

# ARIS

## D 5.2 Nutzenanalyse und Benutzerfeedback

Projekt Referenz	FFG Projekt Nr. 845143
Projekt Akronym	ARIS
Projekt Titel	Anwendung nichtlinearer Regelungstechnik und intelligenter Sensorik zur Effizienzsteigerung in Gebäuden
Programm	ENERGIE DER ZUKUNFT
Ausschreibung	SdZ 1. Ausschreibung

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Auswirkungen auf die Nutzerinnen und Nutzer	3
2.1	Aufbau und Hintergründe	3
2.2	Auswertung ENERGYbase	4
3	Schlussfolgerungen	8
4	Annex	8

# 1 Einleitung

Dieses Deliverable beschreibt das Feedback der Anwendbarkeit des Systems sowie die Vorteile/Nachteile der entwickelten Technologien für die Gebäudeautomation. Die Nutzenanalyse aus T5.4 in AP5 wurde in ein erweitertes D2.3 „Ökonomische Anforderungen“ eingearbeitet, um dort alle ökonomischen Anforderungen und Analysen gesammelt darzustellen.

In diesem Deliverable werden die Erkenntnisse der Evaluationen akkumuliert und reflektiert, um zu einer qualitativen Einschätzung aller wesentlichen Erfolgskriterien zu kommen. Dazu wurde der ARIS Regler dazu verwendet, das Lüftungssystem der Fachhochschule Technikum Wien im ENERGYbase-Gebäude zu optimieren. Der Regler übernahm die Optimierung von insgesamt sieben Räumen und optimierte unter Zuhilfenahme von Sensorwerten (CO<sub>2</sub> in den Räumen, Volumenströme im Lüftungssystem) und Anwesenheitsvorhersagen (entnommen aus dem Raumbuchungssystem) die Luftmengen in die Räume sowie den Gesamtvolumenstrom des Zuluftventilators. Es wurde global optimiert, sodass jeder einzelne Raum möglichst innerhalb der Komfortgrenzen blieb, aber auch der gesamte Volumenstrom optimiert wurde. Dieses Setup wurde aufgrund der technischen Gegebenheiten manuell an die Gebäudeleittechnik der ENERGYbase angebunden (d.h. die Volumenstromwerte und der Zuluftventilator-Differenzdruck wurde alle 15 Minuten händisch in die Leittechnik übertragen) und für einen Tag (2. Dezember 2016) durchgeführt. In dieser Zeit wurden die Nutzerinnen und Nutzer befragt. Eine technische Auswertung des Experiments befindet sich im Deliverable D5.2 „Evaluierungsbericht“.

Die Auswirkungen auf die Nutzerinnen und Nutzer wurden gleichzeitig mit dem Testlauf des Experiments mittels Fragebogen ermittelt, es wurden quantitative Aussagen über Veränderungen durch das Experiment von den Nutzerinnen und Nutzern vom Subauftragnehmer „the transition partners“ (Frau Dr. Siegrun Klug) abgefragt, um die subjektiv wahrgenommenen Auswirkungen zu identifizieren.

Leitend für die Entwicklung der Vorgehensweise für die Befragung war einerseits die Anforderung, das Benutzer-Feedback vergleichbar zu machen, andererseits von möglichst allen BenutzerInnen Feedback zu bekommen, um valide Daten zu erhalten, auf deren Basis zuverlässige Aussagen zu den Wirkungen des neuen Systems getroffen werden können.

## 2 Auswirkungen auf die Nutzerinnen und Nutzer

Im Rahmen der testweisen Implementierung des ARIS Reglers wurde untersucht, inwieweit die Veränderungen in der Raumluftqualität und in der Raumtemperatur von Seiten der NutzerInnen wahrgenommen werden, um die Effektivität dieser neuen Lösung in einem realen Umfeld zu messen und um Faktoren identifizieren zu können, die diese Effektivität beeinflussen können.

### 2.1 Aufbau und Hintergründe

Ziel der Befragung am 2. Dezember 2016 war es, während der Testphase im Testgebäude ENERGYbase die Auswirkungen und Veränderungen in der Wahrnehmung der sich in den Räumen befindlichen Personen zu untersuchen. Alle in den Testräumen zum Testzeitpunkt anwesenden Personen sollten befragt werden.

