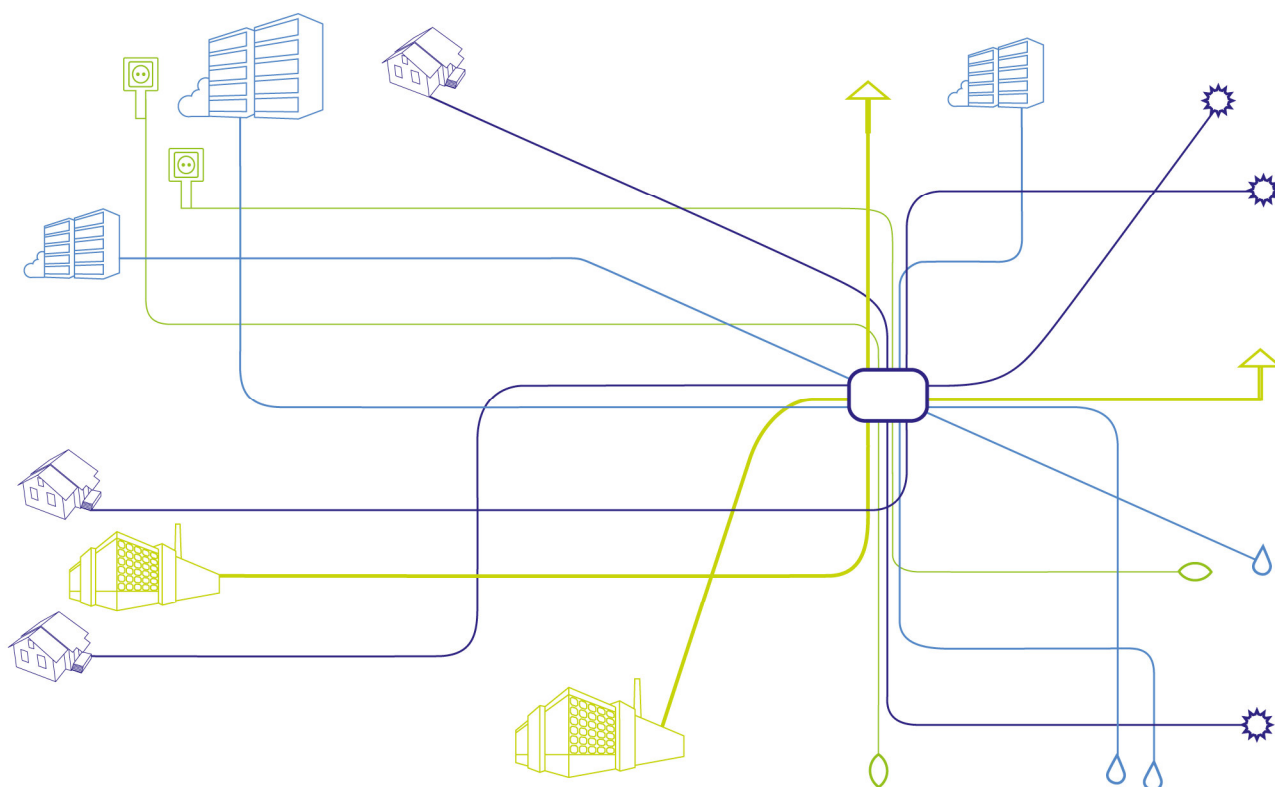




SMART CAMPUS

Entwicklung eines multiplizierbaren
Nutzereinbindungskonzeptes anhand des Smart
Campus der Wien Energie Stromnetz GmbH



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A handwritten signature in black ink, reading 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink, reading 'Ingmar Höbarth'.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

SMART CAMPUS

Entwicklung eines multiplizierbaren Nutzereinbindungskonzeptes anhand des Smart Campus der Wien
Energie Stromnetz GmbH

AutorInnen:

Peter Steczowicz, Monika Wührer | Wien Energie Stromnetz GmbH
Margot Grim, Gerhard Hofer, Barbara Jörg | e7 Energie Markt Analyse GmbH
Bernhard Herzog | M.O.O.CON GmbH
Regine Müller | Cure - Center for Usability Research & Engineering
Michael Pühringer | AMS Engineering GmbH
Philipp Stuppnik | cTrixs International GmbH
Heimo Zeilinger | TU Wien - Institut für Computertechnik

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	2
2	Einleitung	3
2.1	Hintergrund	3
2.2	Aufgabenstellung	3
2.3	Schwerpunkte des Projektes	4
2.4	Einordnung in das Programm	5
2.5	Verwendete Methoden	5
2.6	Aufbau der Arbeit	6
3	Inhaltliche Darstellung	7
3.1	NutzerInnenbefragung unter den MitarbeiterInnen des Smart Campus	7
3.1.1	Methodische Vorgehensweise	7
3.1.2	Ergebnisse	7
3.2	Technologieanalyse	8
3.3	Auswirkungen des NutzerInnenverhaltens auf den Energieverbrauch	9
3.3.1	Randbedingungen der Nutzungsszenarien	9
3.4	Lebenszykluskostenberechnung	11
3.4.1	Kostenerhebung	11
3.4.2	Ergebnis des Variantenvergleichs	13
3.5	Entscheidung des Bauherren	14
3.6	Integration in den Planungsprozess	14
3.6.1	Vorstellung des Forschungsprojektes im Planungsverlauf	14
3.6.2	Durchführung der Simulation durch Simulationsingenieure	15
3.6.3	Erstellung des Lastenheftes	15
4	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	21
5	Ausblick und Empfehlungen	22
6	Literaturverzeichnis	22

2 Einleitung

2.1 Hintergrund

Die Wien Energie Stromnetz GmbH plante den Neubau einer Unternehmenszentrale in Wien Simmering. Durch die Zusammenführung der Energienetze in der Wiener Netze GmbH wird es nun ein Gebäude der Wiener Netze. Das Forschungsprojekt wurde noch als Wien Energie Stromnetz durchgeführt.

Wien Energie Stromnetz unterstützt als Netzbetreiber nicht nur KundInnen beim Energiesparen, sondern verfolgt beim Neubau auch selbst Energieeffizienzziele. Gleichzeitig stehen als Netzbetreiber in naher Zukunft große Herausforderungen an: Der Betrieb von Smart Grids erfordert die Steuerung von dezentralen Einspeisern, intelligente Lastverteilung und Informationen von EndverbraucherInnen, die mit einem Smart Meter ausgestattet sind. Dadurch sollen auch das Erreichen von Klimaschutz- und Energieeffizienzzielen unterstützt werden.

Aus beiden Anforderungen des Kerngeschäfts wurde die Idee des Smart Campus geboren (Darstellung des Gebäudeentwurfs in Abbildung 1): Dies bedeutet hohe Anforderung an Energieeffizienz und Funktion bei Planung und Errichtung, geringe Betriebskosten in der Gebäudenutzung sowie aktive Einbindung der NutzerInnen des Gebäudes in Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs durch Nutzung von „smarten“ Gebäudetechnologien.

Abbildung 1: Wettbewerbssieger Smart Campus (Quelle: Holzbauer und Partner ZT – GmbH)

2.2 Aufgabenstellung

In Bestandsgebäuden sowie bei aktuellen Neubauten ist die Eingriffsmöglichkeit von NutzerInnen bei Energiesparmaßnahmen nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich. Oft sind nur zentrale GebäudebetreiberInnen im Bereich des Facility Management mit Agenden der Steuerung der

Haustechnik betraut. Durch die fehlende oder inadäquate Steuerung durch die NutzerInnen gehen Energieeffizienzpotenziale und Komfortmöglichkeiten verloren.

Smarte Gebäude mit intelligenter Haustechnik haben Auswirkungen auf alle drei Säulen der Nachhaltigkeit. Intelligente Haustechnik soll dazu führen, dass Betriebskosten, insbesondere Energiekosten, eingespart werden und Energie und CO₂-Emissionen reduziert werden können. Gleichzeitig können durch die Möglichkeit der Interaktion mit den NutzerInnen die Akzeptanz und die Zufriedenheit mit dem Gebäude gesteigert werden und die MitarbeiterInnen zum Energiesparen motiviert werden. Das kann durch geeignete Visualisierung des Energieverbrauchs und Informationen zu Handlungsanleitungen erfolgen.

