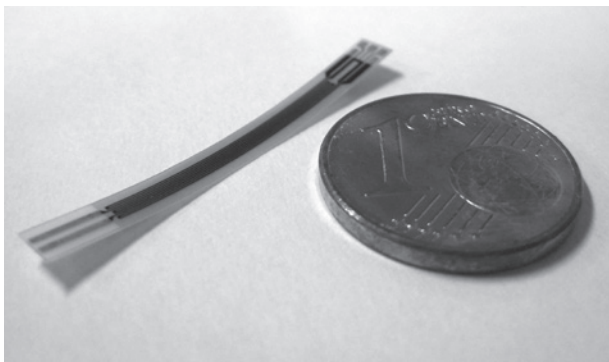
### Numerische Simulationsergebnisse der Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit im Kanal

ABBILDUNG 2



### Prototypen der Strömungswandler auf Basis von PCB- und Siebdrucktechnologien

ABBILDUNG 3



punktuell die Strömungsgeschwindigkeit bestimmen können, müssen ausreichend viele dieser Sensoren im Querschnitt platziert werden um den Massenstrom quantifizieren zu können.

Wie in Abbildung 1 gezeigt, ist für jede Verzweigung mindestens eine Messstelle erforderlich. In großen Installationen kann dies leicht zu mehreren hundert Sensoren führen. Dies wiederum fordert eine skalierbare Systemarchitektur und kostengünstige Sensorknoten. Damit die Sensoren die Strömung nicht behindern, müssen sie klein gegenüber dem Strömungsquerschnitt sein. Sie müssen jedoch die Strömung genau genug messen können, wodurch eine gut durchdachte Platzierung innerhalb der Luftkanäle erforderlich wird um die Verzerrung der Messergebnisse aufgrund lokaler Turbulenzen zu vermeiden.

Die Sensorknoten werden dabei, vorzugsweise drahtlos, zu einem Sensornetzwerk zusammengeschaltet. Es gibt viele industrielle Kommunikationssysteme für solche Automatisierungen, insbesondere aber für die Gebäudeautomation<sup>2</sup>. Für die konkrete Umsetzung wird der offene Standards 6LoWPAN basierend auf IEEE 802.15.4 verwendet. Dieser bietet einen sicheren Low-Power-Netzwerklayer und hat, dank der Unterstützung von IPv6, kaum Einschränkungen bei der Adressierung der Netzwerkknoten und der Skalierbarkeit. Die Sensorknoten übertragen die erfassten Daten an eine zentrale Datensammelstelle, welche sowohl als Schnittstelle für den Benutzer fungiert als auch die HLK-Kontrolle übernimmt. Falls erforderlich, können auch Router eingesetzt werden um die Reichweite der Funk-Segmente zu erweitern, oder um das Netzwerk in kleinere, leichter handhabbare Teilnetze aufzuspalten.

Ein weiterer Aspekt ist die Synchronisation der Knoten untereinander. Um die Enthalpie-ströme im Gesamtsystem genau abbilden zu können, müssen die Daten an den unterschiedlichen Stellen gleichzeitig aufgenommen werden. Synchronisation von lokalen Uhren der Sensorknoten ist daher eine Grundvoraussetzung. Jedoch haben die in HLK Anlagen beobachteten Prozesse eine erhebliche thermische Trägheit und die

einzelnen Messungen müssen über einen gewissen Zeitraum gemittelt werden um Interferenzen durch temporale Turbulenzen zu unterdrücken. Daher wird das NTP (Network Time Protocol), welches in IP-basierten Netzwerken weit verbreitet ist, für die Synchronisation der Knoten im Netzwerk eingesetzt. Es ist zu erwarten, dass die erreichbare Synchronisationsgenauigkeit von typischerweise 100 ms ausreicht um eine koordinierte Datenabastung zu ermöglichen<sup>3</sup>.

### Platzierung im Kanalquerschnitt

Eine optimierte Platzierung des Sensors erfordert eine detaillierte Information über die Geschwindigkeitsverteilung in den Kanälen, da es durch die komplexen dreidimensionalen Formen, vor allem bei T-Stücken, Bögen und Abzweigungen zum Teil zu Rückströmungen und ungünstigen Verwirbelungen kommt (Abbildung 2). Daher werden verschiedene Reynolds- sowie Navier-Stokes gleichungsbasierte Turbulenzmodelle evaluiert<sup>4-9</sup>. Die Vorhersagequalität der beschriebenen Turbulenzmodelle wurde gegen die experimentellen Daten aus mehreren strömungsmechanischen Experimenten getestet.

Mit den abgeglichenen Modellen können dann verschiedene komplexe Kanalführungen simuliert werden.

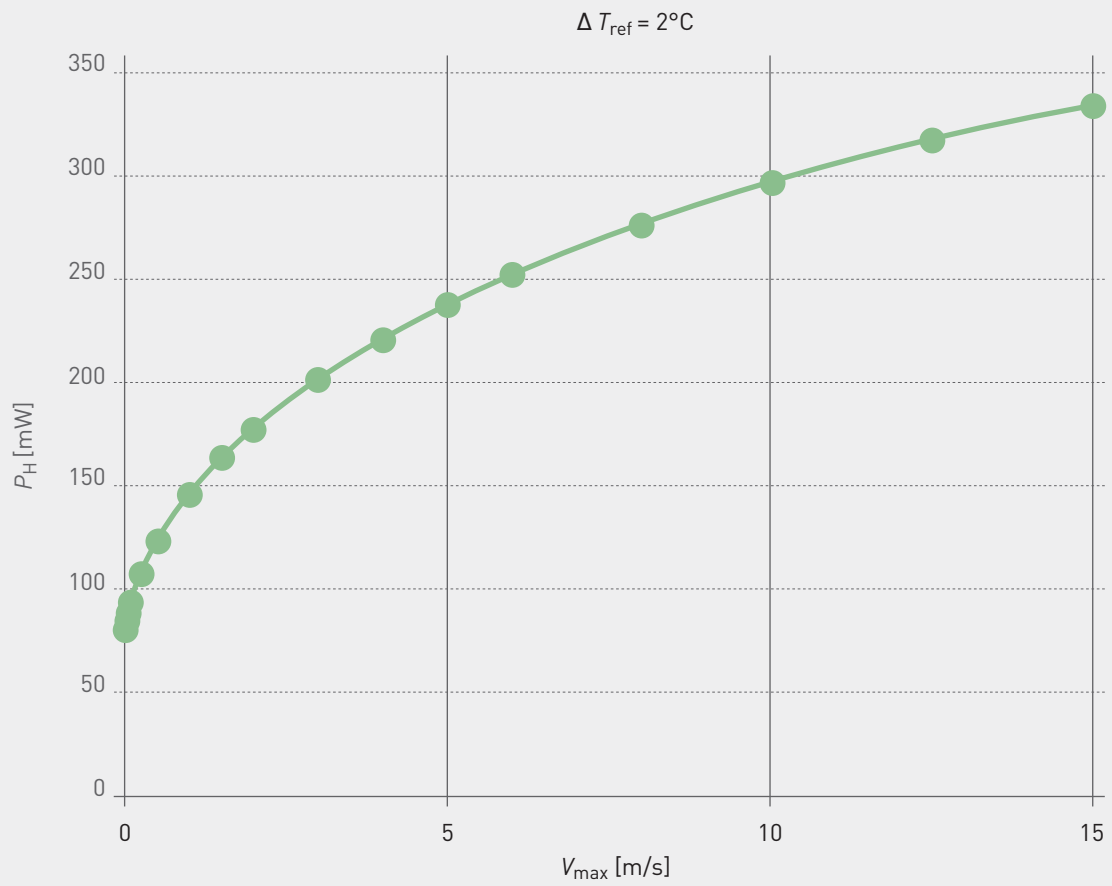
**Die Ergebnisse der Simulationen liefern Richtlinien für die optimale Platzierung in verschiedenen Kanalbautteilen, um den Massestrom genau bestimmen zu können.**