#### Erhebungsmethodik

Eine Vollerhebung wurde angestrebt, um eine möglichst hohe Datenvalidität zu erreichen. In der ENERGYbase waren am Testtag in den Testräumen etwas über 100 Personen anwesend. Aufgrund dieser hohen Fallzahl konnten keine persönlichen Interviews durchgeführt werden. Ein schriftlicher teilstrukturierter Fragebogen wurde entwickelt (s. Anhang), der von den Testpersonen selbst ausgefüllt werden konnte. Der Fragebogen enthält standardisierte quantitative Fragen zur Beurteilung der Luftqualität und der Temperatur, um skalierbare und vergleichbare Aussagen über die diesbezüglichen Wahrnehmungen der Testpersonen zu erhalten. Zusätzlich wurden jeweils die Begründungen der quantitativen Beurteilungen in Form von offenen Fragen gestellt, um die den Beurteilungen zugrundeliegenden Wahrnehmungen genauer und tiefergehend zu verstehen.

Am Ende des Fragebogens wurden allgemeine Fragen zur Person gestellt, um Auswertungen und Vergleiche nach Untergruppen vornehmen zu können: Geschlecht, Alter, höchste abgeschlossene Schulbildung und einige Verhaltensitems in Bezug auf Heizen/Temperatur und Lüften.

#### Ablauf der Befragung

Die Befragung wurde am Tag der Testung durchgeführt. Die Testpersonen wurden befragt, nachdem sie einen längeren Zeitraum in dem jeweiligen Testraum verbracht hatten. Hierbei wurden in erster Linie StudentInnen

befragt. Sie hielten sich zumindest eineinhalb Stunden in den jeweiligen Testräumen im Rahmen ihrer Lehrveranstaltungen auf. Am Ende der Lehrveranstaltungen wurde der Fragebogen zum Selbstauffüllen verteilt und anschließend wieder eingesammelt. Damit wurde eine hohe Teilnehmerate sichergestellt. Zusätzlich zu den Lehrveranstaltungen fanden Befragungen der MitarbeiterInnen zweier Büroräume statt.

Folgende Verteilung der befragten Personen ergab sich pro Testraum (die Uhrzeiten geben die Dauer der Lehrveranstaltung an, zu der sich die jeweiligen Personen in den Räumen befanden, in zwei Räumen fanden jeweils zwei Lehrveranstaltungen statt, in allen Lehrveranstaltungen befanden sich verschiedene StudentInnen-Gruppen):

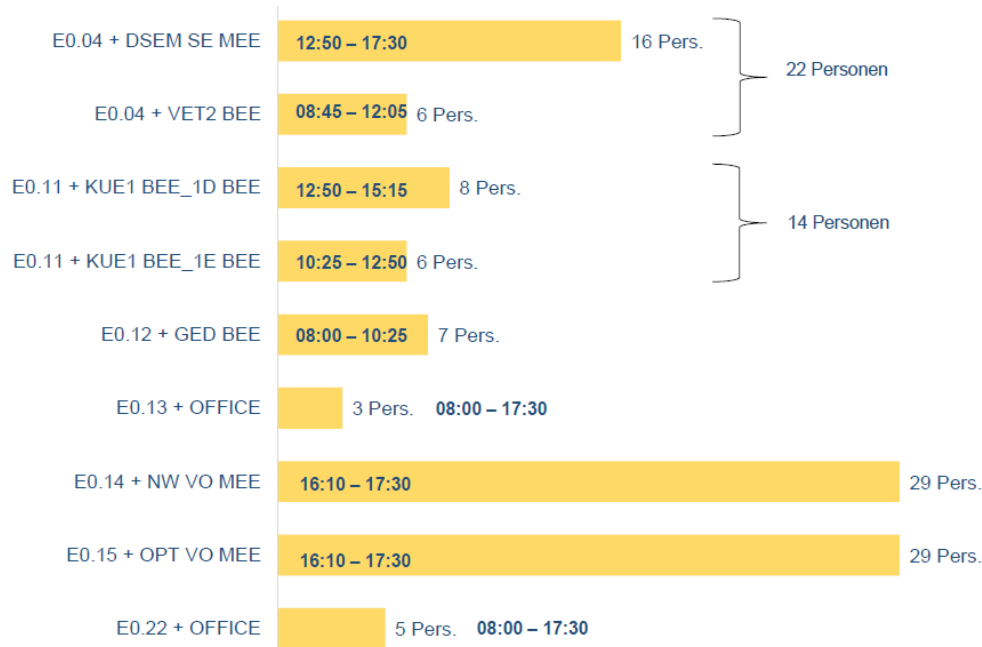


Abbildung 1 Verteilung der Personen nach Räumen und Lehrveranstaltung (E0.xx ... Raumnummer + Lehrveranstaltungs-ID bzw. Office/Büro) und Aufenthaltsdauer/Zeitraum der Testpersonen in den Räumen

## 2.2 Auswertung ENERGYbase

Die Ergebnisse in der Totalen über alle Befragten sowie nach Testräumen und weiteren Untergruppen finden sich detailliert im Anhang.