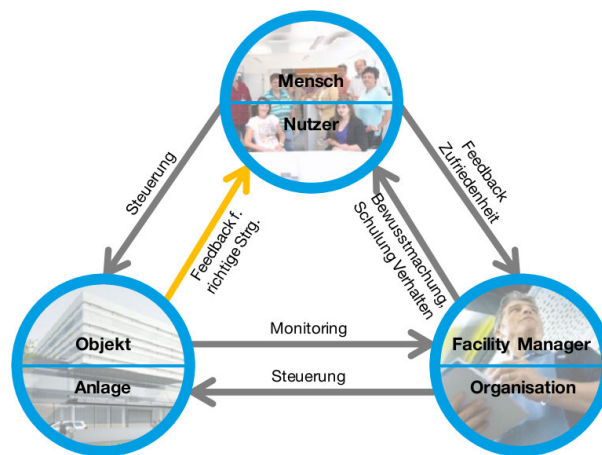


Abbildung 2: Interaktion zwischen Mensch, Objekt und Organisation (Quelle: M.O.O.CON GmbH)

Die Aufgabenstellung ist daher, die Interaktion zwischen Mensch, Objekt und Organisation so zu definieren, dass Maßnahmen zur Energieeinsparung im Gebäude umgesetzt werden können. Die NutzerInnen im Gebäude sollen durch geeignete Informationen, Feedback und Schulungen in ihrem Handlungsbereich zu Energiesparmaßnahmen angeregt werden. Gleichzeitig können die MitarbeiterInnen Feedback zum Gebäudebetrieb geben, sodass im Facility Management Optimierungsmaßnahmen gesetzt werden können. Die Organisation soll strukturell analysiert werden können, um auch hier Einsparmaßnahmen zu identifizieren. Beispielsweise können durch Betriebszeiten, Komfortniveaus oder Spitzenlastmanagement Energieverbräuche und Energielasten reduziert werden. Die Organisation soll im Rahmen der Beauftragung des Gebäudebetriebs dafür sorgen, dass das Objekt unter Zuhilfenahme der Informationen des Gebäudes und der NutzerInnen einen energieeffizienten Betrieb des Gebäudes gewährleistet (Abbildung 2).

2.3 Schwerpunkte des Projektes

Die Schwerpunkte des Projektes lagen bei folgenden Punkten:

- Dem Durchführen einer NutzerInnenbefragung um herauszufinden, ob und unter welchen Bedingungen die MitarbeiterInnen der Wienenergie Stromnetz GmbH ein Feedback System akzeptieren.
- Dem Abschätzen der energetischen Auswirkungen des NutzerInnenverhaltens.

- Dem Prüfen der technischen Machbarkeit des gewünschten Systems.
- Der Gegenüberstellung der Lebenszykluskosten unterschiedlicher Systemvarianten.
- Der Integration der ausgewählten Variante in die Planung des Smart Campus.
- Der Erstellung eines Leitfadens für weitere Bauvorhaben am Beispiel Smart Campus zur Multiplizierung einer nutzerInnenzentrierten Gebäudeautomation.

2.4 Einordnung in das Programm

Das Forschungsprojekt deckt im Wesentlichen zwei Programmschwerpunkte der 5. Ausschreibung von „Neue Energien 2020“ ab. Einerseits das Thema „Intelligente Informations- und Kommunikationssysteme (IKT)“ und andererseits das Thema „Energieeffizienz“

- Intelligente Informations- und Kommunikationssysteme (IKT): Das vorliegende Projekt behandelt Lösungen, die den NutzerInnen eines Gebäudes intelligentes Eingreifen in die Gebäudesteuerung ermöglichen und damit einen positiven Beitrag zur Energieeffizienz leisten. Dies wird am Beispiel Smart Campus durchgeführt, soll aber für weitere Bauprojekte anwendbar sein. Um dies zu schaffen werden in diesem Forschungsprojekt die NutzerInnenakzeptanz, die technische Machbarkeit und die Wirtschaftlichkeit solcher Systeme untersucht.
- Energieeffizienz: Ziel des vorliegenden Projektes ist es, einen Beitrag zu den Möglichkeiten der energetischen Optimierung von Gebäuden unter Einbeziehung der GebäudenutzerInnen zu liefern. Durch die Einbindung der NutzerInnen sollen ein Mehrverbrauch durch falsches Betreiben des Gebäudes verhindert werden.
Die Ergebnisse des Projektes dienen konkret zur Optimierung des Smart Campus der Wien Energie Stromnetz GmbH, sind aber auch multiplizierbar für weitere Bauvorhaben.

2.5 Verwendete Methoden

Neben Literaturrecherchen und Analysen kommen im vorliegenden Projekt Methoden der empirischen Sozialforschung, Gruppen-Moderationstechniken, Gebäudesimulationen sowie eine Lebenszykluskosten-Analyse zur Anwendung.

- Für die NutzerInnenbefragung werden unterschiedliche **Techniken** verwendet, um die Wünsche und Vorstellungen der künftigen NutzerInnen zu erheben. **Experteninterviews**, Workshops mit **Fokusgruppen** in den unterschiedlichen NutzerInnengruppen und eine Validierung mittels **Online-Befragung**.
- Um die Effekte unterschiedlicher Nutzereingriffe auf den Energieverbrauch des Gebäudes quantitativ abzuschätzen, werden **Expertenanalysen** und eine dynamische **Gebäudesimulation** durchgeführt.
- Die Technologieanalyse wird mit **Literaturrecherchen** und **Expertengesprächen** durchgeführt.
- Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung kommt eine **Lebenszykluskosten-Analyse** zum Einsatz.

- Die Integration der Anforderungsprofile in die Planung erfolgt in **Workshops** mit dem Planungsteam.

2.6 Aufbau der Arbeit

Das Projekt ist in acht Arbeitspakete gegliedert. Abbildung 3 zeigt die einzelnen Arbeitspakete, die für die Realisierung eines smarten Gebäudes, das mit den NutzerInnen kommuniziert, notwendig sind. Abhängig von den Rahmenbedingungen des konkreten Gebäudes Smart Campus werden die einzelnen Schritte von NutzerInnenbefragungen (AP1) bis hin zur Integration der Erkenntnisse in den Planungsprozess (AP6) durchgeführt. Im Arbeitspaket 7 wird ein Leitfaden erstellt, der unabhängig vom konkreten Anwendungsbeispiel Smart Campus, die Erkenntnisse in einen Leitfaden aufbereitet um für weitere Bauvorhaben anwendbar zu sein. AP 8 ist das Projektmanagement, das alle Partner und Aufgaben koordiniert, damit die gesteckten Ziele auch zeitgerecht erreicht werden.

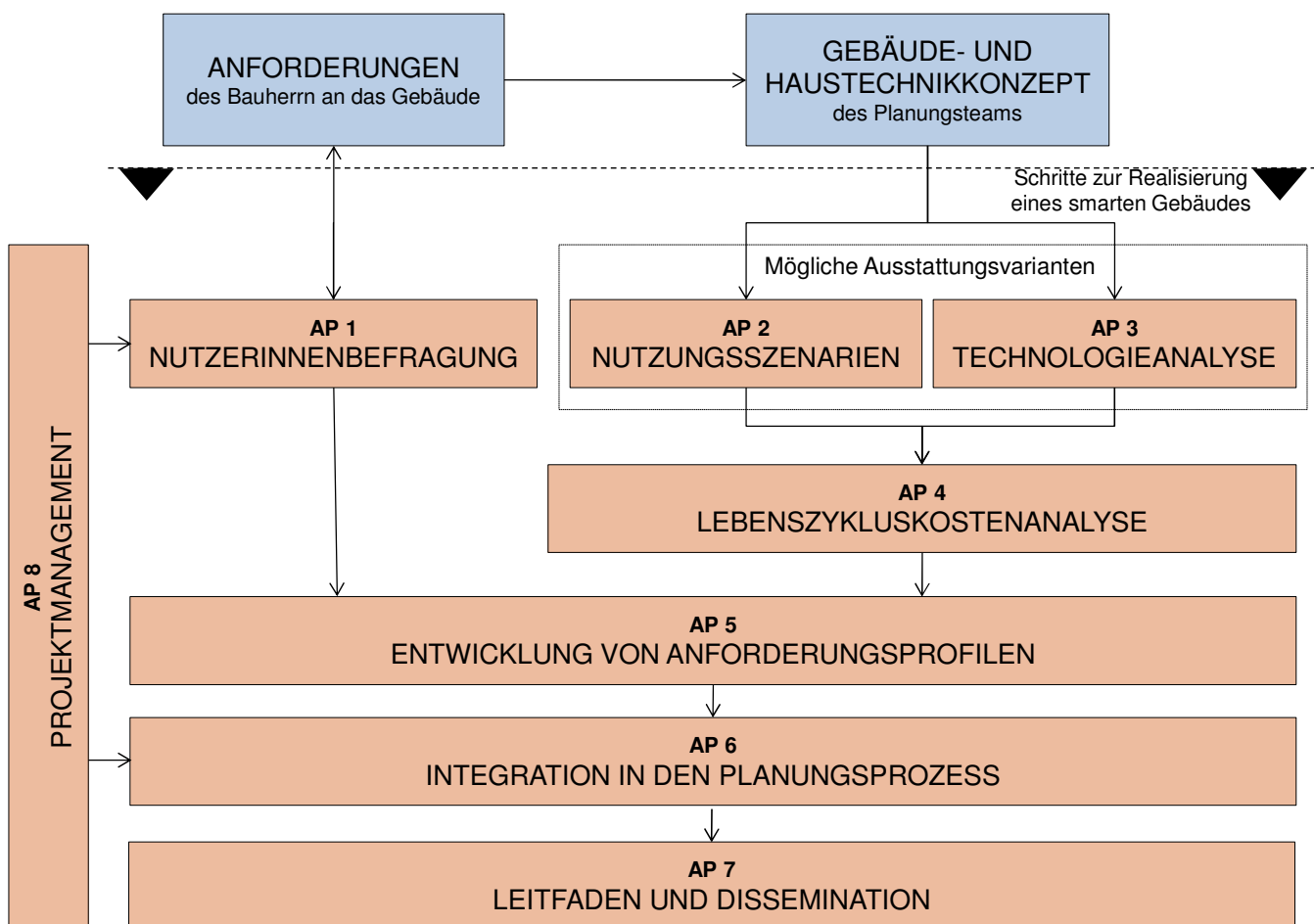


Abbildung 3: Arbeitspakete des Forschungsprojektes (Quelle: e7)

3 Inhaltliche Darstellung

3.1 NutzerInnenbefragung unter den MitarbeiterInnen des Smart Campus

3.1.1 Methodische Vorgehensweise

Im Smart Campus Projekt wurde die NutzerInnen-Analyse unter den drei betroffenen NutzerInnengruppen durchgeführt. Befragt wurden AssistentInnen, WerkstättenmitarbeiterInnen, ReferentInnen, AbteilungsleiterInnen, Prokuristen und PersonalvertreterInnen.