### Strömungssensoren

Es gibt viele Möglichkeiten, um Luftströmungen zu messen, aber nicht viele sind auch kostengünstig. Flügelrad-Anemometer umfassen bewegliche Teile, die jedoch verschleißanfällig sind. Doppler-Ultraschallsensoren sind bei hinreichenden Strömungsgeschwindigkeiten sehr genau, aber komplexe und teure Wandler. Andererseits sind thermische Sensoren basierend auf Heißdraht oder kolorimetrischen Prinzipien sehr vielversprechend. Thermische Flusssensoren auf Basis von Silizium Dünnschichttechnik sind bekannt dafür sehr

Simulationsergebnisse der Übertragungsfunktion  
der Sensoren für verschiedene Strömungsgeschwindigkeiten

ABBILDUNG 4



„Eine Welt ohne Sensoren ist heutzutage kaum noch vorstellbar. Intelligente netzwerk-basierte Sensoren sind die Grundlage von vielen modernen Geräten und technischen Prozessen. Mit den Forschungsaktivitäten im Projekt e.sense soll es in Zukunft erstmals möglich werden, online festzustellen, wie sich die Energieflüsse in Klimasystemen wirklich verteilen. Das wird ein wichtiger Schritt in Richtung bessere Energieeffizienz bei gleichzeitig optimalem Nutzerkomfort.“

PROJEKTLLEITER THILO SAUTER



empfindlich zu sein<sup>10-11</sup>. Diese sind jedoch zerbrechlich und die Technologie relativ kostspielig. In einem Versuch, das gleiche grundlegende Funktionsprinzip, aber robustere Entwürfe zu verwenden, wurden dünne flexible PCB Träger als technologische Basis verwendet.<sup>12-14</sup> Daher werden für das Projekt die Sensoren auf flexiblen Substraten mit Standard-Siebdruck oder PCB Technologien aufgebaut.

Das Funktionsprinzip ist einfach und beruht auf Wärmeübertragung: Wenn ein Heizwiderstand, eingebettet zwischen zwei Thermistoren, eingeschaltet wird und es keine Luftströmung auf der Oberfläche des Sensors gibt, bildet sich ein symmetrisches Temperaturfeld aus. Die Thermistoren auf beiden Seiten des Heizers messen daher die gleiche Temperatur. Wenn ein Luftstrom in der Richtung senkrecht zu dem Sensor vorhanden ist, wird diese Symmetrie verzerrt. Wärme wird in der Strömungsrichtung abgeführt, und die Kühlwirkung in dem Bereich stromaufwärts ist stärker als stromabwärts. Die dadurch entstehende Temperaturdifferenz kann in eine Ausgangsspannung umgewandelt werden welche proportional zur Strömungsgeschwindigkeit ist.

Abbildung 3 zeigt Prototypen der Sensoren. In der ersten Variante werden flexible PCBs verwendet und sowohl der Heizer als auch Thermistoren als Kupferbahnen ausgeführt. Kupfer weist den gleichen Temperaturkoeffizienten wie Platin auf, welches wiederum weithin für Temperatursensoren verwendet wird. Daneben ist auch eine Variante mit Thermopiles abgebildet. Bei diesem werden Silber und Nickel als Thermopaar verwendet und mittels Siebdruck auf ein

flexibles Substrat aufgetragen. Dabei müssen auch erst die optimalen Parameter und Siebdruckpasten evaluiert werden, um möglichst reproduzierbare Sensoren fertigen zu können.

Das Sensor-Layout ermöglicht die Herstellung von Bauelementen von beliebiger Länge, wodurch die Anpassung an verschiedene Luftkanalgeometrien erleichtert und für einen Mittelungseffekt über den Querschnitt gesorgt wird. Dadurch ist das Layout weitgehend robust gegenüber lokalen Schwankungen und Turbulenzen.

Die Charakterisierung der Sensoren erfolgt im Labor mittels eines speziellen Strömungskanal, bei dem über einen Ventilator eine definierte Strömung eingepreßt wird. Die Auswertung erfolgt bei diesen Versuchen mit umfangreichem Mess-Equipment. Mit den Ergebnissen erfolgt eine Optimierung des Designs. Es zeigte sich, dass eine einfache Auswertung der Strömungsgeschwindigkeit mittels Brückenschaltung nur in einem sehr eingeschränkten Messbereich funktioniert.

Um den Messbereich zu erweitern wird eine eigene elektrische Schaltung verwendet, bei welcher die Temperaturdifferenz zwischen stromaufwärtigem und stromabwärtigem Temperaturenfänger über ein Nachregulieren der Leistung am Heizer konstant gehalten wird. Das Regelsignal für den Heizer ist dabei proportional zur Strömungsgeschwindigkeit, mit dem Vorteil, dass der Geschwindigkeitsbereich wesentlich vergrößert wird (Abbildung 4).

Mit dem optimierten Layout können dann Versuche in realen Lüftungskanälen durchgeführt und das gewünschte Sensornetzwerk aufgebaut werden.



## Referenzen

- <sup>1</sup> L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, and C. Pout, "A review on buildings energy consumption information," *Energy and Buildings*, vol. 40, no. 3, pp. 394–398, Jan. 2008.
- <sup>2</sup> T. Sauter, "The Three Generations of Field-level Networks – Evolution and Compatibility Issues," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, vol. 57, no. 11, 2010, pp. 3585-3595.
- <sup>3</sup> R. Exel, T. Sauter, P. Ferrari, and S. Rinaldi, "Clock Synchronization in Distributed Systems using NTP and PTP," in: R. Zurawski (Ed.), *The Industrial Communication Technology Handbook*, 2nd ed., CRC Press, 2014.
- <sup>4</sup> K. Sudo, M. Sumida, and H. Hibara, "Experimental investigation on turbulent flow in a square-sectioned 90-degree bend," *Experiments in Fluids* 30, 2001, p. 246-252.
- <sup>5</sup> P. Durbin, "Near-wall turbulence closure modeling without damping functions," *Theoretical and Computational Fluid Dynamics* 3, 1–13, 1991.
- <sup>6</sup> F. Lien and G. Kalitzin, "Computations of transonic flow with the v2f turbulence model," *International Journal of Heat and Fluid Flow*, Vol. 22, 53-61, 2001.
- <sup>7</sup> Ch. Heschl, K. Inthavong, and J. Tu, "Evaluation of eddy viscosity turbulence models to predict convective heat transfer," *Ninth International Conference on CFD in the Minerals and Process Industries*, CSIRO, Melbourne, Australia, 10-12 December 2012.
- <sup>8</sup> L. Davidson, P.V. Nielsen and A. Sveningsson, "Modification of the V2F model for computing the flow in a 3d wall jet," *Turbulence Heat and Mass Transfer* 4, 577-584, 2003.
- <sup>9</sup> S.V. Patankar, "Numerical Heat Transfer and Fluid Flow," Hemisphere Publishing Corporation, New York Washington Philadelphia London, ISBN 0-89116-522-3, 1980.
- <sup>10</sup> N.T. Nguyen, "Micromachined flow sensors—a review," *Flow measurement and Instrumentation*, vol. 8, no. 1, pp. 7–16, 1997.
- <sup>11</sup> F. Kohl, R. Fasching, F. Keplinger, R. Chabicovsky, A. Jachimowicz, and G. Urban, "Development of miniaturized semiconductor flow sensors," *Measurement*, vol. 33, no. 2, pp. 109–119, 2003.
- <sup>12</sup> N.T. Nguyen, X.Y. Huang, and K.C. Toh, "Thermal flow sensor for ultra-low velocities based on printed circuit board technology," *Meas. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 12, pp. 2131-2136, Dec. 2001.
- <sup>13</sup> A. Petropoulos, D.N. Pagonis, and G. Kaltsas, "Flexible PCB-MEMS Flow Sensor," *Procedia Engineering*, vol. 47, pp. 236-239, 2012.
- <sup>14</sup> T. Glatzl, F. Kohl, T. Sauter, and W. Hortschitz, "Concept of a Thermal Flow Sensor Integration on Circuit Board Level," *IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, Cagliari, Italy, 10-13 Sep. 2013, pp. 1-4.