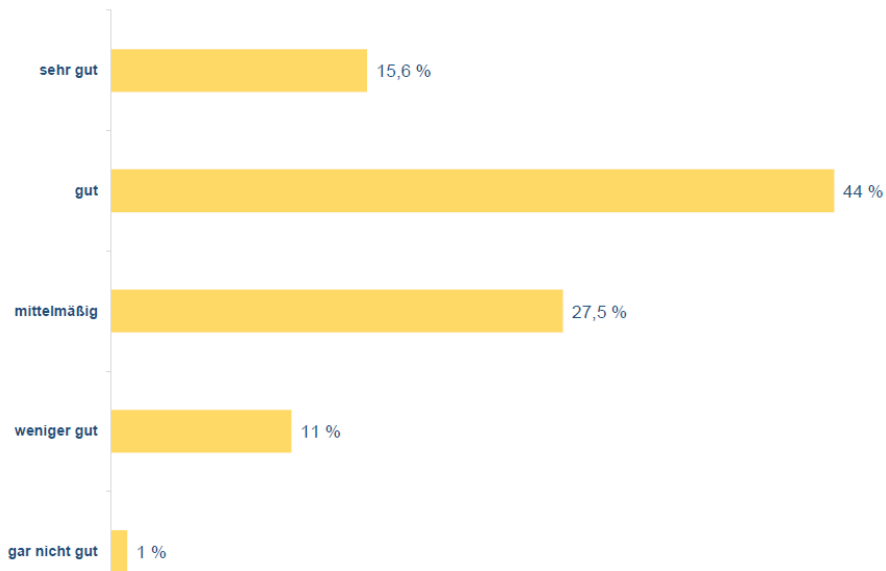
### Sample

Insgesamt wurden in der ENERGYbase am Testtag 109 Personen befragt: FH-StudentInnen, LektorInnen und FH-MitarbeiterInnen. Der Großteil der Befragten war männlich (87%), 11% der Befragten waren Frauen, 2 Personen machten keine Angabe. Der größte Teil der TeilnehmerInnen war jung, 55% waren unter 25 Jahre alt, ein Viertel der Befragten zwischen 26 und 30 Jahren. Das Bildungsniveau war hoch, alle Befragten hatten zumindest Matura. Zwei Drittel der Befragten waren StudentInnen des Master-Studiengangs.

### Luftqualität

Eine gute Luftqualität war allen Befragten wichtig (20%) bzw. sehr wichtig (78%). Dies zeigt sich auch im Lüftungsverhalten zuhause: ein Viertel (24%) der Befragten stimmten der Aussage "zuhause lüfte ich häufig" sehr zu, 51% stimmten dieser Aussage eher zu. Zwei Drittel der Befragten meinten, dass die Luftqualität in der ENERGYbase generell gut wäre.

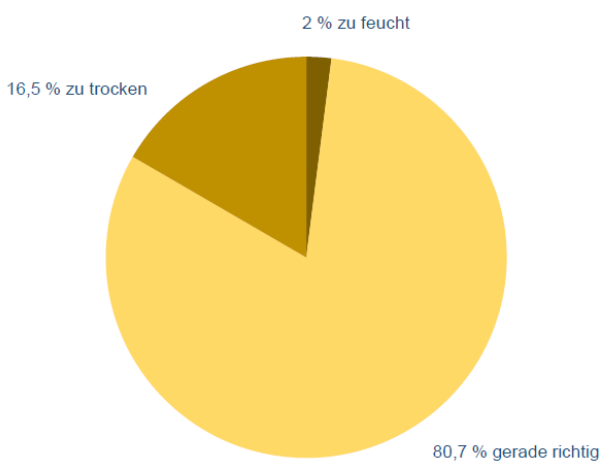
Im Folgenden ist die Beurteilung der Luftqualität im Testzeitraum für den Raum, in dem man sich zum Testzeitpunkt aufhielt, dargestellt:



**Abbildung 2 Beurteilung der Luftqualität zum Testzeitpunkt, n=109**

60% der befragten Personen gaben an, dass die Luftqualität sehr gut bzw. gut war. Als Begründung bzw. Wahrnehmung wurde in erster Linie angegeben, die Luft sei "frisch", "nicht stickig" und "wie gelüftet", einige Personen spürten einen Luftzug.