Für die Befragung wurden folgende Methoden ausgewählt.

- **Interviews:** Zur Erhebung von Anforderungen und Einstellungen sowie zur Beurteilung von Varianten und Szenarien für Steuerungsmöglichkeiten wurden persönliche strukturierte Interviews mit 55 VertreterInnen der NutzerInnengruppen durchgeführt.
- **Fokusgruppen:** Zur tiefergreifenden Diskussion, Ausarbeitung und Bewertung von Ideen für Steuerungsmöglichkeiten (Kanäle, Informationen und Gestaltung des Feedbacks) wurden 3 zweistündige Fokusgruppen mit je 8 bis 10 VertreterInnen der NutzerInnengruppen durchgeführt.
- **Online-Befragung:** Zur Validierung des daraus resultierenden NutzerInnenfeedback-Konzepts wurde eine quantitative Online-Befragung unter allen betroffenen MitarbeiterInnen (ca. 1.400) durchgeführt, um Feedback der zukünftigen Smart Campus-NutzerInnen auf breiter Basis zu erhalten.

3.1.2 Ergebnisse

Im Folgenden werden die bisherigen Ergebnisse in Bezug auf das NutzerInnenfeedback speziell für Büro-MitarbeiterInnen vorgestellt.

Einstellung zu Automatisierung und Eingriffsmöglichkeiten

Die Mehrheit der befragten MitarbeiterInnen hält manuelle Eingriffsmöglichkeiten auch bei gut funktionierender Automatik für unverzichtbar. Aufgrund dieses Bedürfnisses nach Transparenz und Kontrolle über das System zeigten die MitarbeiterInnen auch Bereitschaft, Feedback vom Gebäude zu erhalten und ihr Verhalten selbst entsprechend auszurichten. Wichtig ist den MitarbeiterInnen, dass das System sie nicht bevormundet. Insgesamt wünschen sich die Befragten Information und Aufklärung über das System und darüber, wie sie Energie sparen können.

Feedback-Kanäle

Die Befragten wünschten sich Feedback und Steuerung in einem, daher soll das Feedback direkt am Steuer-Device angezeigt werden. Unter den zur Wahl gestellten Möglichkeiten (Meldung am Steuerungs-Panel, Meldung am PC, Benachrichtigung am Smartphone, Feedback am Tischtelefon mit großem Display) zeigte sich eine klare Präferenz der Befragten für Feedback am Steuerungs-Panel an der Wand. Begründungen dafür waren die leicht zugängliche, gewohnte Anbringung und der Wunsch nach einer zentralen Steuerung bei Mehrpersonen-Büros, um Transparenz zu gewährleisten und gegenseitiges Übersteuern zu vermeiden. Dies wäre bei individuellen Kanälen wie PC, Smartphone oder Tischtelefon nicht gegeben.

Gestaltung des NutzerInnen-Feedbacks

Die befragten Personen wünschen sich mehrheitlich eine Darstellung mit Symbolen und Handlungsanweisungen mit kurzer Erklärung, um die Transparenz und das Verständnis zu unterstützen und einen Lerneffekt zu erzielen. Eine solche Feedback-Meldung wäre z.B. „Schließen Sie bitte das Fenster, sonst verlieren wir unnötig Wärme!“ (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: Beispiel einer Feedback-Meldung mit Panel (Quelle: CURE)

Rund ein Viertel der Befragten wünschte sich explizit ein akustisches Signal, um Aufmerksamkeit zu wecken. Das akustische Signal soll angenehm und deutlich vernehmbar, aber nicht störend sein. Ein Teil der Befragten lehnte ein akustisches Signal ab. Daraus kann abgeleitet werden, dass ein akustisches Signal, das jedoch pro Gerät deaktiviert werden kann, optimal wäre. Das NutzerInnenfeedback zeigt Rückmeldungen in zwei Alarmstufen an und gibt positive Rückmeldung.

3.2 Technologieanalyse

Für die technische Umsetzung eines NutzerInnenfeedbacks ergeben sich Anforderungen an die Art des Kontrollgeräts, der Sensorik/Aktorik sowie an das Feedback-Medium. Für das Kontrollgerät ging aus den Befragungen hervor, dass es sich hierbei um ein zentral zugängliches Gerät handeln muss. Daher konnten technologische Möglichkeiten wie die Kontrolle über Arbeitsgeräte (Voice over Internet Protocol VoIP Telefon, Arbeits-PC) zugunsten eines Displays am Raumeingang ausgeklammert werden. Dies hat auch den Vorteil, dass Feedback über die Handlungen der NutzerInnen über das gleiche Medium wie die Steuerung erfolgt.

Die Sensorik/Aktorik-Optionen werden für das Smart Campus Projekt in verschiedenen Ausstattungsvarianten abgedeckt, die in weitere Folge bezüglich deren Lebenszykluskosten analysiert werden. So wird zwischen einer Basisausstattung und 3 Erweiterungsstufen unterschieden. Die Basisausstattung wird durch folgende Charakteristika definiert:

- Sensorik: Temperatursensor, Tageslichtsensor, Wetterstation.

- Datenaufbereitung: Benötigte Information soll innerhalb der Gebäudeautomatisierung aufbereitet werden.
- Steuerungsparameter: Temperatur (Heizung, Kühlung), zu öffnende Fenster, Sonnenschutz.
- Informationsaustausch: Wird über das Feldbussystem der GLT geführt. Das IT Netz wird nicht beansprucht werden.

Aus den Handlungsmöglichkeiten ergeben sich für die Erweiterungsstufen zusätzliche Anforderungen an die Sensorik durch einen Präsenzmelder und/oder Fensterkontakte. Weiters wird das Feedback-Medium in der Maximalvariante um eine LED-Leiste ergänzt um die Reichweite zu vergrößern.

3.3 Auswirkungen des NutzerInnenverhaltens auf den Energieverbrauch

3.3.1 Randbedingungen der Nutzungsszenarien

Als Input für eine Lebenszykluskostenberechnung wurde eine thermische Gebäudesimulation durchgeführt, durch welche der Energieverbrauch von sich verändernden NutzerInnenverhalten auf Basis unterschiedlicher Gebäudefeedbacks dargestellt wurde.

Das Verhalten der NutzerInnen, das in sorglose (übersteuern viel), sorgsame (übersteuern kaum) und normale (übersteuern mäßig) NutzerInnen eingeteilt werden kann, hängt mitunter von den Jahreszeiten ab (Winter (Dezember-Februar), Übergangszeit (März-Mai und September-November), Sommer (Juni-August)) und wurde demnach mit berücksichtigt.

Inputparameter für die Simulation:

- Raumbeschreibung:
 - Die Simulation wurde von einem maßgeblich typischen, westorientierten 4-Achsbüro durchgeführt.
 - öffenbare Fenster,
 - hinter Prallscheibe liegender Sonnenschutz,
 - Bauteilaktivierung & Deckensegelheizung und -kühlung,
 - mechanische Belüftung,
 - Stehleuchten.
- Übersteuerungsmöglichkeiten für die NutzerInnen
 - Fenster öffnen / schließen
 - Sonnenschutz hinauf-/ herunterfahren
 - Heizung +1° / +2° übersteuern
 - Kühlung -1° / -2° übersteuern
- NutzerInnenverhalten (NV):
 - sorgsame NutzerInnen – übersteuern kaum
 - NormalnutzerInnen – übersteuern regelmäßig, aber nicht übertrieben

- sorglose NutzerInnen – übersteuern kontinuierlich
- NutzerInnen mit abgestimmter Übersteuerung (zwischen Sorgsamen und NormalnutzerInnen)
- NutzerInnen mit hoher Feedback Resistenz (zwischen NormalnutzerInnen und Sorglosen)

■ Die Varianten der Simulation:

- Basisvariante: Sorgsamer NutzerInnentyp mit ganzjähriger mechanischer Belüftung
- NV 1: NormalnutzerInnen mit ganzjähriger mechanischer Belüftung
- NV 2: Sorgloser NutzerInnentyp mit ganzjähriger mechanischer Belüftung
- NV 3: Sorgsame NutzerInnentyp mit ausgeschalteter Lüftung während der Übergangszeit
- NV 4: NormalnutzerInnen mit ausgeschalteter Lüftung während der Übergangszeit
- NV 5: Sorgloser NutzerInnentyp mit ausgeschalteter Lüftung während der Übergangszeit

Es wurde bei den ersten Varianten angenommen, dass eine ganzjährige Belüftung dann notwendig sein wird, wenn die NutzerInnen kein Feedback bekommen (aufgrund fehlender Ausstattung) um selbständig zu lüften. Mit dem Einsatz eines Feedbacksystems ist es aber möglich in der Übergangszeit die mechanische Belüftung abzuschalten, da den MitarbeiterInnen mitgeteilt werden kann, dass sie an diesen Tagen selbst für die Belüftung ihrer Räume zuständig sind.