## Zusammenfassung

Ein energieeffizienter Betrieb von Klimaanlage erfordert angemessene Mittel zur Überwachung der tatsächlichen Verteilung von Massen- und Enthalpieströmen. Dies ist erforderlich um zu überprüfen, ob das System noch immer einwandfrei funktioniert oder ob sich die Betriebsbedingungen im Laufe der Zeit verändert haben.

Das Projekt ist der erste Versuch eines verteilten Messsystems mit einfach handhabbaren und kostengünstigen Sensoren, um den Massestrom in Luftkanälen minimalinvasiv zu erfassen. Die Sensoren basieren auf dem kalorimetrischen Prinzip und werden entweder mit Standard PCB- oder mittels Siebdruck-Technologien hergestellt. **Die bisherigen Versuchsergebnisse**

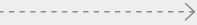
**lassen darauf schließen, dass solch ein kostengünstiger Sensoransatz möglich ist.** Des Weiteren bietet das Design den Vorteil, den Luftstrom über den gesamten Querschnitt des Kanals zu erfassen, wodurch es robust gegenüber von Störungen durch lokale Turbulenzen und Randeffekten ist.

Ein kritischer Punkt in der Installation des Überwachungssystems ist schlussendlich die Sensorplatzierung. Im Kanal herrschen typischerweise turbulente Strömungen. Eine genaue Modellierung dieser turbulenten Strömungen ist wichtig um zuverlässige Vorhersagen über die Strömungsgeschwindigkeiten und die daraus resultierenden Richtlinien zur Platzierung der Sensoren zu erhalten.

### DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT

- Ziel des Projekts ist die Entwicklung von effektiven und kostengünstigen Messmethoden zur Analyse der Energieflüsse in Klimaanlage, um so die Basis für intelligente Steuerung und Regelung zu schaffen und so die Optimierung der Anlagen zu ermöglichen, was zu Kosten- und Energieeinsparungen beiträgt.
- Die im Projekt untersuchten und entwickelten Methoden sind unabhängig von einem konkreten Anwendungsfall und können universell zum Monitoring in Klimaanlage eingesetzt werden.
- Die Projektergebnisse erlauben den am Projekt beteiligten Unternehmen einen Ausbau ihres Technologie- bzw. Produktportfolios. Die entwickelten Sensoren werden einzigartig sein und somit den Unternehmen einen Vorsprung sowohl bei der Erzeugung als auch Systemintegration der Sensoren sichern. Die Wettbewerbsfähigkeit wird dadurch über die Grenzen Österreichs hinaus deutlich gestärkt.





**Projektleitung:** TIM SELKE

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Energy Department

# ACTune

Methodenentwicklung einer semi-automatisierten Luftmengeneinregulierung mit energetischer Betriebsoptimierung

„Entsprechend der Richtlinie (RL) 2006/32/EG (Endenergieeffizienz- und Energiedienstleistungsrichtlinie - ESD) hat Österreich einen Einsparrichtwert für 2016 berechnet. Bis 2016 sollen demnach mindestens 80,4PJ Endenergieverbrauch durch Energieeffizienzmaßnahmen eingespart werden. Das indikative nationale Energieeffizienzziel laut RL 2012/27/EU (Energieeffizienzrichtlinie - EED) sieht einen Endenergieverbrauch von 1.100PJ bezogen auf die österreichische Energiebilanz vor. Nur durch das konsequente Verfolgen dieser Zielsetzungen können die von der EU für 2020 gesetzten Ziele für die Reduktion der Treibhausgase und die Erhöhung des Anteils an Erneuerbaren Energieträgern auf 34% am Bruttoendenergieverbrauch für Österreich erreicht werden.“<sup>1</sup>

Das Sondierungsvorhaben ACTune adressiert die verbesserte Energieeffizienz von raumluftechnischen (RLT) Anlagen im Betrieb. „Der Betrieb solcher Anlagen bedarf großen Energieeinsatzes und Schätzungen gehen davon aus, dass in Österreich im Jahr 2007 für den Betrieb mechanischer Lüftungsanlagen rund 800.000 MWh (2007) eingesetzt wurden. Die Betreiber von RLT-Anlagen schöpfen aus unterschiedlichsten technischen und nicht-technischen Gründen das vorhandene wirtschaftliche Energieeinsparpotenzial von etwa 40% nicht aus. Mit Umsetzung verschiedener Effizienz steigernder Maßnahmen in Lüftungsanlagen

können über 300.000 MWh Strom eingespart, bzw. die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 210.000 t reduziert werden.“<sup>2</sup>

Zur Erreichung eines energieeffizienten Anlagenbetriebs von RLT-Systemen sind die zentralen Ansatzpunkte bekannt: Eine wesentliche Maßnahme zur Reduktion des Energieverbrauch von RLT-Anlagen ist der Abgleich der Volumenströme bei minimaler Ventilator-Leistung zu Luftförderung. Die Überprüfung der tatsächlichen Luftmengen im Kanalnetz bei der Inbetriebnahme der RLT-Anlagen wird im Leistungsumfang der Fertigstellung durch Einregulierungsarbeiten durchgeführt. Dazu gibt es regulatorische Vorgaben und es sind hinsichtlich der Einregulierung Inbetriebnahmeprotokolle anzufertigen. Die Einregulierung von Luftmengen erfolgt somit allerdings nur einmalig durch manuelle lokale Messungen, aber nicht im energieoptimierten Anlagenbetrieb.

Vor diesem Hintergrund überprüft das Sondierungsvorhaben ACTune die technische Machbarkeit/Durchführbarkeit für eine semi-automatisierte Methode zur minimal invasiven Luftmengenregulierung mit Betriebsoptimierung von RLT-Anlagen in Gebäuden. In Analogie zum automatisierten hydraulischen Abgleich und der Optimierung des wassergeführten Wärmeverteilsystems in Gebäuden wird die Übertragbarkeit auf RLT-Anlagen sondiert.