Die Personen, die mit der Luftqualität weniger zufrieden waren, führten an, die Luft sei "stickig" und "trocken". Im Folgenden ist die Beurteilung der Luftfeuchtigkeit für den Raum, in dem man sich zum Testzeitpunkt aufhielt, dargestellt:



**Abbildung 3 Beurteilung der Luftfeuchtigkeit zum Testzeitpunkt, n=109**

Der größte Teil (80%) der befragten Personen gab an, dass die Luftfeuchtigkeit gerade richtig war. 17% waren der Meinung, dass die Luft zu trocken wäre, zu feucht war sie nur für 2%.

Die Testpersonen wurden gefragt, inwieweit sie eine Veränderung der Luftqualität gegenüber anderen Zeitpunkten (z.B. früheren Lehrveranstaltungen) in diesem Raum bemerkt hatten.

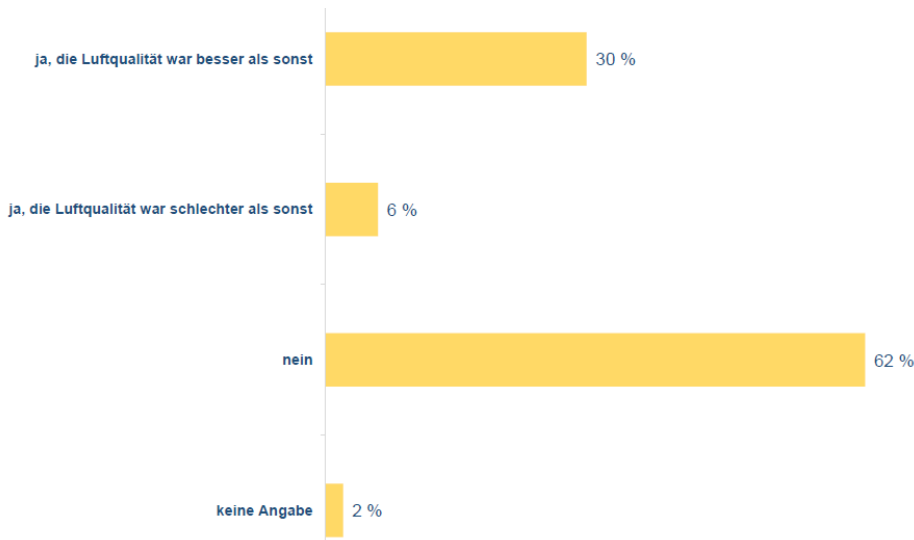


Abbildung 4 Beurteilung der Luftqualität gegenüber anderen Zeitpunkten, n=109

Zwei Drittel (62%) der befragten Personen gaben an, keine Veränderung bemerkt zu haben. 30% der Befragten hatten eine Verbesserung der Luftqualität festgestellt, in erster Linie "frischere Luft" und geringere Trockenheit. Prinzipiell wurde an der Luftqualität kritisiert, dass sie häufig aufgrund der hohen Belegung bei manchen Lehrveranstaltungen am Ende "schon sehr verbraucht und sehr schlecht" wäre. Bedarf an einer Verbesserung der Luftqualität vor allem in den dicht belegten Räumen konnte jedenfalls festgestellt werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Luftqualität in den Testräumen von einer Mehrheit der Befragten positiv beurteilt wurde. Von den meisten Personen wurde kein Unterschied an diesem Tag gegenüber früheren Zeitpunkten festgestellt. Personen, die eine Änderung spürten (ein Drittel), nahmen eine Verbesserung der Luftqualität wahr.

## Raumtemperatur

Zusätzlich zur Luftqualität wurde die Wahrnehmung und Beurteilung der Raumtemperatur erhoben.

Die TeilnehmerInnen wurden im Fragebogen auch gefragt, ob es ihnen ganz allgemein in Räumen öfters zu kalt ist ("Kälteempfindliche"). Nur 17% stimmten dieser Aussage zu. Vor diesem Hintergrund ist die Beurteilung der Raumtemperatur in den Testräumen zu interpretieren. Einem Viertel der Befragten war die Temperatur in den Testräumen zu hoch, für den Großteil (zwei Drittel) war sie gerade richtig.