Ergebnis der Simulation:

Abbildung 5 zeigt, dass das NutzerInnenverhalten immense Auswirkungen auf den Energiebedarf hat. Besonders auffallend in Abbildung 5 ist, dass der Energieverbrauch beim Extremnutzer (NV 2 und NV 5) besonders im Winter sehr hoch ist, wo ein langes Lüften einen massiven Wärmeverlust bedeutet. Der Kühlbedarf jedoch ist nicht so eklatant, da das Kühlsystem an die Grenzen stößt und nicht mehr Energie verbrauchen kann. Jedoch ist dazu anzumerken, dass es hier zwar keine immensen Kühlenergiesteigerungen gab, aber der angestrebte Komfort im Sommer auch nicht mehr erreicht wurde.

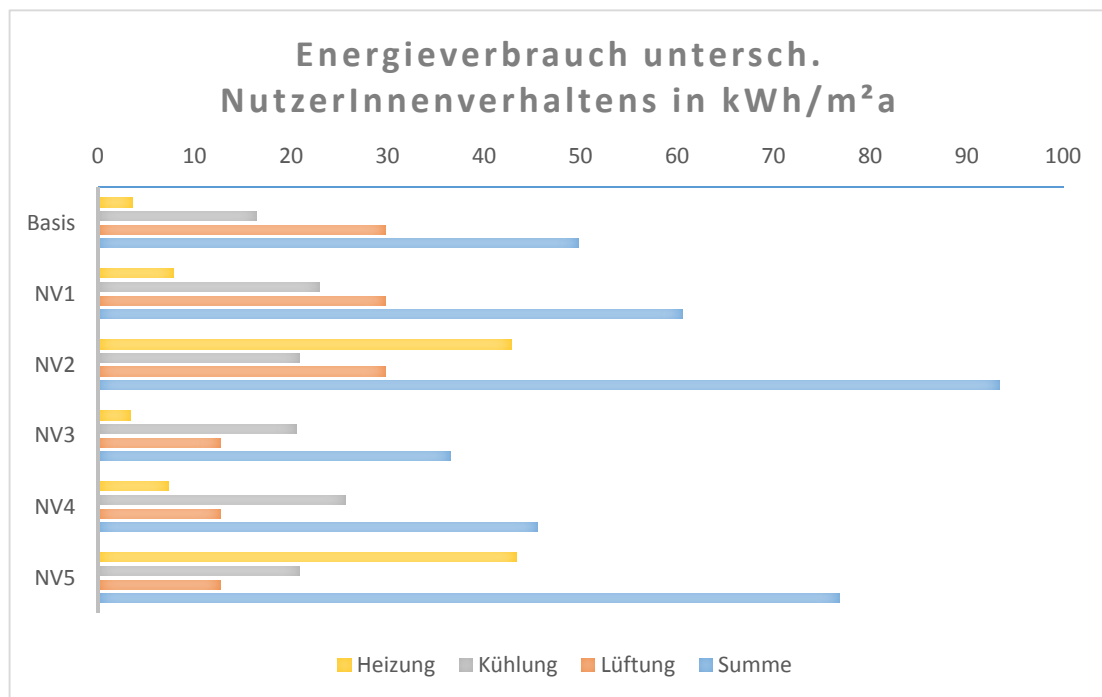


Abbildung 5: Energieverbrauch abhängig vom NutzerInnenverhalten

3.4 Lebenszykluskostenberechnung

3.4.1 Kostenerhebung

Mit Hilfe der Projektpartner wurden für die in den Varianten angegebenen Technologien die Investitions- und Betriebskosten erhoben. Zu den Investitionskosten zählen dabei auch die Montage- und Verkabelungskosten. Zu den Betriebskosten zählen Wartungs- und Instandsetzungskosten sowie Kosten für Energieaufnahme und Zeitprofil der anfallenden Kosten der einzelnen Komponenten. Es wurden nur die Kosten für Visualisierung, MSR etc. eingerechnet, nicht die Kosten der Grundausstattung der Haustechnik, die für sämtliche Varianten gleich sind. Dies gilt sowohl für Investitions-, Betriebs- als auch für Energiekosten.

Ausstattungsvarianten für Lebenszykluskostenberechnung

Im Folgenden werden nur die Hauptelemente erläutert, die für das Feedback eingesetzt werden. In der **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ist die volle Ausstattung inkl. dafür notwendiger Sensoren und Programmierung zu sehen.

■ Basisvariante:

Die Basisvariante stellt die Ausgangssituation dar, welche nur mit geringem technischen bzw. dem normalerweise üblichen Ausstattungsstandard versehen ist. Es sind keine Installationen zur Feedbackgabe vorhanden, die Lüftung ist ganzjährig in Betrieb. Als Raumbediengerät wird ein üblicherweise gebräuchliches Fabrikat eingesetzt, mit welchem die Raumtemperatur und Verschattung geregelt werden kann.

■ 01: Panel und Fensterkontakte

In dieser Variante gibt es zusätzlich Fensterkontakte und es wird ein Panel eingesetzt, welches Infos gibt, wann die Fenster (in Abhängigkeit der Raumtemperatur) bzw. die Verschattung zu schließen/öffnen sind. Weiters kann damit die Raumtemperatur geregelt werden. Die Lüftung wird hier in der Übergangszeit nicht ausgeschaltet, ist also wie in der Basisvariante ebenfalls ganzjährig in Betrieb.

■ 02: Präsenzmelder

In dieser Variante wird zusätzlich zu den in Variante 01 vorhandenen Installationen die Lüftung in der Übergangszeit (also von März bis Mai und von September bis November) deaktiviert. In dieser Zeit wird in Abhängigkeit der Raumtemperatur mittels Feedbackgabe über das Panel über die Fenster gelüftet. Weiters ist ein Präsenzmelder vorhanden, welcher für die Deaktivierung der Zusatzheizung und -kühlung in Abhängigkeit der Anwesenheit zuständig ist.

■ 03: LED

Zu den in Variante 02 vorhandenen Installationen wird eine Visualisierung des Handlungsbedarfs mittels LED-Anzeige eingesetzt. Der Präsenzsensoren entfällt hier.

■ 04: Vollausstattung

Diese Variante ist mit der gleichen Ausstattung versehen wie Variante 03. Zusätzlich jedoch noch mit Präsenzsensoren ausgestattet.

VARIANTE	Basis	01	02	03	04
Beschreibung	kein Feedback	Feedback			
Präsenzsensoren inkl. Programmierkosten für Zusatzheizung/-kühlung inkl. Montage	☐	☐	☒	☐	☒
Programmierkosten für Deaktivierung Lüftung	☐	☐	☒	☒	☒
Fensterkontakte inkl. Montage	☐	☒	☒	☒	☒
Temperaturfühler für Basisvariante	☒	☐	☐	☐	☐
Programmierung für Panel	☐	☒	☒	☒	☒
Panel B inkl. Montage	☐	☒	☒	☒	☒
Raumbediengerät inkl. Montage	☒	☐	☐	☐	☐
Temperaturfühler für Panel A	☐	☒	☒	☒	☒
LED-Anzeige (Kosten Option b) inkl. Montage	☐	☐	☐	☒	☒
Software für LED	☐	☐	☐	☒	☒
Legende	■ vorhanden, □ nicht vorhanden				

Tabelle 1: Ausstattungsvarianten von Steuerungs- und Feedbacksystemen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Jeder Ausstattungsvariante wurde ein NutzerInnenmix aus unterschiedlichen NutzerInnentypen zugeteilt. Dabei wurde angenommen, dass bei keinem Feedback mehr Normalnutzer und Sorglose vorhanden sind und sich dies mit zunehmendem Feedback anteilmäßig zu sorgsamem NutzerInnen verschiebt.

3.4.2 Ergebnis des Variantenvergleichs

Die Ergebnisse der LZK-Berechnung sind in Abbildung 6 dargestellt. Als Betrachtungsperiode für die Lebenszykluskostenberechnung wurden 30 Jahre gewählt.

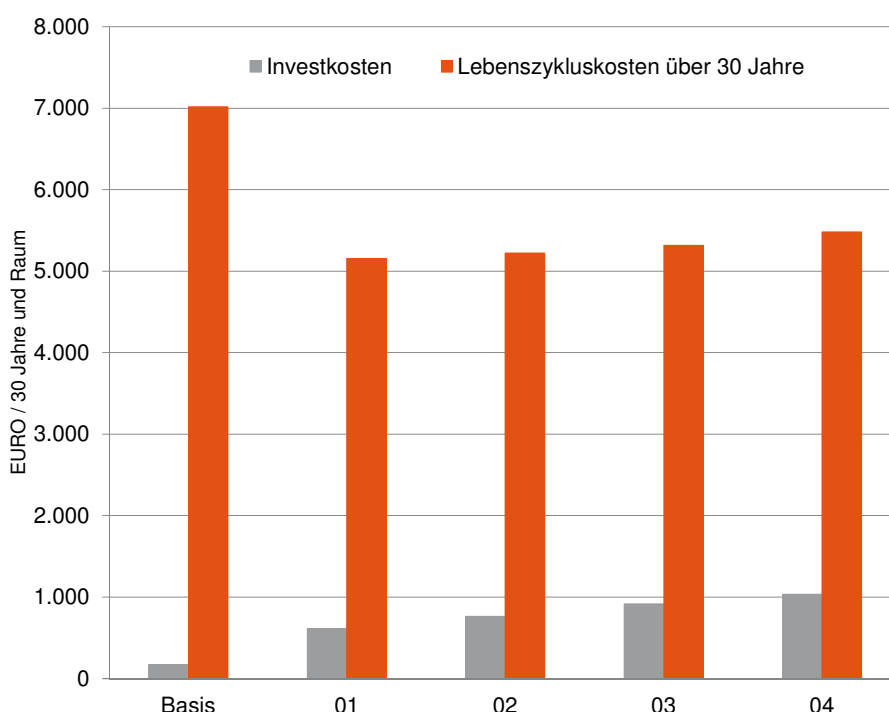


Abbildung 6: Ergebnisse der LZK-Berechnung

Die Ergebnisse sind jeweils für einen Raum und für 30 Jahre dargestellt.