„In Kooperation aus Forschung und Wirtschaft schaffen wir im Projektteam eine solide Wissensbasis zu den Möglichkeiten der automatisierten Luftmengeneinregulierung von bestehenden raumlufttechnischen Anlagen und deren energieeffizientem Betrieb. Bei vielversprechenden Sondierungsergebnissen im ACTune-Projekt wird eine Weiterentwicklung zu technischen Systemlösung für die semi-automatisierte Luftmengeneinregulierung im energieoptimalen Betrieb in nachfolgenden F&E-Projekten angestrebt. myWarm ist mit der Lösung „myWarm | pure efficiency“ Weltmarktführer im Bereich der automatisierten und gemonitorten Verteilungs-Optimierung von Energiemengen in wassergeführten Anlagen, wie zB. Heizung-, Kühlung- und Solaranlagen. Die Sondierung der Anwendbarkeit der bei myWarm verfügbaren Technologien und Verfahren auf die Optimierung von Luftverteilsysteme bzw. die Sondierung möglicher notwendiger Entwicklungsaufwände ist in Hinblick auf die breite und ergänzende Anwendungsmöglichkeit in Gebäuden ein logischer Schritt. Die durch den Fonds geförderte Zusammenarbeit im Bereich F&E mit einem der führenden österreichischen Forschungsinstitutionen erhöht für das junge Unternehmen myWarm GmbH die Schlagkraft und verkürzt Time-to-Market.“ PROJEKTLEITER TIM SELKE



#### Referenzen

- <sup>1</sup> NEEAP 2014 Erster Nationaler Energieeffizienzaktionsplan der Republik Österreich 2014 gemäß Energieeffizienzrichtlinie 2012/27/EU.
- <sup>2</sup> Zitat aus Energieeffizienz bei Lüftungsanlagen, Ein Ratgeber für die Praxis, MA 27, EU-Strategie und Wirtschaftsentwicklung, Wien, November 2008

### Nachfolgende wesentliche Projektergebnisse werden angestrebt:

- Erstellung einer umfassenden Umfeldstudie mit vertiefter Erhebung zum Stand der Technik, technischen und nicht-technischen Barrieren und regulatorischen Rahmenbedingungen
- Prüfung der Übertragbarkeit einer existierenden Methode zur automatisierten Einregulierung von wasserführenden Wärmeverteilsystemen (hydraulischer Abgleich) auf die Einregulierung luftgeführter Systeme
- Beschreibung der Anforderungen und Rahmenbedingungen einer Lösung zur semi-automatisierten Einregulierung von Luftmengen
- Erste Funktionsüberprüfungen geeigneter Bauteile zum Messen und Steuern für den semi-automatisierten Luftmengenregelung
- Sondierung des nachfolgenden F&E Bedarfs zur Weiterentwicklung der Methode für eine zukünftige Energie-Dienstleistung

### DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT

- Energieeffizienz ist eines der wichtigsten wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Themen der Gegenwart und Zukunft.
- Der Energieoptimierung von Gebäuden und der Versorgungssystemen kommt mit einem Anteil von über 30 % des Gesamtenergiebedarfs eine gewichtige Rolle zu.
- Die bedarfsgerecht optimierte Energie-Verteilung ist eine der wichtigsten Grundlagen für die effizienten Versorgung und Konditionierung.

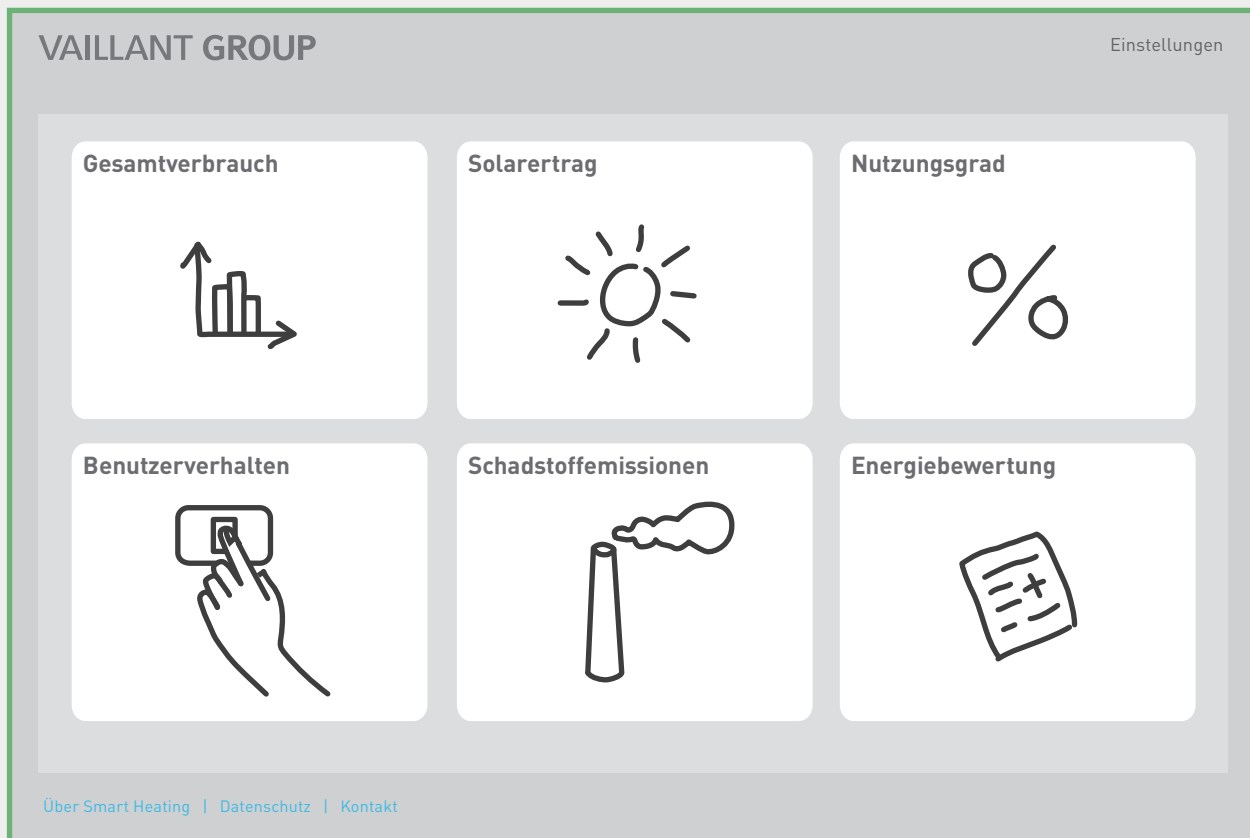




**Projektleitung:** FRANZ ZACH  
Österreichische Energieagentur

**Online-Ansicht: Entwurf**

ABBILDUNG 1



# Smart Heating

Energieeffiziente und schadstoffarme Heizungsanlagen

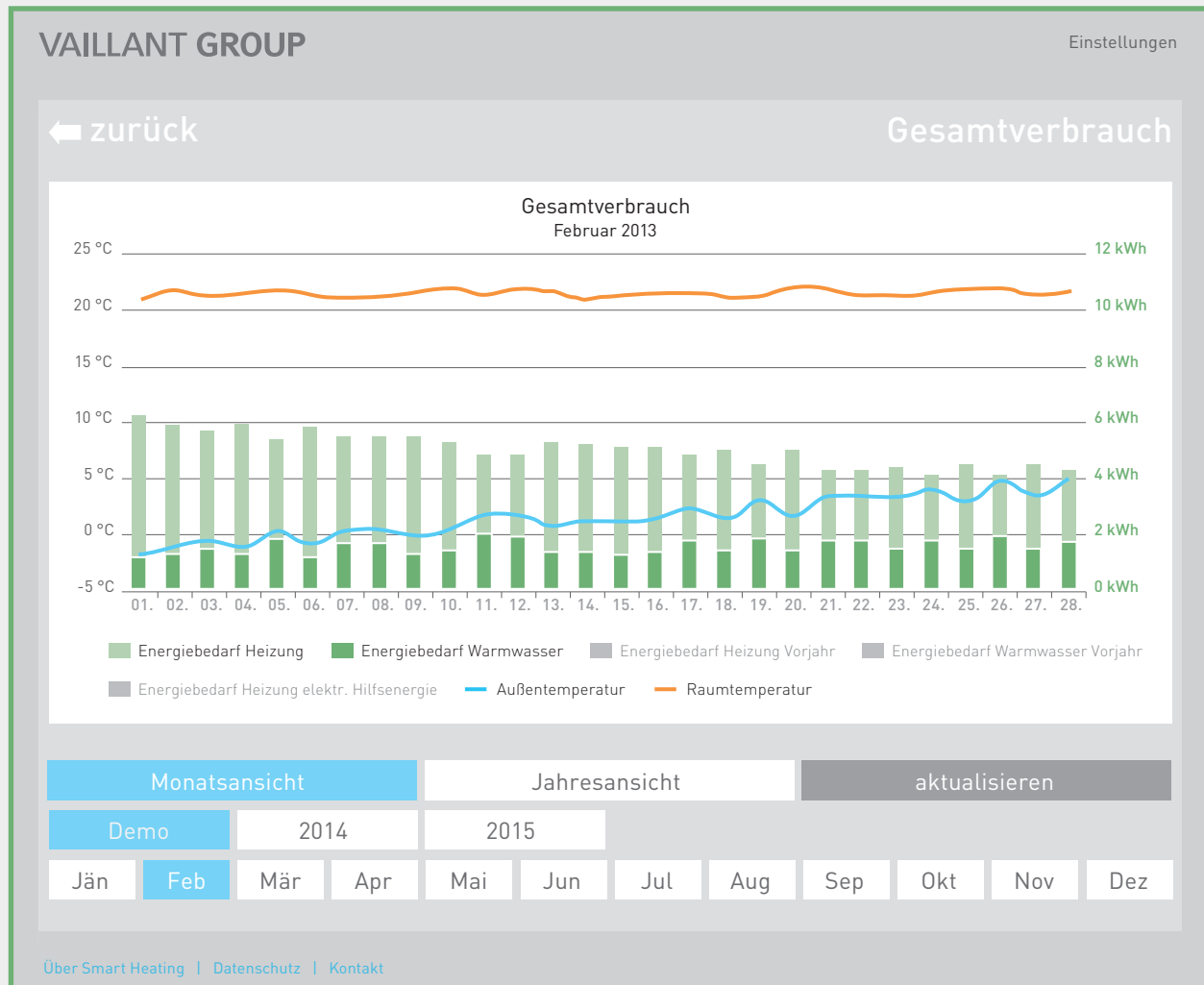
Die meisten Heizsysteme arbeiten nicht so effizient, wie sie könnten. Auf dem Prüfstand werden meist beste Effizienzwerte erzielt, aber die Realität sieht anders aus: Aufgrund mangelhafter oder nicht durchgeführter Wartungen und unzureichender Abstimmung auf die Erfordernisse des versorgten Objektes sowie deren Benutzer arbeiten die Systeme bei Weitem nicht so energieeffizient, wie sie könnten. Diese Umstände wirken sich auf die Luftqualität (Schadstoffe), den Energieverbrauch und damit auch auf die Heizkosten aus. Hinzu kommt, dass ein Drittel der in Europa verbrauchten Primärenergie für Heizung und Warmwasser aufgewendet wird. Folglich lassen sich in diesem Sektor erhebliche Mengen an Energie und Schadstoffemissionen einsparen.

## **Folgende Ursachen sind vor allem für die derzeitige Situation verantwortlich:**

— Derzeit haben Konsumenten keinen Einblick in die Performance ihrer Heizungsanlage. Der Endverbraucher hat kaum etwas mit seiner Heizung zu tun, solange es warm wird. Erst wenn die Heizung ausfällt, wird man aktiv. Zu diesem Zeitpunkt ist aber bereits oft schon lange Zeit ein Problem vorgelegen, das zu einem ineffizienten Heizungssystem und damit zu höheren Kosten als erforderlich geführt hat. Weiters finden gesetzlich vorgeschriebene Abgasmessungen teilweise in Mehrjahresabständen statt und zeigen nur das Kurzzeitverhalten bei einem bestimmten Betriebszustand. Sie sind also im Sinne der damit verfolgten Luftreinhaltung und optimalen Systemeffizienz nicht die effektivste Variante.

- Heizsysteme werden in der Regel gut geplant und vom konzessionierten Fachmann installiert. Aber wie zB. ein Auto, müssen auch Heizsysteme nach der Installation, dh. im Betrieb, auf ihre Effizienz überprüft werden. Oft geschieht dies aber nicht oder nur mangelhaft. Auch durch lange Wartungsintervalle werden Fehler, die zu einem ineffizienten Heizsystem führen, oft viel zu spät erkannt. Schließlich wird das empfohlene Heizungsservice von vielen Heizungsbesitzern nicht oder nicht im erforderlichen Ausmaß oder Intervall durchgeführt, auch weil sich eine Heizung – etwa im Gegensatz zu modernen Kraftfahrzeugen – nicht meldet, wenn ein solches wieder einmal notwendig wäre.
- Zusätzlich findet die Optimierung von Heizgeräten derzeit nur unter Laborbedingungen statt. Wie sich das individuelle Nutzerverhalten auswirkt, ist kaum bekannt, weil repräsentative Messungen der Effizienz von Heizungssystemen im Dauerbetrieb nicht durchgeführt werden.

Smart Heating kann diese momentane Situation verbessern, indem dem Benutzer und – sofern sinnvoll und vom Benutzer gewollt – auch dem zuständigen Fachbetrieb laufend Informationen über den Zustand der Heizungsanlage übermittelt werden. **Notwendige Wartungen oder Reparaturen können so sofort erkannt werden und der Kunde erhält laufend einen Überblick über seine Heizkosten. Die Betriebssicherheit kann so erhöht und die Effizienz gesteigert werden.**



## Aufgabenstellung

Das Projektteam hat sich daher zum Ziel gesetzt, zunächst für Gas-Brennwertheizungen und Heizungs-wärmepumpen Lösungen zu folgenden drei Bereichen/Themenkomplexen zu finden:

1. Steigerung des Interesses von Endkunden am Thema Heizung durch mehr Information über Energieverbrauch, Kosten, Effizienz, Schadstoffausstoß etc. Ziel ist es, durch bewussteres Verhalten des Konsumenten den Energieverbrauch und damit die Energiekosten zu senken, ohne die Kosten für das Heizungssystem zu erhöhen.
2. Festsetzung von Benchmarks für anlagen- und umweltrelevante Parameter des Heizungssystems (wie zB. Energieverbrauch, Effizienz, Hilfsstrombedarf, Schadstoffausstoß), um den Zusammenhang zwischen Anlagenkonfiguration, Nutzerverhalten und umweltrelevanten Parametern besser verstehen und so die Basis für weitere Effizienzsteigerungen im Raumwärmebereich legen zu können.
3. Automatische Information bei Überschreitungen von Grenzwerten; dadurch könnte – entsprechende Kommunikationsstrukturen vorausgesetzt – die regelmäßige Überprüfung hin zu einer bedarfsgerechten Überprüfung weiterentwickelt werden (längere Intervalle bei ordnungsgemäßigem Betriebsverhalten und schnellerer Reaktionsmöglichkeit bei Störungen oder ungünstigen Emissionswerten der Heizanlage).

## Weitere Benefits

- Statistiken über Schadstoffemissionsmengen gewinnen an Zuverlässigkeit.
- Die Überprüfung von Effizienzkriterien für Förderungen wird vereinfacht bzw. erst ermöglicht.
- Einfache, zuverlässige und kostengünstige Möglichkeit zur Erstellung eines Energieausweises mittels der ermittelten bzw. gesammelten Daten.

## Schwerpunkte des Projektes

**Auf die folgenden zwei Punkte wurde im Rahmen der Projektumsetzung besonderes Gewicht gelegt:**

- Evaluierung der technischen Machbarkeit eines Monitoringsystems für Heizungssysteme
- Analyse der Erwartungen der Endkunden und involvierten Betriebe (va. Installateure und Rauchfangkehrer) an ein Smart-Heating-Monitoringsystem

**Die Fokusgruppen mit den Endkunden führten zu folgenden wesentlichen Ergebnissen:**

- Es besteht grundsätzliches Interesse an einem Smart-Heating-System.
- Die Aussage, ob das Heizungssystem ordnungsgemäß funktioniert oder nicht, ist am wichtigsten.
- Der interessanteste Zahlenwert sind die Heizkosten (bzw. auch der Energieverbrauch).
- Es dürfen nicht zu viele Parameter angezeigt werden, da dies bei Kunden sonst zu Verwirrung führt – weniger ist mehr. Die für die Gruppendiskussionen gewählte Darstellung enthielt zwar viele technisch interessante Parameter, aber überfordert den durchschnittlichen Konsumenten.
- Es dürfen keine bzw. nur sehr unwesentliche Mehrkosten auftreten, wobei generell erwartet wird, dass diese wie auch bei anderen Innovationen im Preis inbegriffen sind.

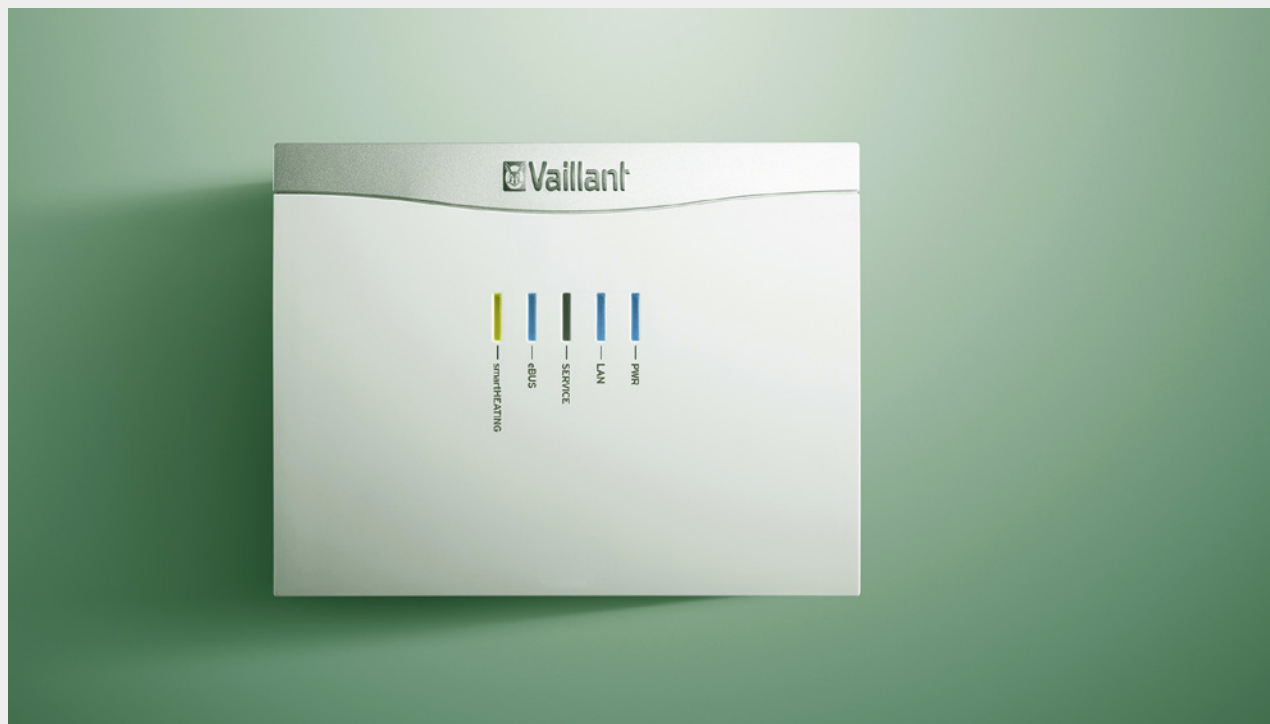
**Ein ähnliches Ergebnis brachte die**

**Gruppendiskussion mit den Professionisten:**

- Es dürfen nur die wichtigsten Parameter angezeigt werden, wobei diese ähnlich definiert wurden wie in den Gruppendiskussionen mit Endkunden (so.).
- Wenn das System leicht verständlich ist, würde man es den Kunden empfehlen.
- Auf der Startseite sollen nur die wichtigsten Informationen zu finden sein, Details können in Untermenüs angezeigt werden.
- Dem System wird zugetraut, zu positiven Effekten auf den Energieverbrauch von Heizungen (durch Änderung des Benutzerverhaltens) zu führen.

## Raumeinheit

ABBILDUNG 3



„Dank des neu entwickelten Monitoring-Konzepts können nicht nur Gerätestörungen rechtzeitig identifiziert und bei Bedarf entweder gleich „virtuell“ über das Internet oder vor Ort mit einem Kundendienstesatz behoben werden, sondern es besteht auch grundsätzlich die Möglichkeit mittels Smart-Phone-Interaktion eine Änderung des Benutzerverhalten zu bewirken.“ PROJEKTLEITER FRANZ ZACH

Diese Parameter sind – neben den ohnehin bereits jetzt aufgezeichneten Sensordaten, die teilweise auch für die aufgezählten Parameter notwendig sind – nach Ansicht des Projektteams ausreichend, um den Zustand und die Performance der Heizungsanlage laufend zu kontrollieren.

### Technische Umsetzung der Bedürfnisse in ein Anzeigekonzept

Basierend auf den Kundenwünschen wurde ein Anzeigekonzept entwickelt. Dieses teilt sich auf in eine Online-Plattform und eine Raumeinheit (Anzeigerät zB. im Wohnzimmer). Die vorgeschlagene Online-Startansicht ist in [Abbildung 1](#) zu sehen. Durch Auswahl des entsprechenden Feldes kommt man zu einer Detailaufstellung, dargestellt am Beispiel von „Gesamtverbrauch“ ([Abbildung 2](#)). Benutzer können sich online in ihre Anlage einloggen und Daten zu Verbrauch, getrennt für Heizung und Warmwasser, über die Jahre hinweg, auf Tagesbasis ansehen.

### Das Feld Energiebewertung in [Abbildung 1](#) bedarf noch einer Erläuterung:

Grundsätzlich gibt es einen Bedarfs- und einen Verbrauchsennergieausweis (wobei der Verbrauchsennergieausweis in Österreich – im Gegensatz zu Deutschland – nicht zulässig ist). Untersuchungen zeigen, dass bei der Berechnung von Bedarfsenergieausweisen für dasselbe Gebäude die Berechnungsergebnisse bis über 100% voneinander abweichen. Daher hat sich das vorliegende Projekt auch – in Ergänzung zum Projektantrag – zum Ziel gesetzt, ausgehend vom Energiebedarf, unter Ermittlung des Nutzerverhaltens durch Temperatursensoren, ggf. auch Tür- und Fensterkontakte zur Ermittlung des Lüftungsverhaltens, das Nutzerverhalten auf einen Normnutzer umzurechnen und so einen auf den tatsächlichen Gebäudegegebenheiten basierenden Energieausweis zu erstellen.

Diese Methodik hat sich für Haushalte ohne Zusatzheizung als machbar herausgestellt. Die Stadt Wien (MA 39) ist dieser Idee gegenüber sehr aufgeschlossen. Das Projektteam wird diesen Ansatz über dieses Projekt hinaus weiterverfolgen, in ein entsprechendes Normenregelwerk zu kleiden versuchen, um damit bessere Genauigkeiten von Energieausweisen bei Bestandsgebäuden zu erzielen.

Zusätzlich gibt es eine Raumeinheit (ein zB. im Wohnzimmer montiertes Gerät), das mittels grüner, gelber oder roter Beleuchtung anzeigt, ob mit der Heizungsanlage alles in Ordnung ist ([Abbildung 3](#)).

### Ergebnisse der Laborforschung

#### Letztlich kann Smart Heating folgende Parameter für Gasheizungen und Elektrowärmepumpen ermitteln:

- Verbrauchte Energie (Gas und/oder elektrischer Strom)
- Elektrische Hilfsenergie
- Wärmemenge
- Nutzungsgrad bzw. Arbeitszahl
- CO (bei Erdgas)
- NO<sub>x</sub> (bei Erdgas)

Diese Parameter sind – neben den ohnehin bereits jetzt aufgezeichneten Sensordaten, die teilweise auch für die aufgezählten Parameter notwendig sind – nach Ansicht des Projektteams ausreichend, um den Zustand und die Performance der Heizungsanlage laufend zu kontrollieren.

#### *Dies bedeutet, dass ...*

- Smart Heating in Zukunft zu verschleißabhängigen Serviceintervallen führen könnte, wie dies bei Kraftfahrzeugen schon Stand der Technik ist, und
- die je nach Leistung und Bundesland oft nur in mehrjährigen Abständen durchgeführten Abmessungen durch die laufende geräteinterne Messung ersetzt bzw. zumindest ergänzt werden könnte.

**Heizsysteme mit Telekommunikationseinrichtung und intelligenter Mess-Sensorik**  
für die permanente Erfassung und Überwachung von effizienz- und umweltrelevanten Betriebsparametern

ABBILDUNG 4



Die erreichten Genauigkeiten sind umso besser, je länger die betrachteten Zeiträume sind und je höher die auftretenden Werte sind. Im Allgemeinen können über längere Zeiträume gute Genauigkeiten erzielt werden, die jedenfalls das Informationsbedürfnis des Endkunden im Allgemeinen weitaus abdecken.

(Die Frage ist hier allerdings, ob nicht die externe Kontrollmessung mit den geeichten Messgeräten zu diesem Resultat führte. Diese haben eine gewisse Anzeigegenauigkeit, die bei geringen Verbräuchen hohe prozentuelle Abweichungen erzeugen können. Es spricht viel dafür, dass die Messung mit Smart Heating dahingehend weniger Abweichungen aufweist.) Die Messung ohne Zuhilfenahme externer Zähler hat nicht nur Kostenvorteile, sondern ist auch zuverlässiger. Bei den Wärmemengenzählern entfällt zusätzlich der Einbau mechanischer, bewegter Teile. Daher unterliegt die Ermittlung der Wärmemenge auch keinem mechanischen Verschleiß, welcher zu einer mit der Laufzeit steigenden Abweichung führt. Der Kunde von Smart-Heating-Systemen hat damit den Vorteil, dass er nicht periodisch eine Kalibrierung von externen Messgeräten durchführen bzw. Verschleißteile aufgrund von höheren Abweichungen austauschen muss.

Jeder externe Messpunkt (jeder Fühler) stellt zusätzlich einen Schwachpunkt in der Wärmedämmung eines Systems dar. Gerade bei geringen Temperaturdifferenzen wirken sich Fremdtemperatureinflüsse stark auf die Ermittlung der Wärmemenge aus. Diese Einflüsse werden durch den Verzicht auf externe Messensoren verhindert. Ein weiterer Vorteil ist auch, dass Installationsfehler, wie zB. das Vertauschen von Fühlern oder von falscher Montage des Volumenteils des Wärmemengenzählers (zB. im Vorlauf) durch die Internmontage vermieden werden können. Genauso wird verhindert, dass eventuelle Luft in der Anlage oder Verschmutzungen des Systems Auswirkung auf die Ermittlung der Energieflüsse nehmen.

Eine Interaktion mit dem Benutzer bzw. definierten Betreuergruppen garantiert ein rechtzeitiges Erkennen

von ineffizienten Betriebszuständen und überhöhten CO<sub>2</sub>-Werten bzw. Heizkosten. Smart Heating-Systeme haben zum Ziel, eine Bewusstseinsbildung und Verhaltensänderung beim Konsumenten zu bewirken.

### Volkswirtschaftliche Bewertung

Es wird davon ausgegangen, dass das Gerät erfolgreich am Markt eingeführt wird und in den nächsten 10 Jahren einen jährlichen Marktanteilszugewinn von 3 % erreicht. Das entspricht 10 Jahre nach Markteinführung einem Bestand von 66.000 Gas-Brennwert-Heizkesseln bzw. 24.750 Heizungswärmepumpen, die mit der Monitoringeinheit ausgestattet sind.

Die Inbetriebnahme der Monitoringeinheit ist mit einer zusätzlichen Dienstleistung beim Kunden, nämlich der Instandsetzung und Einschulung auf dem Gerät, verbunden. Dadurch wird 10 Jahre nach Markteinführung ein positiver Beschäftigungseffekt im Ausmaß von 43 Arbeitsplätzen bzw. eine zusätzlich generierte heimische Wertschöpfung im Ausmaß von € 3,3 Mio. erwartet.

Die Installation der Monitoringeinheit ermöglicht einen optimierten Betrieb der Gas-Brennwert-Heizkessel und Wärmepumpen, wodurch weniger Energieeinsatz erforderlich ist. Das Einsparungspotential wird von den Experten des Projektteams auf 6-12 % geschätzt. Bei der angenommenen Marktdurchdringung ist dadurch eine Reduktion des Energieverbrauchs nach 10 Jahren zwischen 67 und 134 Mio. kWh pa. zu erwarten.

Durch eine Reduktion des Energieeinsatzes werden auch weniger Emissionen und Schadstoffe emittiert, wodurch aus volkswirtschaftlicher Sicht externe Kosten vermieden werden. **10 Jahre nach der Markteinführung beträgt diese Einsparung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bereits zwischen 17.000 und 34.000 Tonnen pro Jahr, bzw. einen monetären Effekt von bis zu € 2,7 Mio. durch vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen. Im Bereich der Luftschadstoffe wird eine Reduktion der externen Kosten von € 600.000 erwartet.**



„Um eine „lebenslange“ hohe Effizienz eines Heizsystems zu garantieren, ist die Funktionsweise auch nach der Installation und Inbetriebnahme laufend zu überprüfen und gegebenenfalls „nachjustieren“. Hier bietet das im Rahmen des Smart-Heating-Projektes entwickelte Messkonzept das Fundament für einen effizienten Energieeinsatz. Vaillant-Kunden erhalten ab Q3/2015 sowohl bei den Heizungswärmepumpen der Serie „flexoTHERM“ als auch bei Gas-Brennwertgeräten der Serie „ecoTEC exclusive“ Informationen über den aktuellen Energieverbrauch in kWh, getrennt nach Warmwasser bzw. Heizung. Die entwickelten Algorithmen haben Messtoleranzen von  $\leq 5\%$ . Durch die intelligente Verknüpfung von Datenpunkten konnte auf den Einbau einer zusätzlichen Messsensorik verzichtet werden.“ PROJEKTLEITER FRANZ ZACH

Durch den optimierten Betrieb der Geräte ist weniger Energieeinsatz in Form von Gas (Heizkessel) und Strom (Wärmepumpen) erforderlich. Da der Energieträger Gas zu einem großen Teil nach Österreich

importiert werden muss, führt ein verminderter Bedarf zu einer Verbesserung der Handelsbilanz in diesem Bereich. Der Effekt wird auf etwa € 2,23 Mio. geschätzt.

### DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT

- Energieeinsparpotenziale bzw. Maßnahmen zur Reduktion von Emissionen werden bis dato nach Geräte-Neuinstallation überhaupt nicht genutzt. Raumwärme- und Warmwasserbedarf verursachen derzeit 26 % der SO<sub>2</sub>-, 45 % der CO<sub>2</sub>- und 11 % der NO<sub>x</sub>-Emissionen, 28 % des Endenergieverbrauchs und ca. 13 % der THG-Emissionen; diese Anteile können ohne Komfortverlust mit Smart-Heating-Systemen gesenkt werden.
- Heizkessel werden derzeit auf Basis nicht repräsentativer Kurzzeit-Messungen bewertet; mit einem Smart-Heating-System können repräsentative Langzeitmessungen in einer Datenbank abgespeichert und ausgewertet werden.
- Bis dato gab es für Konsumenten keine Möglichkeit, den Energieverbrauch für Wärmepumpen und Gas-Brennwertgeräte über Smartphone angezeigt zu bekommen und diesen dadurch aktiv zu beeinflussen, was durch Smart Heating nun möglich ist.





## Sirius+ Sensorbasiertes Smart Lighting für verkehrsadaptives Beleuchtungsmanagement zur Steigerung der Energieeffizienz

<b>Projektnummer</b>	843901
<b>Koordinator</b>	SWARCO FUTURIT Verkehrssignalsysteme GmbH
<b>Projektleitung</b>	Thomas Novak, <a href="mailto:novak.futurit@swarco.com">novak.futurit@swarco.com</a>
<b>Partner</b>	ENERGY CHANGES Projektentwicklung GmbH Technische Universität Wien, Institut für Computertechnik Bluetechnix Group GmbH
<b>Förderprogramm</b>	e!MISSION - 4. Ausschreibung
<b>Dauer</b>	01.05.2014 - 30.04.2016
<b>Budget</b>	549.779 €

---



## e.sense - Enthalpie-Sensorik zur Steigerung der Energieeffizienz in Gebäuden

<b>Projektnummer</b>	834481
<b>Koordinator</b>	Donau-Universität Krems, Zentrum für Integrierte Sensorsysteme
<b>Projektleitung</b>	Thilo Sauter: <a href="mailto:thilo.sauter@donau-uni.ac.at">thilo.sauter@donau-uni.ac.at</a>
<b>Partner</b>	Fachhochschulstudiengänge Burgenland GmbH, Attophotonics Biosciences GmbH, Reder Domotic GmbH
<b>Förderprogramm</b>	Neue Energien 2020 - 5. Ausschreibung
<b>Dauer</b>	01.07.2012 - 30.06.2016
<b>Budget</b>	536.494 €

---



## ACTune - Methodenentwicklung einer semi-automatisierte Luftmengeneinregulierung mit energetischer Betriebsoptimierung

<b>Projektnummer</b>	848874
<b>Koordinator</b>	AIT Austrian Institute of Technology GmbH Energy Department
<b>Projektleitung</b>	Tim Selke, <a href="mailto:tim.selke@ait.ac.at">tim.selke@ait.ac.at</a>
<b>Partner</b>	myWarm GmbH
<b>Förderprogramm</b>	Energieforschungsprogramm 2014
<b>Dauer</b>	01.05.2015 - 30.04.2016
<b>Budget</b>	219.185 €



## Smart Heating - Energieeffiziente und schadstoffarme Heizungsanlagen

<b>Projektnummer</b>	829828
<b>Koordinator</b>	Österreichische Energieagentur
<b>Projektleitung</b>	Franz Zach: <a href="mailto:franz.zach@energyagency.at">franz.zach@energyagency.at</a>
<b>Partner</b>	Vaillant Group Austria GmbH Vaillant GmbH
<b>Förderprogramm</b>	Neue Energien 2020 - 4. Ausschreibung
<b>Dauer</b>	05.2011 - 06.2014
<b>Budget</b>	742.881 €

---







## Medieninhaber

### Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22, 1060 Wien

Tel: (+43 1) 585 03 90, Fax: (+43 1) 585 03 90-11

[office@klimafonds.gv.at](mailto:office@klimafonds.gv.at)

[www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at)

## Für den Inhalt verantwortlich

Die AutorInnen tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieser Broschüre. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider. Weder der Klima- und Energiefonds noch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) oder die Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) sind für die Weiter-nutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

## Gestaltung

[www.angieneering.net](http://www.angieneering.net)

## Druck

Druckerei Janetschek GmbH. Bei der mit Ökostrom durchgeführten Produktion wurden die Anforderungen des Österreichischen Umweltzeichens erfüllt. Sämtliche während des Herstellungsprozesses anfallenden Emissionen wurden im Sinne einer klimaneutralen Druckproduktion neutralisiert.

## Verlags- und Herstellungsort: Wien

Wir haben diese Broschüre mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt und die Daten überprüft. Rundungs-, Satz- oder Druckfehler können wir dennoch nicht ausschließen.

[www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at)





In Kooperation mit:



FFG



Bundesministerium  
für Verkehr,  
Innovation und Technologie