Im Folgenden ist die Beurteilung der Temperatur für den Raum, in dem man sich zum Testzeitpunkt aufhielt, dargestellt:

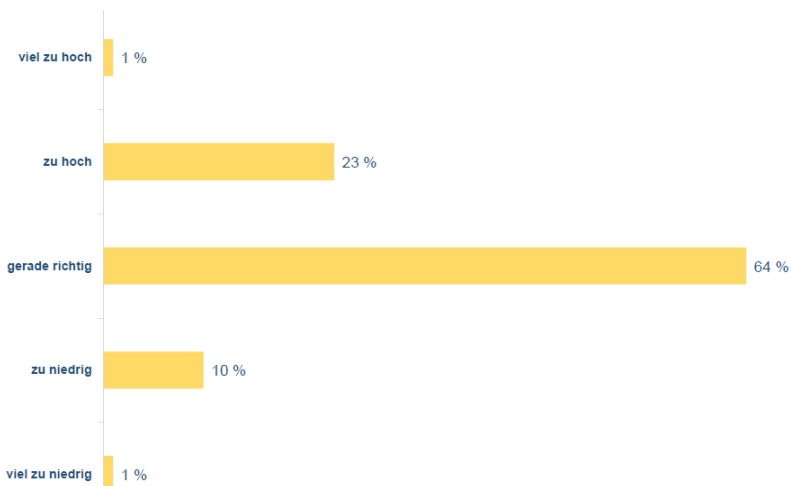
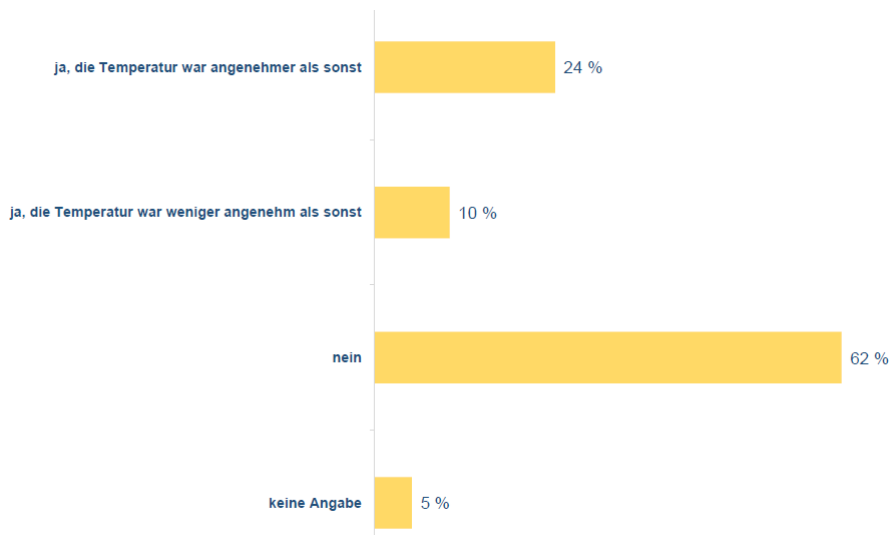


Abbildung 5 Beurteilung der Temperatur zum Testzeitpunkt, n=109

Die Testpersonen wurden gefragt, inwieweit sie eine Veränderung der Temperatur gegenüber anderen Zeitpunkten (z.B. früheren Lehrveranstaltungen) in diesem Raum bemerkt hatten.



**Abbildung 6 Beurteilung der Temperatur gegenüber anderen Zeitpunkten, n=109**

Zwei Drittel (62%) der befragten Personen gaben an, keine Veränderung bemerkt zu haben. Ein Viertel (24%) der Befragten hatte eine angenehmere Temperatur festgestellt, 10% eine Verschlechterung. Die offenen Antworten variierten sehr stark in Hinblick auf die Beurteilung als "zu warm" oder "zu kühl". Eine persönliche Disposition oder Vorliebe für ein bestimmtes Temperaturspektrum erscheint hier als plausibelste Erklärung.

Die befragten Personen sind sich deutlich stärker einig in ihrem Anspruch nach einer hohen Luftqualität, die sie über die subjektiven Bewertungskriterien "Stickigkeit" und "Trockenheit" sowie "Frische" definieren und beurteilen, als in der Bewertung der Raumtemperatur. Was diese betrifft spielen offensichtlich persönliche Dispositionen eine stärkere Rolle.