Es ist deutlich erkennbar, dass für zusätzliche Maßnahmen zur Einbeziehung der NutzerInnen mit zusätzlichen Investitionskosten zu rechnen ist. Gleichzeitig veranschaulicht die Grafik, dass bei allen Varianten mit zusätzlichen Maßnahmen die Lebenszykluskosten über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahre geringer sind als die Basisvariante. Dies ist durch die sinkenden Energiekosten durch die zusätzlichen Technologien zu erklären.

3.5 Entscheidung des Bauherren

Die Bauherrin stellte folgende wesentliche Anforderungen an den Planungsprozess und an das zu errichtende Gebäude:

- Entscheidungen der Bauherrin basieren auf den Auswirkungen in den Lebenszykluskosten, nicht alleinig in den Errichtungskosten;
- Die Bauherrin setzt sich das Ziel, ein Vorzeigebauwerk zum sparsamen Umgang mit Energie sowie des Einsatzes erneuerbarer Energieträger zu realisieren;
- Das Themengebiet Energieeinsatz im Gebäude darf nicht zu Lasten der MitarbeiterInnen gehen. Im Gegenteil: Die MitarbeiterInnen sollen aktiv in die Nutzung des Gebäudes und des dafür erforderlichen Energieverbrauchs eingebunden werden. Energieeinsparungen dürfen nicht zu Lasten des Benutzungscomforts für MitarbeiterInnen gehen.

Diese Grundsätze wurden von der Bauherrin in den Entscheidungen über den Einsatz einer nutzerInnenzentrierten Gebäudeautomation eingehalten. Auf Basis der Ergebnisse der NutzerInnenbefragung, der Energie- und Technologieanalysen und der daraus resultierenden Lebenszykluskosten verschiedener Varianten wurde die für die Bauherrin optimale Lösung festgelegt. Details dieser Lösung sind im Abschnitt 3.6.3 Lastenheft enthalten.

Nach Vorlage der NutzerInnenbefragung, der Technologieanalyse und der Lebenszykluskosten entschied sich die Bauherrin für Variante 4 der Lebenszykluskostenanalyse, d.h. mit Präsenzmelder und Fensterkontakte für Heizung und Kühlung, mit Steuerungspanel im Zimmer, mit Temperaturfühler, mit LED Anzeige und zusätzlichen Programmierungen für die Haustechnik. Diese Variante ist in die Lebenszykluskosten günstiger als die Basisvarianten, weist jedoch nicht die geringsten Lebenszykluskosten auf.

Aufgrund der Ergebnisse der NutzerInnenbefragung und der verbesserten Einbindung der NutzerInnen durch zusätzliche technische Möglichkeiten in Variante 4 sowie der angemessenen Mehrkosten fiel die Wahl auf diese Lösung. Mit der Vorgabe, ein smartes Gebäude zu errichten, war die Richtung hinsichtlich zusätzlicher Ausstattungen im Bereich MSR vorgegeben. Die Lebenszykluskostenanalyse hat die Sicherheit gegeben, dass dieser Weg langfristig zu keinen Mehrkosten führen wird.

3.6 Integration in den Planungsprozess

3.6.1 Vorstellung des Forschungsprojektes im Planungsverlauf

Die Integration des Konzepts zur nutzerInnenzentrierten Gebäudeautomation in den Planungsprozess – im konkreten Fall im Rahmen der Erarbeitung in einem Forschungsprojekts – erfolgte nach den folgenden Schritten.

- **Vorentwurf:** Zu Beginn der Planungsphase (Vorentwurf) wurden dem Planungsteam die Ziele des Forschungsprojektes erläutert. Damit sollte das Planungsteam den Nutzen für den späteren Gebäudebetrieb und die Auswirkungen auf die Planung erkennen können. In der

Vorentwurfsphase wurden erste grundsätzliche Ideen zur Umsetzung des Konzeptes entwickelt und mögliche Auswirkungen auf die weitere Planung definiert.

Am Ende der Vorentwurfsplanung wurden erste konkrete Lösungsideen vorgelegt. Dabei wurde der Fokus auf die Vorgaben für ein MSR Konzept gelegt, das die nutzerInnenzentrierten Gebäudeautomation abbilden kann.

- **Entwurf:** in der Entwurfsphase wurden detaillierte Analysen durchgeführt: Thermische Gebäudesimulation, Konkretisierung des Konzepts zur nutzerInnenzentrierten Gebäudeautomation mit spezifischen Technologiekomponenten, Ermittlung der Lebenszykluskosten und Aufbereitung der Entscheidungsunterlagen für die Bauherrin. Nach der Entscheidung der Bauherrin wurde das Konzept in die Entwurfsausarbeitung integriert. Davon waren in diesem Fall folgende Positionen im Leistungsverzeichnis betroffen: Innenausbau und Reversibilität, MSR, zentrale und dezentrale Anzeigen im Foyer und in den Teeküchen, abgestimmtes NutzerInnenfeedback- und Zählerkonzept.
- **Ausführungsvorbereitung:** Erstellung eines funktionalen Lastenhefts als Basis für die konstruktive Ausschreibung der FachplanerInnen im Projekt, Klärung der letzten Fragen zur Funktion des Systems und Anforderungen der NutzerInnen, Umfrage unter den MitarbeiterInnen als Bestätigung und zum abschließenden Feinschliff.

3.6.2 Durchführung der Simulation durch Simulationsingenieure

Die Auswirkungen verschiedener Konzepte zur nutzerInnenzentrierten Gebäudeautomation können unter Berücksichtigung des vorliegenden Gebäudekonzeptes nur mit einer dynamischen Simulation des thermisch-energetischen Verhaltens durchgeführt werden. Im konkreten Fall sind – unabhängig vom Forschungsprojekt – dynamische Simulationen eingeplant, um den Energiehaushalt des Gebäudes zu prognostizieren und das thermisch-energetische Gebäudekonzept zu optimieren. Diese Simulation wurde mit den Anforderungen des Forschungsprojektes abgestimmt, d.h. es wurden zusätzliche Simulationsvarianten am gleichen Raummodell definiert, um Aussagen über die Auswirkungen der Varianten zur nutzerInnenzentrierten Gebäudeautomation treffen zu können. Die Ergebnisse für die Einzelräume wurden auf das gesamte Gebäude hochgerechnet und als Energiekosten in die Berechnung der Lebenszykluskosten integriert.

3.6.3 Erstellung des Lastenheftes

Teil 1: Informationsarchitektur:

In diesem Abschnitt wird auf Basis der bisherigen Ergebnisse aus der Planung, der NutzerInnenbefragung, der Technologieanalyse und der Lebenszykluskostenanalyse eine Informationsarchitektur abgeleitet. Diese dient als Grundlage für die weitere Umsetzung der Schnittstellen zwischen MitarbeiterInnen und Gebäude.

Im Informationsarchitektur-Konzept werden folgende Punkte festgelegt:

- Lage und Verortung des Feedbacks (im Fall des Smart Campus im Büro neben der Tür)
- Feedback-Kanäle und -Devices (in diesem Fall: Steuer-Panel, Ambient-Feedback über eine LED-Leiste)
- Verwendung von Gestaltungsmitteln (z.B. Text, Bild, Ton, Hintergrundfarbe, Beleuchtung/Lichtfarben)
- Verhalten des Feedback-Systems in den definierten Feedback-Fällen und Ablauf der NutzerInnen-Interaktion
- Konkrete Gestaltung des Feedback-Systems (konzeptionelles Screen-Design)

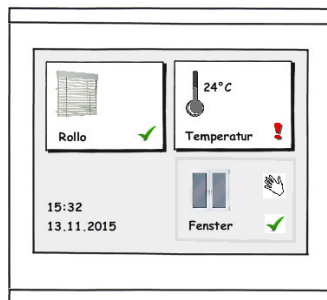
Das Verhalten des Feedback-Systems wird für jeden definierten Feedback-Fall festgelegt. Die Beschreibung enthält außerdem allgemeine Regeln für die Interaktion zwischen NutzerInnen und System, beispielsweise was passiert, wenn NutzerInnen richtig auf die Feedback-Meldungen reagieren? Was geschieht, wenn sie nicht reagieren? Wie soll sich das System verhalten, wenn der Raum leer ist? Was geschieht, wenn die Bedingungen für das Feedback nicht mehr zutreffen? Das Verhalten für einen konkreten Feedback-Fall wurde beispielsweise folgendermaßen definiert:

Fall 6: Bei starker Sonneneinstrahlung in der Kühlperiode: Außenrollo schließen, um Aufheizen des Raums zu verhindern

- **Feedback-Bedingungen:** Rollo geöffnet, gewisse Temperaturdifferenz (Lüftung ein oder aus, abhängig von Temperaturdifferenz und Sonneneinstrahlung)
- Sofort, ohne Verzögerung: **Feedback Stufe Gelb** wird angezeigt
- Wenn NutzerInnen innerhalb von 5 Minuten ab Anzeige des Feedbacks nicht laut Anweisung reagieren: **Feedback Stufe Rot** setzt ein
- Automatisches Schließen nach 120 min.

Die Gestaltung des Feedback-Systems wird in Form von konzeptionellen Screen-Designs und beispielhaften grafischen Designs definiert. Insbesondere werden die einzelnen Seitentypen und die Feedback-Meldungen gestaltet (siehe Abbildung 7 und Abbildung 8).

0. Übersichts-Seite



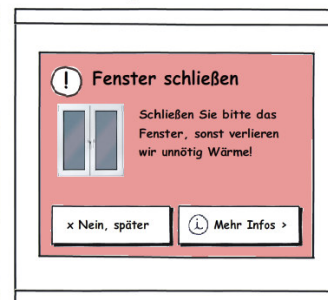
1. Eine Meldung, Feedback Stufe Gelb



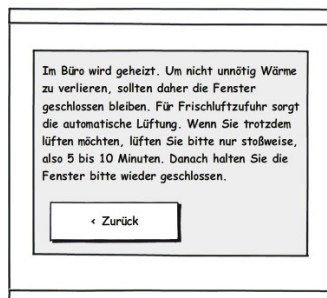
2. Meldung mit direkter Steuerung



3. Eine Meldung, Feedback Stufe Rot



4. Info-Seite (Mehr Infos)



5. Feedback nach Befolgen der Anweisung



6. Neutrale Meldung für manuelles Lüften



© 2013 CURE

Abbildung 7: Seitentypen (konzeptionelles Design, kein grafischer Vorschlag) (Quelle: CURE)



© 2013 CURE



© 2013 CURE

Abbildung 8: Beispielhafte Ausarbeitung des NutzerInnen-Feedbacks am Beispiel der Übersichtsseite und einer Meldung mit direkter Steuerung (Quelle: CURE)

Teil 2: Technische Anforderungen:

Teil 2 behandelt die Art der technischen Lösung und beschreibt konkret die Schnittstellen zu anderen Gewerken wie beispielsweise Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, welche in der Planungsphase bereits fixiert wurden. Der/Die ausführende Elektro- oder SteuerungstechnikerIn kann sich somit ein gutes Bild machen, wie und wo andere steuerungstechnische Systeme angebunden werden müssen, um den Informationsfluss zwischen den einzelnen Steuerungstechnologien gewährleisten zu können.

Weiters ist festgelegt, wie sich Lösung technisch verhalten soll, um sicherzustellen, dass die NutzerInnenfreundlichkeit im Betrieb gegeben ist.

Folgende Inhalte sind im Abschnitt technische Anforderungen enthalten:

- Funktionsbeschreibung Gesamtsystem: Ausformulierte, technische und gewerkübergreifende Beschreibung der nutzerInnenzentrierten Gebäudeautomation;
- Technologische Rahmenbedingungen und Topologieangaben;
- Bauseits beigestellte Hardware, die ein- und angebunden werden soll: Kurzbeschreibung der Komponenten und wozu diese verwendet werden sollen (z.B. Präsenzmelder für Aktivierung/Deaktivierung der Feedbacklösung);
- Funktionsbeschreibung Softwarelösung: Beschreibung, welche Parameter vorhanden sein müssen und deren Auswirkungen. Ebenso werden das „Wirken“ der einzelnen Informationen und deren Interpretation festgelegt.

Unterstützend zu den Beschreibungen werden Tabellen und Übersichten genutzt. Die Anweisungsmatrix (Abbildung 9) stellt tabellarisch dar, welche Bedingungen erfüllt / nicht erfüllt sein müssen bzw. dürfen, damit eine entsprechende Handlungsempfehlung an den/die NutzerIn abgesetzt wird. Eine derartige Darstellung ist empfehlenswert, um eine kompakte Übersicht des Zusammenwirkens von Ursache und Wirkung zu erhalten.

Anweisungsmatrix für Nutzerlenkung im Smart Campus - Forschungsprojekt

☐ Zustand egal
 ☐ Trifft nicht zu
 ☐ Trifft zu



Kriterien																			Auswirkungen		
Fenster offen	Fenster geschlossen	Sonnenschutz manuell oben	Sonnenschutz manuell unten	Solltemperatur gleich xx°C (=Maximaltemp. Heizen)	Solltemperatur unter YY °C (=Minimaltemp. Kühlen)	Isttemperatur Raum > Solltemperatur Raum	Isttemperatur Raum < Solltemperatur Raum	Außentemperatur > Solltemperatur Raum	Außentemperatur < Solltemperatur Raum	Helligkeit an Fassade über Hitzeschwellwert	Helligkeit an Fassade unter Hitzeschwellwert	Dämmung aktiv (Draußen ist es finster)	Letzte Bewegung im Raum x Minuten her	Letzte Fensteröffnung y Minuten her	Lüftung aus (inaktiv seit mindestens z Stunden)	Sicherheitsalarm Wind - Behangschutz	Wind an Fassade > Grenzwert (zB 10 m/s)	Raum belegt	Heizbetrieb (Betriebsart Gebäude)	Übergangsphase (Betriebsart Gebäude)	Sommerbetrieb (Betriebsart Gebäude)

Abbildung 9: Anweisungsmatrix im Smart Campus (Quelle: Stiwa Group)

Eine Übersicht der Handlungsempfehlungen (Abbildung 10) unterstützt den/die TechnikerIn bei der Ausarbeitung der Lösung. Es ist klar zu erkennen, welche Meldungen beim/bei der NutzerIn ankommen sollen und wie diese umzusetzen sind.

Übersicht Handlungsempfehlungen (Meldungen)

Meldung	Titel	Zusatzinfo	Bild	Buttons	Anmerkungen
Meldung 1	Fenster schließen	Schließen Sie bitte das Fenster, sonst verlieren wir unnötig Wärme	Geschlossenes Fenster	"Nein, später" und "Mehr Info"	
Meldung 2	Fenster öffnen	Öffnen Sie bitte das Fenster, damit warme Luft von draußen herein kommt!	Offenes Fenster	"Nein, später" und "Mehr Info"	
Meldung 3	Rollo öffnen	Rollo öffnen, um Licht herein zu lassen	Geöffnetes Rollo	"Nein, später" und "Mehr Info"	
Meldung 4	Fenster schließen	Schließen Sie bitte das Fenster, um die Hitze draußen zu halten!	Geschlossenes Fenster	"Nein, später" und "Mehr Info"	
Meldung 5	Fenster öffnen	Öffnen sie bitte das Fenster, damit kalte Luft von draußen herein kommt!	Offenes Fenster	"Nein, später" und "Mehr Info"	
Meldung 6	Rollo schließen	Rollo schließen, um Hitze draußen zu lassen	Geschlossenes Rollo	"Nein, später" und "Mehr Info"	
Meldung 7	Entspricht Meldung 3, daher Meldung 3 anwenden				
Meldung 8	Soll der Raum wirklich so stark beheizt werden?	OK, jetzt wieder auf Normaltemperatur zurückstellen.	Thermometer	"Nein, Temperatur belassen" und "Mehr Info"	Hier gelten besondere zeitliche Bedingungen! Siehe Lastenheft!
Meldung 9	Soll der Raum wirklich so stark gekühlt werden?	OK, jetzt wieder auf Normaltemperatur zurückstellen.	Thermometer	"Nein, Temperatur belassen" und "Mehr Info"	Hier gelten besondere zeitliche Bedingungen! Siehe Lastenheft!
Meldung 10	Bitte selbst Lüften!	Heute ist die automatische Lüftung ausgeschaltet. Sorgen Sie bitte durch Stoßlüften selbst für Frischluft!	Geöffnetes Fenster, symbolisierter Luftstoß	"OK" und "Mehr Info"	
Meldung 11	Automatische Lüftung	Heute sorgt die automatische Lüftung für Frischluft! Sie brauchen nicht selbst zu lüften.	Geschlossenes Fenster	"OK" und "Mehr Info"	
Meldung 12	Schließen der Außenbeschattung derzeit nicht möglich	Die Beschattung muss aus Sicherheitstechnischen Gründen geöffnet bleiben!	Jalousien hinter Verbotstafel	"OK" und "Mehr Info"	Keine Verzögerungen! Sobald Beschattung gesperrt ist aktiv!
Meldung 13	Vielen Dank!	Danke schön! Sie haben geholfen Energie zu sparen!	zB grüner Baum	"OK" und "Mehr Info"	

Für alle Meldungen gilt:

Werden Meldungen nicht vom Nutzer bestätigt, verschwinden diese automatisch sobald die entsprechenden Kriterien/Bedingungen nicht mehr erfüllt sind. Bei Mehreren Meldungen ist die aktuellste im Vordergrund!