### Beurteilung nach Räumen

Die Testräume waren von unterschiedlicher Größe und von unterschiedlicher Personenbelegung. Auch die Personendichte pro Testraum war verschieden: einige der größeren Räume wurden nur von wenigen Personen genutzt (dies trifft vor allem auf die beiden Büroräume zu), zwei Hörsäle waren sehr dicht belegt (E0.14 und E0.15).

Nachfolgend ist die Zustimmungsrate zu der Aussage "die Luftqualität im Raum ist sehr gut/gut" dargestellt:

Raum	Zeitraum der Nutzung	Anzahl der Befragten	Zustimmungsrate in %
E0.14	16.10-17.30	29	35
E0.15	16.10-17.30	29	52
E0.04	8.45-12.05	6	100
E0.04	12.50-17.30	16	56
E0.13	8.00-17.30	3	33
E0.22	8.00-17.30	5	100
E0.11	10.25-12.50	6	100
E0.11	12.50-15.15	8	88
E0.12	8.00-10.25	7	86

**Tabelle 1 Zustimmungsrate Luftqualität nach Räumen/Lehrveranstaltungen**

Aus der Tabelle 1 ist ersichtlich, dass

- in Räumen, die nur von wenigen Personen genutzt wurden, die Zufriedenheit mit der Luftqualität hoch war (Ausnahme: Büro mit drei Personen) unabhängig von der Größe der Räume,
- in den beiden Hörsälen, die eine sehr dichte Belegung aufwiesen, die Zufriedenheit am geringsten war (beide Räume waren davor nicht genutzt worden; die offenen Antworten zeigen, dass die Luftqualität in einem relativ kurzen Zeitraum abgenommen hatte).

## **Beurteilung nach weiteren Kriterien**

Hinsichtlich möglicher Unterschiede nach Geschlecht und Alter lassen sich keine zuverlässigen Aussagen zwischen den Gruppen machen. Dafür sind die Fallzahlen der Untergruppen zu klein (11% Frauen, 17% Personen über 30 Jahre), die Stichprobe in sich zu homogen (männlich, jung).

## **3 Schlussfolgerungen**

Die Befragungen der NutzerInnen der ENERGYbase zeigen, dass mit dem ARIS Regler Verbesserungen in der Luftqualität des Testgebäudes erzielt werden konnten. Ein Faktor, der die diesbezügliche subjektive Zufriedenheit der NutzerInnen besonders beeinflusst, ist die Personendichte in einem Raum: je höher, desto schwerer konnte eine zufriedenstellende Luftqualität über einen längeren Zeitraum hergestellt werden.

Die wahrgenommene Raumtemperatur ist stark von individuellen Faktoren bestimmt und wird sehr unterschiedlich bewertet. Durch das ARIS System wurde in der ENERGYbase nur zu einem geringen Ausmaß die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur erhöht.

Aus den Rückmeldungen der Benutzer ergab sich, dass 30% der Befragten eine verbesserte Luftqualität durch das Experiment im Vergleich zur üblichen Luftqualität wahrgenommen haben. Dies deckt sich mit den Aufzeichnungen aus der Gebäudeleittechnik bezüglich der verteilten Volumenströme (siehe Deliverable D5.2 „Evaluierungsbericht“): der ARIS Regler ist wesentlich besser in der Lage, die Luftströme angepasst an die Anforderungen zu verteilen und dabei noch den Gesamtvolumenstrom zu optimieren als das ein klassischer linearer Regler vermag.

Der Aufwand für die Umsetzung eines verbesserten Regelungssystems betrifft vor allem Software, die mit der Gebäudeleittechnik verkoppelt wird. Die Befragungen der NutzerInnen sowie die erfassten Messwerte geben einen Hinweis darauf, dass durch diesen Aufwand durchaus Komfortverbesserungen erzielt werden können. In jedem Fall ist aber das Gesamtsystem wesentlich besser steuerbar und der Facility Manager hat einen besseren Überblick und Eingriffsmöglichkeiten, als bei einer verteiltparametrischen Regelung durch Einzelraumregler.

## **4 Annex**

Im nachfolgenden Annex befinden sich:

1. Der zur Auswertung verwendete Fragebogen
2. Die ergänzenden Anmerkungen der NutzerInnen
3. Die Folien der gesammelten Auswertungsgrafiken