Nach einem Nutzereingriff (manuelle Bedienung) wird eine parametrierbare Zeit lang (Bereich 1-60 Sekunden) jede Meldung verzögert. Sollte die Ursache für die Meldung in dieser Zeit wieder verschwinden, so wird auch keine Meldung abgesetzt!

Abbildung 10: Übersicht über die Feedbackmeldungen (Quelle: Stiwa Group)

4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Ein zentrales Element des Forschungsprojektes war die MitarbeiterInnenbefragung der künftigen NutzerInnen des SmartCampus. In den Interviews wurden die Bedürfnisse der MitarbeiterInnen hinsichtlich der Gebäudeparameter (Temperatur, Lüftung, Beleuchtung, Stromversorgung) und deren Wünsche für die Beeinflussung dieser erfragt. Die primäre Erkenntnis daraus war, dass die NutzerInnen durchaus Interesse an der Mitwirkung der Energieeffizienz im Gebäude haben, aber deshalb nicht auf ihr eigenes Steuerverhalten verzichten wollen. Ein dezentes Feedback des Gebäudes mit konkreten Handlungsanweisungen, sollten sie sich nicht energieeffizient verhalten, würde sie jedoch motivieren, richtig zu handeln.

Im Zuge einer Expertenanalyse inwieweit das NutzerInnenverhalten Einfluss auf den Energieverbrauch hat, wurde jedoch erkannt, dass es für die NutzerInnen selbst schwierig ist, alle ihre Bedürfnisse gleichzeitig zu befriedigen. Es wurden Szenarien der NutzerInnensteuerung bzw. unterschiedliche NutzerInnentypen (von Sorgsamem bis Sorglosen) entwickelt. In einer thermischen Gebäudesimulation wurden die Auswirkungen des NutzerInnenverhaltens objektiv untersucht. Die Simulation zeigt, dass sorgloses NutzerInnenverhalten immense Auswirkungen auf den Energiebedarf hat. Dies konnte besonders für die Heizperiode gesehen werden, wenn NutzerInnen häufig lüften. Da die Simulation auf der konkreten Haustechnik-Ausstattung des Smart Campus basierte, konnten in der Kühlperiode nicht die gleichen Effekte gesehen werden, da das Haustechniksystem an seine Grenzen stieß. Jedoch ist dazu anzumerken, dass es hier zwar keine immensen Kühlenergiesteigerungen gab, aber der angestrebte Komfort im Sommer auch nicht mehr erreicht wurde.

Die Technologieanalyse in AP3 führte zu einem Überblick über vorhandene, zuverlässige Technologien für die Raumsteuerung, die Messung und die Visualisierung. Damit sollte gewährleistet werden, dass jene Ausstattungsvarianten, die den Bedürfnissen der NutzerInnen entsprechen und die Energieeffizienz fördern, auch vorhanden und wirtschaftlich sind. Den Ausstattungsvarianten wurden jeweils ein Mix unterschiedlicher NutzerInnentypen zugeordnet um abzubilden, dass z.B. Feedbacksysteme positive Auswirkungen auf energieeffizientes NutzerInnenverhalten haben.

Für die einzelnen Ausstattungsvarianten wurden auch Investitions-, Wartungs- und Instandhaltungskosten, die Lebensdauern und der Eigenenergieverbrauch der einzelnen Technologien erhoben. Mit diesen gesammelten Inputparametern konnte mittels Lebenszykluskostenanalyse ein wirtschaftlicher Vergleich der unterschiedlichen Ausstattungsvarianten durchgeführt werden. Das Ergebnis zeigte, dass sich die wesentlich teurere Vollausstattung inkl. Feedback durch ein energieeffizienteres Verhalten innerhalb des Betrachtungszeitraums von 30 Jahren in jedem Fall rechnet.

Da das Ergebnis hier eindeutig war, entschied sich die Bauherrin, die Wien Energie Stromnetz GmbH, die Vollausstattung in die Planung zu integrieren.

Eine wesentliche Erkenntnis bei der Integration in den Planungsprozess war, dass es wichtig ist, auch schon vor konkreten Ergebnissen der unterschiedlichen Analysen, das Projekt frühzeitig dem Planungsteam bekannt zu machen. So konnten die PlanerInnen die Ausstattungsanforderungen schon frühzeitig berücksichtigen.

5 Ausblick und Empfehlungen

Als Ausblick kann gesagt werden, dass die im Forschungsprojekt gewählte Vorgehensweise dazu geführt hat, dass die Bauherrin, die Wien Energie Stromnetz GmbH, ein einzigartiges System in ihrer Unternehmenszentrale zum Einsatz bringt, das die NutzerInnen motiviert energiesparend im Unternehmen zu handeln, aber diese nicht bevormundet. Durch die groß angelegte NutzerInnenbefragung kann auch sichergestellt werden, dass die MitarbeiterInnen hinter dem künftigen System stehen.

Zum Zeitpunkt des Projektabschlusses ist die Ausschreibung zur Errichtung des Smart Campus am Laufen. Der Baubeginn ist für April 2014 geplant, die Fertigstellung und der Bezug der Immobilie ab dem ersten Quartal 2016. Nach einer gewissen Einregulierungsphase ist eine NutzerInnenbefragung vorgesehen, die die Zufriedenheit im neuen Gebäude und mit dem installierten System erheben soll.

Für interessierte Bauherren muss gesagt werden, dass die gewählte Vorgangsweise sich bewährt hat, jedoch der Aufwand den gesamten Prozess durchzuführen – von der NutzerInnenbefragung bis zur Lebenszykluskostenanalyse – hoch ist und voraussichtlich nur bei Großprojekten möglich ist. Es ist jedoch anzunehmen, dass die Ergebnisse aus der Nutzerbefragung und der Analyse der Nutzertypen besonders für Büroimmobilien, wenn auch nicht unreflektiert, übernommen werden können. NutzerInnen anderer Unternehmen können ggf. ganz andere Bedürfnisse haben, als jene der Wien Energie Stromnetz GmbH. Dennoch kann die Größe der Umfrage als repräsentativ genannt werden und es ist zu erwarten, dass auch bei vielen anderen Unternehmen ähnliche Ergebnisse heraus kommen. Die Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse hängen jedoch sehr stark von den spezifischen Komponenten des Mess-, Steuerungs- und Feedbacksystems ab und müssen für jedes Projekt gesondert durchgeführt werden um eine aussagekräftige Entscheidungsgrundlage für den Bauherren zu bilden.

6 Literaturverzeichnis

Bin, S., Dowlatabadi, H., (2005). Consumer lifestyle approach to US energy use and the related CO2 emissions. Energy Policy, 33:197-208.

Chamberlain, A., Benford, S., Greenhalgh, C., Hamphsire, A., Tandavanitj, N., Adams, M., Oldroyd, A. & Sutton, J. (2007). Professor Tanda: Greener gaming & pervasive play. DUX'07.

Chetty, M., Tran, D., and Grinter, R. E. (2008). Getting to green: understanding resource consumption in the home. In Proc. of UbiComp, pages 242–251, New York, NY, USA, ACM.

- Consolvo, S., Everitt, K., Smith, I., and Landay, J. A. Design requirements for technologies that encourage physical activity. In Proc CHI 2006, ACM Press (2006), 457-466.
- Cory D. Kidd , Robert Orr , Gregory D. Abowd , Christopher G. Atkeson , Irfan A , Blair Macintyre , Elizabeth Mynatt , Thad E. Starner , Wendy Newstetter. 1999. The aware home: A living laboratory for ubiquitous computing research. Conference Inference 1999.
- Darby, S., 2006, The effectiveness of feedback on energy consumption. A review for DEFRA of the literature on metering, billing and direct displays. Environmental Change Institute, University of Oxford.
- Davidsson P "Energy Saving and Value Added Services: Controlling Intelligent Buildings Using A Multi-Agent System Approach" in DA/DSM Europe DistribuTECH, PennWell, 1998
- Ehrhardt-Martinez, K., et al (2010). Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs: Meta-Review for Household Electricity-Saving Opportunities. ACEEE'10; 1-140.
- Energy Outlook 2010. Energy Information Administration, <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html>, 2010.
- Fisher, C. (2008). Feedback on household electricity consumption: A tool for saving energy? Energy Efficiency, 1(1):79–104.
- Fogg, B.J. 1998. Persuasive computers: perspectives and research directions. Proc CHI '98, ACM, 225-232.
- Fogg, B.J. Persuasive Technology – Using Computers to Change What We Think and Do. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2003.
- Fogg, B. Three possible futures for persuasive technology. In Proc. Persuasive 2009, ACM Press (2009)
- Froehlich, J., Findlater, L., Ostergren, M., Ramanathan, S., Peterson, J., Wragg, I., Larson, E., Fu, Fabia, Bai, M., Patel, S.N., Landay, A. 2012. The Design and Evaluation of Prototype Eco Feedback Displays for Fixture-Level Water Usage Data. CHI2012, May 5-10, 2012, Austin Texas.
- Froehlich J., Findlater L., & Landay J. (2010). The Design of Eco- Feedback Technology. CHI'10, 1999–2008.
- Froehlich, J. (2009) "Promoting Energy Efficient Behaviors in the Home through Feedback: The Role of Human-Computer Interaction" HCIC 2009 Winter Workshop Boaster Paper, Snow Mountain Ranch, Fraser, Colorado, February 4 - 8th, 2009. Also released as a University of Washington CSE Tech Report UW-CSE-09-02-01. February 20.
- Froehlich, J., Dillahunt, T., Klasnja, P., et al. (2009). UbiGreen: Investigating a Mobile Tool for Tracking and Supporting Green Transportation Habits. CHI'09, 1043-1052.
- Haines, V., Mitchell, V., Cooper, C. and Maguire, M., (2006). Probing user values in the home environment within a technology driven Smart Home project. Personal and Ubiquitous Computing, 11, 5, 349-359.

- Ham, J., Midden, C., and Beute, F. Can ambient persuasive technology persuade unconsciously?: using subliminal feedback to influence energy consumption ratings of household appliances. In *Proc. Persuasive 2009*, vol. 350. ACM Press (2009)
- Hausladen, G, de Saldanha, M. Liedl, P. & Sager, C. (2005). *ClimaDesign: Lösungen für Gebäude, die mit weniger Technik auskommen können*. München, Callwey
- Huang E., & Truong K. Breaking the Disposable Technology Paradigm: Opportunities for Sustainable Interaction Design for Mobile Phones. In *Proc. CHI 2008*, ACM Press (2008), 323-332
- Hsu, J., Mohan, P., Jian, X., Ortiz, J., Shankar, S., Dawson-Haggerty, S., & culler, D., 2010. HBCI: Human-building-computer interaction.
- Intille, S.S. "The goal: smart people, not smart homes," in *Smart Homes and Beyond: Proceedings of the International Conference on Smart Homes and Health Telematics*, C. Nugent and J.C. August, Eds., vol. 19 *Assistive Technology Research*, IOS Press, 2006.
- Intille, S. S. Larson, K. Munguia Tapia, E. Beaudin, J. Kaushik, P. Nawyn, J. and Rockinson, R. "Using a live-in laboratory for ubiquitous computing research," in *Proceedings of PERVASIVE 2006*, vol. LNCS 3968, K. P. Fishkin, B. Schiele, P. Nixon, and A. Quigley, Eds., Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2006, pp. 349-365.
- Intille, S. S. (2002) "Designing a home of the future," *IEEE Pervasive Computing*, vol. April-June, pp. 80-86.
- Intille, S.S. & Larson, K., 2003 *Designing and evaluating supportive technology for homes*. in *Proceedings of the IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics 2003*, IEEE Press, 2003.
- Kaufmann, P., (2011), *Systembroschüre Das DGNB-System*, Linz: ÖGNI
- King, D., & Wlaker, G., (2009). *The Hot Topic: How to Tackle Global Warming and Still Keep the Lights On*. Bloomsbury Publishing, UK.
- Kientz J. A, Patel S. N, Jones B, Price E, Mynatt E. D and Abowd, G. D (2008) *The Georgia Tech aware home*. Ext. Abst. of CHI, ACM, pp 3675-3680.
- Kuznetsov, S., & Paulos, E. (2010). *UpStream: Motivating Water Conservation with Low-Cost Water Flow Sensing and Persuasive Displays*. CHI'10, 1851–1860.
- Jahn, M., Schwartz, T., Simon, J. & Jentsch, M. (2011). *EnergyPULSE: tracking sustainable behavior in office environments*. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Energy-Efficient Computing and Networking (e-Energy '11)*. ACM, New York, NY, USA, 87-96.
- Jentsch, M., Jahn, M., Pramudianto, F., Simon, J. & Al-Akkad, A. (2011). *An energy-saving support system for office environments*. In *Proceedings of the Second international conference on Human Behavior Understanding (HBU'11)*, Albert Ali Salah and Bruno Lepri (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 83-92.
- Junestrand, S, Tollmar, K., Lenman, S. & Thuresson, B. 2000. *Public and private Places –the use of video mediated communication in a future home environment*. *The Future Is Here*, Extended Abstracts.

Conference CHI 2000, Future Is Here, New York, USA, pp. 16-17 and as a video in the Video Program, min. 31:28-38:24.

Milenkovic, M., Hanebutte, U. & Dang, T. (2011). POEM - a user-centric approach to energy efficiency in office buildings. In *Proceedings of the Third ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Buildings* (BuildSys '11). ACM, New York, NY, USA, 37-38.

Milenkovic, M., Hanebutte, U., Huang, Y., Prendergast, D. & Pham, H. (2013). Improving user comfort and office energy efficiency with POEM (personal office energy monitor). In *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (CHI EA '13). ACM, New York, NY, USA, 1455-1460.

Mokamelkhah, E. (2007), Lighting, Shading and Ventilation controls: A study of user behavior in office buildings. Dissertation, Wien: Technische Universität Wien

Mozer, M., Dodier, R., Miller, D., Anderson, M., Anderson, J., Bertini, D., Bronder, M., Colagrosso, M., Cruickschank, R., Dagerthy, B., Fontenot, M., Ikeako, O., Kooros, P., Lukianow, D., Moyer, T., Myers, C., Pennell, T., Ries, J., Skorpen, E., Sloss, J., Vidmar, L., & Weeks, M., 2005. The Adaptive house. IEE Digest, Volume 2005, Issue 11059, Volume 1.

Patel, S.N., Gupta, S., & Reynolds, M.S. The design and evaluation of an end-user-deployable, whole house, contactless power consumption sensor. In *Proc. CHI 2010*. ACM Press (2010), 2471-2480.

Pröglhöf, C. (2009), On Patterns of control-oriented human behavior in office environments. Dissertation, Wien: Technische Universität Wien

Riche, Y., Dodge, J., & Metoyer R. (2010). Studying Always-On Electricity Feedback in the Home. *Proc of CHI '10*.

Rodin, J. (1986). "Aging and health: Effects of the sense of control," *Science*, vol. 233, pp. 1271-1276.

Rouse, K. S., Cleveland, M. A., & Tan F. E., (2009). Developing a Visual Energy Consumption Assessment Tool for Homeowners. *Proceedings of the 2009 IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium*, University of Virginia, Charlottesville, VA, USA, April 24, 2009

Schrammel, J., Gerdenitsch, C., Weiss, A., Kluckner, P. M. & Tscheligi, M. (2011). Fore-Watch - The clock that tells you when to use: Persuading users to align their energy consumption with green power availability. *Aml 2011, LNCS 7040*, pp. 157-166.

Shipworth, M., (2002). *Motivating Home Energy Action: A Handbook of What Works*. Australian Greenhouse Office. Aufgerufen am 26. Juli 2012: <http://www.environment.gov.au/settlements/local/publications/pubs/motivating.pdf>

Reitberger, W., Tscheligi, M., de Ruyter, B., and Markopoulos, P. 2008. Surrounded by ambient persuasion. In *CHI '08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (Florence, Italy, April 05 - 10, 2008). CHI '08. ACM, New York, NY, 3989-3992.

Ueno, T., Sano, F., Saeki, O., & Tsuji, K. (2006). Effectiveness of an energy consumption information system on energy savings in residential houses based on monitored data. *Applied Energy*, 82 (2), 166-183.

- Voss, K., Löhner G., Herkel, S., Wagner, A., Wambsganß, M. (2010). Bürogebäude mit Zukunft. Stuttgart: Fraunhofer Irb Stuttgart
- Warwick, K, Gasson M N, Hutt B D, Goodhew I: "An Attempt to Extend Human Sensory Capabilities by Means of Implant Technology", IEEE SMC, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Waikoloa, Hawaii, pp.1663-68, 10-12 October, 2005
- Wash, R., Hemphill, L. and Resnick, P. (2005). Design decisions in the RideNow project. SIGGROUP'05, 132-135.
- Weber, C. L. & Matthews, H. S. (2008). Quantifying the global & distributional aspects of American household carbon footprint. Ecological Economics, 66(2-3):379-391
- Willems, W. M., Dinter, S., Schild, K. (2006). Vieweg Handbuch Bauphysik Teil 1: Wärme-und Feuchteschutz, Behaglichkeit, Lüftung. Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag | GWV Fachverlage GmbH
- Wood, G. & Newborough, M., (2003). Dynamic energy-consumption indicators for domestic appliances: environment, behaviour and design. Energy and Buildings 35, 821–841
- Yann, R., Dodge, J., & Metoyer, R.A. (2010). Studying Always-On Electricity Feedback in the Home. CHI 2010, April 10-15, 2010, Atlanta, Georgia, USA.

IMPRESSUM

Verfasser

Wien Energie Stromnetz GmbH

Peter Steczowicz

Mariannengasse 4 – 6, 1090 Wien

Tel: +43 (0) 1 90190/30460

Fax: +43 (0) 1 90190/30499

E-Mail: peter.steczowicz@wienernetze.at

Web: www.wienenergie-stromnetz.at

Projektpartner und Autoren

- Wien Energie Stromnetz GmbH,
Peter Steczowicz, Monika Wührer
- e7 Energie Markt Analyse GmbH,
Margot Grim, Gerhard Hofer, Barbara
Jörg
- M.O.O.CON GmbH, Bernhard Herzog
- Cure - Center for Usability Research &
Engineering, Regine Müller
- AMS Engineering GmbH, Michael
Pühringer
- cTrixs International GmbH, Philipp
Stuppnik
- TU Wien - Institut für Computertechnik,
Heimo Zeilinger

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22

1060 Wien

office@klimafonds.gv.at

www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH