

## ENDBERICHT

<b>FFG Projektnummer</b>	843776	<b>eCall Antragsnummer</b>	4164491
<b>Kurztitel</b>	<b>INEA</b>	<b>FörderungsnehmerIn</b>	FH JOANNEUM Gesellschaft mbH.
<b>Bericht Nr.</b>	<b>1</b>	<b>Berichtszeitraum</b>	03.2014 – 02.2015
<b>Bericht erstellt von</b>	Dipl.-Ing. Dr. Uwe Trattnig		

Hinweise: Richtwert für den Umfang: 10-20 Seiten, als pdf im eCall hochladen!

### 1. Ziele und Ergebnisse

#### ZIELE

1. Untersuchung der typischen Endkundengeräte im Haushalts- und Landwirtschaftsbereich auf Benutzerverhalten, Tauglichkeit für netztoleranten Betrieb und Umrüstbedarf sowie Umrüstmöglichkeiten
  - Ziel erreicht
    - Durchgeführte Messserien an 49 Endkundengeräten- bzw. Endkundengeräte-kategorien
2. Untersuchung der Technologien für Netzspannungsrestauration
  - Ziel erreicht
    - Literaturrecherche und Rücksprache mit einschlägigen Anbietern
3. Analyse der zur Verfügung stehenden Weitbereichsnetzteile
  - Ziel erreicht
    - Messserien inkl. Funktionsprüfungen durchgeführt
4. Festlegung von Prüfanforderungen und Prüfmethode n zur Sicherstellung des netzrobusten Betriebes
  - Ziel erreicht
    - Normenrecherche und Aufbau zweier einfacher Prüfstände für Demonstrationsmessungen an den gegenständlichen Endkundengeräten
5. Analyse des Einsparpotentials an Netzausbauten und verringerten Netzregelvorgängen
  - Ziel teilweise erreicht
    - Das Einsparpotenzial an Netzausbauten konnte anhand von Szenarien und Rücksprache mit Netzbetreibern dargelegt werden

- Die Verringerung von Netzregelvorgängen hängt direkt von der Anzahl der verwendeten vermiedenen Netzzumrüstungen ab. Da jedoch die meisten Endkundengeräte bei verringerter Spannung dennoch genauso ihre Funktion erfüllen, ist eine quantitative Unterscheidung zu den herkömmlichen Endkundengeräten nicht ausreichend möglich. Somit sind weitere Untersuchungen nötig, die den Umfang des gegenständlichen Projektes übersteigen.
6. Wirtschaftliche Betrachtung und Marktpotentialabschätzung
- Ziel erreicht
    - Durchführung von Interviews mit Branchenkennern
    - Durchgeführte Szenarienanalyse
7. Analyse des Marktrisikos einer solchen Technologie
- Ziel erreicht
    - Fachliche, wirtschaftliche und rechtliche Beurteilung erarbeitet bzw. eingeholt
8. Analyse und Effekte dieser Technologie auf die Treibhausgasbilanz und Entwickeln einer Nachweisstrategie
- Ziel teilweise erreicht
    - Bei der Ermittlung des CO<sub>2</sub> Fußabdrucks der relevanten elektrotechnischen Komponenten wurde festgestellt, dass kein Anbieter nach transparenten, offenen Methoden die entsprechenden CO<sub>2</sub> Werte bestimmt. Die Werte werden zum Teil bei den Firmen intern berechnet, aus Recherchetätigkeiten übernommen oder aber gar nicht angegeben. Aus diesem Grund müsste für sämtliche relevanten elektrischen Betriebsmittel der CO<sub>2</sub> Fußabdruck neuerlich bestimmt werden, was den Rahmen der Sondierungsstudie massiv übersteigt.

### **ERGEBNISSE**

Laut EN 50160 darf die Netzspannung in Österreich um maximal  $\pm 10\%$  von 230 V abweichen. In diesem Rahmen garantieren auch die Hersteller von Elektrogeräten eine fehlerfreie Funktion. Eine Überschreitung dieses Toleranzbereichs ist nicht sinnvoll, da dann die Geräte eine erhöhte Spannungsfestigkeit auf- und nachweisen müssten, was im Sinne einer weltweiten Anwendungsmöglichkeit keine praktikable Vorgehensweise darstellt. Was bei einer Unterschreitung dieser Grenze geschieht, ist allerdings nicht eindeutig festgelegt.

Diversen Gerüchten zu Folge – unter anderem aus dem Internet – sollen manche

Haushaltsgeräte durch einen kurzen oder länger andauernden Spannungseinbruch nachhaltig beschädigt worden sein. Beispielsweise sollen Heizlüfter überhitzen oder Motoren von Kühlschränken und Klimaanlage durchbrennen, da diese angeblich stecken bleiben. Dazu ist auszuführen, dass die derzeitigen Geräte auch im Fall von Spannungseinbrüchen sicher sein müssen – die Funktion des Gerätes kann gestört sein, das Gerät selbst muss aber in jedem Fall sicher sein, da Spannungseinbrüche nicht verhinderbar sind. Gerade die in Haushaltsgeräten verwendeten Universalmotoren sind in einem weiten Spannungsbereich betreibbar, es ändert sich nur die Drehzahl der Antriebe. Ein Steckenbleiben durch Unterspannung ist aufgrund der aktuellen EU-weit harmonisierten Niederspannungsgeräteverordnung nicht zulässig. Selbstverständlich kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein beschädigter Motor stecken bleiben kann – dies ist aber nicht mit einer verringerten Betriebsspannung begründbar (im Endkundenbereich).

Zur messtechnischen Überprüfung wurden insgesamt bei 49 typischen Haushaltsgerätearten (die tatsächliche Prüflingsanzahl war 63 aufgrund mehrere gleichartiger Leuchtmittel) Unterspannungsmessungen bis zu 70 % der Nennspannung durchgeführt und deren Verhalten dokumentiert. Dabei können die Geräte in drei Kategorien eingeteilt werden:

- Geräte mit Schaltnetzteilen,
- mit linearem Leistungsverlauf und
- mit quadratischem Leistungsverlauf.

Bei modernen Schaltnetzteilen spielt ein Spannungseinbruch keine Rolle, da dies mit einer erhöhten Stromaufnahme kompensiert wird. Nachdem sich diese Geräte in einer sehr niedrigen Leistungsklasse befinden, überschreiten die Eingangsströme keinerlei Grenzwerte. Eine einwandfreie Funktion ist auch noch bei Netzspannungen weit unter 70 % stets gegeben. Geräte, wie beispielsweise LED-Spots, die einen linearen Leistungsverlauf besitzen, funktionieren auch bei geringeren Spannungen mit lediglich etwas verminderter Leistung.

Eine deutliche Auswirkung eines Spannungseinbruches ist jedoch bei Geräten mit quadratischem Leistungsverlauf zu beobachten. Wenn die Netzspannung auf 70 % des Nennwertes gefallen ist, beträgt die Leistungsaufnahme naturgemäß nur mehr um die 50 %. Bei Wärmegeräten, wie z.B. einem Wasserkocher, bedeutet dies eine Verlängerung der Kochzeit um den Faktor 2,3. Bei einem Minibackofen stieg die Aufheizzeit um den Faktor 3,3 während ein weiterer Backofen mit einer Vorheizzeit von über einer Stunde bereits als nicht mehr brauchbar einzustufen ist. Dazu ist grundsätzlich zu sagen, dass ein dauerhafter Spannungsabfall auf 70 % der Nennspannung ein vom Projektleiter definierter „Worst case“ Fall ist der in der Praxis nicht das Auslegungskriterium darstellt.

Ein besonderer Einsatzbereich für die gegenständlichen Netzbereiche liegt im Bereich von Fotovoltaikanlagen im Privatbereich, da diese die lokale Spannung anheben könnten. Als Gegenmaßnahme könnte die Nennspannung von Netzbetreiber um z.B. 5 % gesenkt werden – die Geräte würden dann grundsätzlich mit 218,5 V betrieben werden, was immer noch innerhalb des Toleranzbandes liegen würde. In diesem Fall könnte es aber passieren, dass zu gewissen Zeiten die Spannung kleiner als 207 V wird (untere Grenze des Normspannungsbereichs). Dies wäre aber nur zeitweilig und nicht dauerhaft und würde auch nicht den Bereich von 70 % der ursprünglichen Nennspannung erreichen. Zudem findet nach der Aufheizperiode keine ständige Leistungsaufnahme mehr statt, sondern es handelt sich um ein Takten der Heizleistung zur Aufrechterhaltung des eingestellten Temperaturverlaufs.

Positiv hervorzuheben ist, dass keines der getesteten Geräte bei den Messungen mit verringerter Spannung beschädigt wurde. Nachdem alle CE-konformen Geräte diverse Sicherheitsschalter und Thermosicherungen besitzen müssen, werden auch Heizlüfter und Kühlkompressoren nicht beschädigt. Wenn bei einem Kühlschrank die Netzspannung so weit vermindert wird, dass der Motor den Kompressor nicht mehr antreiben kann und somit stehen bleibt, schaltet eine Thermosicherung den Strom ab, um eine Beschädigung zu verhindern. Ebenso wird der Heizlüfter von einem Thermostat geschützt, wenn der Lüfter stehen bleibt und die Heizung weiter aktiv ist. Bis auf den Wäschetrockner (Funktion bis 75 % der Nennspannung), dem Geschirrspüler (Funktion bis 80 % der Nennspannung) und dem Induktionsherd (Funktion bis 80 % der Nennspannung) haben alle Haushaltsgeräte innerhalb der Messgrenzen (70 % der Nennspannung) stets funktioniert.

Besonders hervorzuheben ist die Kongruenz von theoretischer Ermittlung der Funktionsfähigkeit von elektrotechnischen Geräten zur tatsächlichen Funktion der Geräte im Labortest. So konnten insbesondere die aus den Datenblättern der Komponenten abgeleiteten Betriebsbedingungen von Schaltnetzteilen in Bezug auf Spannung und Frequenz empirisch verifiziert werden.

Problematisch war in Bezug auf den Aufbau des Test- und Messsystems insbesondere die Möglichkeit der Frequenzregelung, da die verwendeten Industriekomponenten auf Ungleichheit der einzelnen Phasen mit Abschaltung reagieren und daher eigene Transformatoren zur Gleichverteilung konzipiert werden mussten.

Weiters war problematisch, dass einige Geräte auf Frequenzänderungen mit Nichtfunktion reagierten bzw. sogar defekt wurden. Dies betraf in erster Linie die LED Lampen und ein Schaltnetzteil eines Radios.

Allgemein ist anzumerken, dass Frequenzänderungen infolge von Spannungseinbrüchen bei

Blackouts vorkommen und nicht den Regelfall darstellen. Spannungseinbrüche, die aufgrund eines unterdimensionierten Netzes bei Überlastung entstehen, haben keine Frequenzänderung zur Folge. Frequenzänderungen sind daher für die gegenständlichen Untersuchungen nicht relevant, müssen aber als Bestandteil der Spannungsqualitätsbeurteilung mit überprüft werden.

## 2. Arbeitspakete und Meilensteine

### 2.1 Übersichtstabellen

Tabelle 1: **Arbeitspakete**

AP Nr.	Arbeitspaket Bezeichnung	Fertigstellungsgrad	Basistermin		Aktuell		Erreichte Ergebnisse / Abweichungen
			Anf.	Ende	Anf.	Ende	
1	Projektmanagement und Dokumentation	100%	03.2014	02.2015	03.2015	02.2015	Endbericht abgeschlossen und eingereicht
2	Technische Recherchen und Analysen des Kundenverhaltens, der Geräteeigenschaften, der Prüfanforderungen und der Treibhausgasbilanz	100%	03.2014	09.2014	03.2014	11.2014	Recherche und Analyse des Kundenverhaltens, der Geräteeigenschaften, der Prüfanforderungen und der Treibhausbilanz wurden abgeschlossen und evaluiert.
3	Wirtschaftliche Recherchen und Analysen des Einspar- und Marktpotentials, des Marktrisikos und der Treibhausgasbilanz	100%	08.2014	11.2014	08.2014	01.2015	Die wirtschaftliche Analyse des Einsparungs- und Marktpotentials, des Marktrisikos und der Treibhausbilanz wurde ausgeführt und evaluiert.
4	Evaluierung und Erhebung der Ergebnisse	100%	12.2014	01.2015	12.2014	02.2015	Anhand der Ergebnisse der Evaluierungen der einzelnen Analysen wurde ein Maßnahmenkatalog erstellt.

Tabelle 2: **Meilensteine**

Meilenstein Nr.	Meilenstein Bezeichnung	Basistermin	Akt. Planung	Meilenstein erreicht am	Anmerkungen zu Abweichungen
1.1	Projektstart	03.2014	03.2014	02.2015	-
2.1	Analyse des Kundenverhaltens	03.2015	03.2014	05.2014	-
2.2	Analyse der Geräteeigenschaften	03.2014	03.2014	05.2014	-
2.3	Festlegen der Prüfanforderungen und Prüfmethode	05.2014	05.2014	07.2014	-
2.4	Technische Analyse der Reduktion des Netzausbaus und des Regelaufwandes	06.2014	07.2014	09.2014	Leider konnten die Netzbetreiber den vorgesehenen Termin nicht einhalten und es kam daher zu einer Terminverschiebung vom Juni

					auf Juli.
2.5	Technische Analyse der Auswirkungen auf die Treibhausgasbilanz	07.2014	09.2014	11.2014	Wegen der Unterbesetzung der Projektmitarbeiter während der Sommermonate kam es zu einer terminlichen Verschiebung.
3.1	Wirtschaftliche Analyse des Einspar- und Marktpotentials	08.2014	08.2014	12.2014	-
3.2	Analyse des Marktrisikos	09.2014	10.2014	01.2015	Krankheitsbedingt musste diese Analyse für ein Monat nach hinten verschoben werden.
3.3	Wirtschaftliche Analyse der Auswirkungen auf die Treibhausgasbilanz	10.2014	11.2014	01.2015	Da sich Meilenstein 3.2 verschoben hat, kam es zu weiteren zeitlichen Verschiebungen, was dadurch Auswirkungen auf den Meilenstein 3.3 hatte
4.1	Evaluierung aller Ergebnisse und Analysen	12.2014	01.2015	02.2015	Da sich Meilenstein 3.2 verschoben hat, kam es zu weiteren zeitlichen Verschiebungen, was dadurch Auswirkungen auf den Meilenstein 4.1 hatte
4.2	Projektende	02.2015	02.2015	02.2015	-

## 2.2 Beschreibung der im Berichtszeitraum durchgeführten Arbeiten

### Arbeitspaket 1: Projektmanagement

Das Projektmanagement zog sich von der Einreichung des Antrages bis zum Erstellen des Endberichtes. Die wichtigsten Aufgaben waren die Aufteilung der Arbeiten unter den einzelnen Projektpartnern und innerhalb der einzelnen Partner, das Abgleichen der Arbeitsfortschritte, die Dokumentation der Recherchen und Analysen, die Zielerreichung sowie die Analyse und Aufbereitung der Projektergebnisse und die Verwendung der geplanten Ressourcen. Alles wurde laufend dokumentiert und in den einzelnen Projektmeetings besprochen.

### Arbeitspaket 2: Technische Recherchen und Analysen des Kundenverhaltens, der Geräteeigenschaften, der Prüfanforderungen und der Treibhausgasbilanz

In diesem Arbeitspaket wurden im ersten Schritt die technischen Fragestellungen analysiert und in vier Bereiche geclustert:

- Prüfanforderungen,
- Netzrestauration,
- Weitbereichsnetzteile sowie

## e!Mission.at - 4. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

- die Möglichkeit zur Leitungssimulation mit dem Softwarepaket MATLAB.

Die einzelnen Bereiche wurden dann im Detail ausgearbeitet, parallel dazu wurden Messungen im Feld durchgeführt. Die Ergebnisse haben zur Spezifikation eines Mess- und Experimentierschaltstranges geführt, um Tests durchführen zu können.

Details sind in den nachfolgend angeführten Dokumenten als Anhang im e-call ersichtlich:

### Prüfanforderungen

- Siehe Dokument „Prüfanforderungen“

### Netzrestauration

- Siehe Dokument „Netzrestauration“

### Weitbereichsnetzteile

- Siehe Dokument „Weitbereichsnetzteile“

### Leitungssimulation mit dem Softwarepaket MATLAB

- Siehe Dokument „Leitungssimulation mit MATLAB“

### Messungen im Feld (Johnsbachgraben)

- Siehe Dokument „Protokoll Johnsbachgraben“

In einem zweiten Schritt wurden anhand von Vor-Ort-Messungen das Kundenverhalten von Kunden in entlegenen Verteilnetzbereichen analysiert und die Probleme in der Praxis ermittelt. Die Messungen waren sehr umfangreich und wurden mit unterschiedlichen Messintervallen aufgenommen, was in Summe eine große Vielfalt von Messdaten ergeben hat. Beispielsweise seien hier für jeweils einen der drei Standorte ein Messdatenauswertung angegeben:

### Kundenmessungen vor Ort (z.B. Johnsbachgraben):

- Siehe Beispiel Messprotokoll „Messungen INEA Vorderer Johnsbachgraben“
- Siehe Beispiel Messprotokoll „Messungen INEA Mittlerer Johnsbachgraben“
- Siehe Beispiel Messprotokoll „Messungen INEA Hinterer Johnsbachgraben“

Zur Erhebung der Treibhausgasbilanz wurde eine internationale Recherche durchgeführt. Die

Tätigkeiten und Ergebnisse sind im nachfolgenden Bericht zusammengefasst:

- Siehe Allgemeine internationale Recherche siehe Kurzbericht „Scientific Research for INEA – Greenhouse Gas Emissions“

### **Arbeitspaket 3: Wirtschaftliche Recherchen und Analysen des Einspar- und Marktpotentials, des Marktrisikos und der Treibhausgasbilanz**

Als Basis für die Analysen des Einspar- und Marktpotentials wurden verschiedene österreichische Netzbetreiber nach deren Einschätzung der Anwendbarkeit der untersuchten Technologien befragt. Dies waren Stadtwerke Kapfenberg, Energie Steiermark, Salzburg AG und Innsbrucker Kommunalbetriebe. Ergänzt wurden diese Auskünfte durch eigenes Know-How der ProjektmitarbeiterInnen.

Als Ergebnis kann angegeben werden, dass die Zahl der für diese Technologien in Frage kommenden Kunden sich im gewichteten Mittel auf ca. 0,05 % beläuft. Einzelne Netzbetreiber mit einem hohen ländlichen Kundenanteil haben naturgemäß einen höheren Anteil als Netzbetreiber mit eher städtischer Struktur. Hochgerechnet auf Österreich mit 3,769 Mio. Haushalten (Statistik Austria 2014) bedeutet dies ca. 1.885 potenzielle Anwendungsfälle. Diese doch sehr geringe Zahl resultiert hauptsächlich aus der gesetzlichen Verpflichtung der Netzbetreiber, eine normgerechte Versorgungsspannung den Kunden zur Verfügung zu stellen. Über innovative Ansätze hat man sich bislang keine Gedanken gemacht. Im Zweifelsfall wurden entweder klassische Verstärkungsmaßnahmen durchgeführt oder aber entsprechende Einspeise- und Entnahmebeschränkungen ausgesprochen. Zudem besteht die Schwierigkeit, dass Netzbetreiber kein Interesse haben, für sie negative Zahlen zu veröffentlichen.

Diese Abschätzung deckt sich mit den bisherigen Umsetzungsmaßnahmen der klassischen Smart Grid Technologien, die sich bis heute auf Pilotprojekte und Einzelmaßnahmen beschränken.

### **Wirtschaftliche Analysen**

Der wirtschaftliche Vergleich zwischen der Verwendung von spannungstoleranten Endkundengeräten und beispielsweise einer klassischen Netzverstärkungsmaßnahme legt den massiven Kostenvorteil von spannungstoleranten Endkundengeräten offen. Bei einer Anzahl von lediglich 1.885 betroffenen Endkunden für Österreich ergibt die Verwendung von

spannungstoleranten Endkundengeräte für einen Gesamtbetrachtungszeitraum von 30 Jahren Gesamtkosten von rd. 37,5 Mio. Euro. Gleichwertige klassische Netzausbauten ergeben in diesem Szenario Kosten von 178,5 Mio. Euro im selben Zeitraum. Andere Szenarien ergeben je nach Ausgangsparameter unterschiedliche Werte, jedoch ist der Geräte austausch in den meisten Fällen die günstigste Variante.

→ Siehe Beispiel „INEA\_Kostenvergleichsrechnung\_Szenario\_#1.pdf“

Zudem zeigt eine Stakeholderanalyse die relevanten Einflussgrößen.

→ Siehe „Stakeholderanalyse.pdf“

### **Rechtliche Beurteilung**

Um das Marktrisiko abschätzen zu können, wurde ein Rechtskurzgutachten in Auftrag gegeben. Inhalt des Gutachtens war die Erstbeurteilung der Anwendbarkeit der untersuchten Technologien aus rechtlicher Sicht – also ob Kunden mit verringerter Nennspannung versorgt werden dürfen. Das vorliegende Kurzgutachten wurde mit dem beauftragten Rechtsvertreter eingehend erläutert und die Auswirkungen auf die Studienaussage besprochen.

Zusammengefasst ergibt sich die Aussage, dass es zwar möglich ist, mit einzelnen Kunden eine privatrechtliche Vereinbarung über eine von der Normspannung abweichende Versorgungsspannung zu vereinbaren, jedoch dabei allfällig betroffene weitere Netzkunden nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Das bedeutet, dass eine Abweichung von der Normspannung rechtlich nur in jenen Netzbereichen möglich ist, die isoliert von anderen Kundenbedürfnissen betrachtet werden können. Sobald weitere Netzkunden von dieser Vereinbarung negativ betroffen sein würden, müssten diese ebenfalls der Vereinbarung zustimmen, was mangels Eigennutzen schwierig sein dürfte. Es müsste also in Summe an der Normung entsprechende Anpassungen durchgeführt werden, um den Netzbetreibern die Möglichkeit der Versorgungsspannungsanpassung in größerem Umfang zu ermöglichen.

→ Siehe Dokument „Rechtliche Aspekte einer Abweichung von der Nennspannung 230 V durch den Netzbetreiber“

Das bedeutet für das Marktrisiko folgendes:

#### Technisches Marktrisiko:

Das technische Marktrisiko ist als gering einzustufen, da zum einen die überwiegende Mehrzahl

der Geräte bereits heute genügend Reserven für einen Betrieb mit einer von der Normspannung abweichenden Versorgungsspannung bereithalten. Zudem kann durch gezielte Auswahl von Geräten die Verwendbarkeit für einen größeren Spannungstoleranzbereich weiter erhöht werden. Zum anderen gibt es ja eine privatrechtliche Vereinbarung, in der Schwierigkeiten in der Funktionsweise, Schäden und dergleichen minimiert werden können.

### Wirtschaftliches Marktrisiko:

Das wirtschaftliche Marktrisiko ist ebenfalls als gering einzustufen, da die Kosten für Haushaltgeräte im Vergleich zu Netzausbaukosten sehr gering ausfallen.

### Rechtliches Marktrisiko:

Das rechtliche Marktrisiko ist hingegen als hoch einzustufen. Dies liegt an der mehrfach gesetzlich verankerten Verpflichtung der Netzbetreiber die Versorgungsspannung gemäß europaweiter harmonisierter Normen den Netzkunden anzubieten. Um die gegenständliche Technologie großflächig nutzen zu können, müsste sich die Normung und die gesetzlichen Bestimmungen anpassen.

### **Treibhausgasbilanz**

Für die Treibhausgasbilanz wurden umfangreiche internationale Recherchen und Nachfragen bei der Elektroindustrie durchgeführt. Dabei ergab sich ein sehr uneinheitliches Bild. Ca. 70 % der befragten Industrie gab überhaupt keine Auskunft zum ökologischen Footprint ihrer Erzeugnisse. Die restlichen 30 % gaben entweder einfach Werte an ohne die Herkunft und den Umfang der Daten sowie die Berechnungsarten offenzulegen oder es wurde auch einfach gesagt, dass es sich um Branchendurchschnittswerte handeln würde.

Das Projektkonsortium hat auch bei diesbezüglichen Datenbankbetreibern nach Details erkundigt, wurde aber nicht fündig. Dies lag zum einen an der Tatsache, dass diese Datenbanken ihre Dienste nur kostenpflichtig anbieten. Zum anderen betrachten diese die zugrundeliegenden Berechnungsarten als Betriebsgeheimnis.

Zusammenfassend für die Treibhausgasbilanz muss festgestellt werden, dass ohne gemeinsame Richtlinien zur Berechnung der Treibhausgasemissionen keine überprüfbaren Werte vorliegen. Es müsste also für die gesamte relevante Elektrotechnikproduktpalette diese Werte von einer neutralen Stelle berechnet werden.

### **Arbeitspaket 4: Evaluierung und Erhebungen der Ergebnisse**

Die ursprünglich geplante Messtätigkeit wurde um die Entwicklung eines Mess- und Experimentierschaltchranks erweitert, um Änderungen der Spannung, aber auch der Netzfrequenz im Labor simulieren zu können, was die Notwendigkeit von Messungen im Feld deutlich reduziert hat. Zudem konnten damit Messungen durchgeführt werden, die komplett unbeeinflusst von äußeren Einflüssen waren.

Mit dem in Arbeitspaket 2 entwickelten Mess- und Experimentierschaltschrank bzw. den sonstigen Laboruntersuchungen bzw. den Vor-Ort-Messungen konnten die theoretischen Analysen geprüft und validiert werden.

- Siehe Dokument „Protokoll Messungen“
- Siehe „Messergebnisse - Auswertung der Haushaltsgeräte an Unterspannung“

Zusammengefasst ergibt sich bei den Geräteeigenschaften, dass ohmsche Verbraucher mit Spannungsabsenkungen und Frequenzänderungen wie erwartet gut umgehen können, die elektrische Leistung bei nicht kompensierten Geräten (z.B. Heizlüfter) allerdings quadratisch abnimmt.

Ein Betrieb bei Überspannung ist aufgrund der derzeitigen CE Kennzeichnungsvorschriften und den damit verbundenen inkludierten Prüfanforderungen (Niederspannungsgeräte-richtlinie) problematisch, aber auch im Sinne der Projektidee nicht notwendig - es kann eine höhere benötigte Versorgungsspannung durch vorherige Spannungsabsenkung kompensiert werden.

Bei nichtohmschen Verbrauchern hängt die Funktionsfähigkeit von der Art des Systems ab. Motoren mit Kondensatoren sind nur in einem relativ geringen Spannungsband voll funktionsfähig, darunter kommt es zu starken Brummgeräuschen und zu Leistungsverlust. Geräte mit Schaltnetzteilen können mit Spannungen bis zu 80% - in hohem Umfang sogar bis zu 70% - der Sollspannung gut umgehen und kommen auch mit Frequenzänderungen gut zurecht.

Indifferent stellt sich das Bild bei LED Beleuchtungsmittel dar. Während manche Lampen so gut wie keine Abhängigkeit von der Versorgungsspannung aufwiesen, reagierten andere Typen sehr empfindlich, insbesondere bei Frequenzänderungen.

Zusammenfassend kann elektrotechnisch beurteilt werden, dass die technische Entwicklung von Geräten, die in einem sehr weiten Spannungsbereich betrieben werden können, somit technisch möglich ist und teilweise auch umgesetzt wird. Vor einem realen Einsatz müssen die zur

Anwendung gelangenden Geräte aber individuell gründlich getestet werden, um einen Feldausfall zu vermeiden.

Grundsätzlich ist zu sagen, dass die Arbeitsschritte bzw. Arbeitspakete im vorgegebenen Zeitplan oder mit minimalen Abweichungen erarbeitet und abgeschlossen wurden. Es kam nur zu geringen Abweichungen im Zeitplan.

### 3. Projektteam und Kooperation

#### Projektteam

#### **FH JOANNEUM**

Im Antrag wurde als Projektmitglied Frau Katharina Karner angeführt, welche aber wegen fehlender Ressourcen an diesem Projekt nicht mitarbeiten konnte. An ihrer Stelle wurden folgende Projektmitarbeiter herangezogen:

- Frau Magdalena Gabriel
- Frau Karin Lechner
- Frau Kerstin Schellauf
- Frau Sandra Schellauf
- Herr Christian Bischof
- Herr Markus Dornhofer
- Herr Herbert Kohlhuber
- Herr Richard Mair
- Herr Simon Schober

Diese neuen Mitglieder deckten das Arbeitspaket 2 - Technische Recherchen und Analysen des Kundenverhaltens, der Geräteeigenschaften, der Prüfanforderungen und der Treibhausgasbilanz – und Arbeitspaket 3 - Wirtschaftliche Recherchen und Analysen des Einspar- und Marktpotentials, des Marktrisikos und der Treibhausgasbilanz – ab.

#### **CAMPUS 02**

Seitens CAMPUS 02 wurden mit Philipp Gritsch und Michael Juwan zwei weitere Projektassistenten in das Projekt eingebunden, die insbesondere beim Aufbau des Messsystems im Labor beteiligt waren.

### **Elektro Marics**

Beim Projektpartner Elektro- Marics GmbH kam es zu keinen Veränderungen im Projektteam.

### **E-Werk & Kabel-TV Neuper**

Ebenso zu keinen Veränderungen kam es im Projektteam von E-Werk & Kabel-TV Neuper GmbH.

### **Zusammenarbeit**

Die Zusammenarbeit im Konsortium zeigte sich insgesamt als sehr harmonisch und dadurch auch als sehr erfolgreich. Bei den regelmäßig abgehaltenen Meetings wurden Ideen, Abläufe und Ergebnisse besprochen, gemeinsam festgelegt und umgesetzt. Zukünftige Zusammenarbeiten zwischen den einzelnen Projektpartnern, als auch mit dem Konsortialführer, sind in Planung.

### **Arbeitsaufteilung**

#### **FH JOANNEUM**

Da es zu einer Projektmitarbeiteränderung kam, wurden auch die Arbeiten an den einzelnen Arbeitspaketen anders aufgeteilt. Es wurden mehrere neue Projektmitarbeiter hinzugezogen, was aber nur einen geringen Einfluss auf die Kosten- und Finanzierungsstruktur hatte.

#### **CAMPUS 02**

Die Messungen vor Ort wurden seitens CAMPUS 02 in geringerem Maß durchgeführt als geplant, was sowohl Einsparungen sowohl bei Personalkosten als auch bei Reisekosten ermöglicht hat. Dies konnte durch zwei Maßnahmen erzielt werden: Einerseits verfügt insbesondere der Projektpartner Neuper über detaillierte projektspezifische Aufzeichnungen, zudem konnte mit der Messung im Johnsbachgraben der schlechtestmögliche Fall ausgewertet werden. Weitere Messaufgaben im Feld wurden durch den Projektpartner FH Joanneum alleine übernommen. Andererseits konnten durch den Aufbau eines komplexen Mess- und Experimentierschaltchranks viele Messungen im Labor durchgeführt werden.

#### **Elektro Marics**

Aufgrund der getätigten Vorarbeiten im Arbeitspaket 2 konnten die Recherchen nach möglicherweise betroffenen Kunden zielgerichteter durchgeführt werden, als ursprünglich geplant. Zudem stellte sich im Laufe des Projektes heraus, dass Kundenanlagen für den Fall von

Überspannungen (Spannungen > 10 % der Nominalspannung) nicht betrachtet werden müssen. Dies ergab in Summe eine Reduktion der Personalkosten.

### **E-Werk & Kabel-TV Neuper**

Keine Änderungen zur geplanten Tätigkeit und somit keine Auswirkungen auf die Kostenstruktur.

## **4. nur Endbericht: Wirtschaftliche und wissenschaftliche Verwertung**

### **Verwertungs- bzw. Weiterverbreitungsaktivitäten**

Für die wissenschaftlichen Partner wie auch die beteiligten KMU ergeben sich eine Vielzahl von Einblicke in bislang verborgene Bereiche der Endkundenstromnetznutzung und es offenbarte sich ein hohes Maß an Optimierungsmöglichkeiten. Bislang war der Fokus der Netzbetrachtung ja stets auf die Verteilnetzseite ausgerichtet – durch Einbeziehen der Kunden kann das gesamte Energiesystem weiter optimiert und kostengünstiger ausgerichtet werden.

Zudem ergaben sich für die wissenschaftlichen Partner aus dem Projekt insbesondere weitergehende Erkenntnisse in Bezug auf den Schaltungsentwurf und den Aufbau, aber auch die Auswahl von Netzteilen und netzversorgten Systemen. Besonders deutlich wurden auch die Möglichkeiten und die Notwendigkeit der Gestaltung energieeffizienter Systeme und einer Optimierung der Spitzenlastverteilung.

Diese Erkenntnisse fließen in weitere Forschungs- und Entwicklungsprojekte, aber auch die Lehre ein.

Für alle Partner ergaben die gerätespezifischen Messungen wertvolle Einblicke in das elektrische Verhalten von Endkundengeräten. Dabei traten durchaus einige Überraschungen zutage. Beispielsweise ergaben die Messungen bei gewissen LED Lampen (LED Spots und LED Kerzen) im Vergleich zu LED Lampen desselben Herstellers eine exponentielle Abhängigkeit der Leistung von der Eingangsspannung. Dies bedeutet, dass in diesen LED Beleuchtungsmitteln offenbar besonders schlecht geeignete Vorschaltgeräte benutzt worden sind, deren Abhängigkeit der Leistungsaufnahme von der Betriebsspannung sogar die quadratische Abhängigkeit von rein ohmschen Verbrauchern überstieg. Des Weiteren wurden auch völlig unlogische Verhaltensweisen bei einem Gerät entdeckt. Ein gemessener Wäschetrockner verringerte die Trocknungsdauer mit geringer werdender Betriebsspannung. Dies ist deshalb so erstaunlich, da

diese Geräte eigentlich über Sensoren im Innenraum den Trocknungsfortschritt mitmessen müssten und so die erforderliche Trocknungszeit automatisch bei verringerter Betriebsspannung erhöhen müssten, um dasselbe Trocknungsergebnis zu erzielen.

Insgesamt ist dies auch deshalb von Bedeutung, weil man gemeinhin annimmt, dass aufgrund der aktuellen Normung die entsprechenden Geräte gemäß einem idealisierten Verhalten funktionieren würden.

Grundsätzlich zeigten die Untersuchungen, dass die rechtliche Seite sehr wesentlich die Anwendbarkeit der untersuchten Technologien und damit die direkte Vermarktung bestimmt. Dieser Bereich liegt in der Verantwortung von Behörden und ist von wissenschaftlicher Seite nur begleitend betrachtbar. Ebenfalls sind nötige Lobbyingaktivitäten nicht Aufgabe von wissenschaftlichen Einrichtungen. Die beteiligten KMU können die Ergebnisse jedoch im Dialog mit den jeweiligen Behörden verwenden und sind nicht mehr auf allgemeine Vermutungen zu diesem Thema angewiesen.

Für die Fachhochschulen zeigte sich aber nennenswertes Weiterentwicklungspotenzial in den Bereichen Schaltungsoptimierung, Energieeffizienz und Leistungsoptimierung bzw. Lastmanagement. Wesentlichen Einfluss werden die Ergebnisse im aufstrebenden Markt der Energiespeicherung haben – ist doch gerade dort das genaue Verhalten von Endkundengeräten essentiell für die Auslegung und den Betrieb dieser Systeme.

Ein weiteres riesiges Forschungsfeld ist die Treibhausgasbilanz von elektrischen Anlagen. Es gehört zwar mittlerweile zum guten Ton bei den relevanten Komponenten der Elektro- und Energietechnik entsprechende CO<sub>2</sub> Äquivalente anzugeben – nachvollziehbare Werte und Berechnungsmethoden sind jedoch nicht gegeben. Zu diesem besonders umweltrelevanten Fachgebiet sind seitens des Konsortialführers weitere Projekte und Bachelor- bzw. Masterarbeiten in Planung.

### **Publikationen**

Am 13.02.2015 fand auf der TU Wien die IEWT 2015 statt. Im Rahmen dieser Veranstaltung wurde vom Konsortialführer ein Vortrag über „Intelligente Netze und Endkundenanwendungen – Reduktion von Verteilnetzanpassungen durch intelligente Smart Grid Ergänzungstechnologien auf der Endkundenseite“ gehalten. In diesem Zusammenhang würden die bis zu diesem Zeitpunkt analysierten Ergebnisse in Form eines Papers und eines Vortrages präsentiert.

Aus dem gegenwärtigen Forschungsprojekt wird eine weiterführende Bachelor- und ggf. Masterarbeit entstehen, eine Publikation beim Fachhochschulforum 2016 ist in der Kooperation

der zwei Fachhochschulen Joanneum und CAMPUS02 geplant. Weitere Bachelor und Masterarbeiten sind zu den genannten Themenbereichen in Planung.

### **Weiterführende F&E-Aktivitäten**

Mit den gesammelten Erfahrungen lassen sich zukünftig Netzteile und netzgespeiste Systeme charakterisieren und auf Rückwirkungen auf das Versorgungsnetz untersuchen. Dies soll im Rahmen von weiterführenden F&E-Aktivitäten ausgebaut werden.

## **5. Erläuterungen zu Kosten & Finanzierung**

### **FH JOANNEUM**

#### **Personalkosten**

Durch die Vergrößerung der Projektmitglieder erhöhte sich der Personalkostenaufwand von 93.294,60 € auf 103.856,04 €.

#### **F&E-Infrastrukturnutzung**

Im Laufe der Erstrecherchen stellte sich heraus, dass für die Messungen von Endkundengeräten mit verschiedenen Spannungen ein eigener Stelltransformator mit Kohlebürsten benötigt wird, um damit variable Spannung erzeugen zu können – dies war für die Tests ein unerlässliches Gerät. Deshalb wurde ein solches Gerät angekauft und aufgestellt. Ohne diesen praktischen Bezug wären wesentliche Aussagen der Studie nicht möglich gewesen.

#### **Sach- und Materialkosten**

Als mit den Messungen begonnen wurde, stellte sich heraus, dass recht viel an Klein- und Verbrauchsmaterial benötigt wurde, um Messungen optimal und exakt durchführen zu können. Daher wurden hier recht viele Anschaffungen getätigt, was sich auch in der Abrechnung widerspiegelt. Aus anfänglichen 500,00 € Sach- und Materialkosten wurden schlussendlich 2.067,11 €. Es wurden z.B. diverse Messkabel, Klemmen, Prüfspitzen, Steckdosen, Schutzschalter, Kupferleiter, u.v.m. angeschafft.

#### **Drittkosten**

Von anfänglich angeführten 15.000,00 € Drittkosten wurden nur 6.500,00 € an Werkverträgen vergeben. Dies lag hauptsächlich an dem Umstand, dass der Konsortialführer mit eigenem Personal zusätzliche Tätigkeiten im Bereich der Vor-Ort-Messungen übernommen hat, wodurch

sich der Bedarf an Drittkosten entsprechend verringerte.

### **Reisekosten**

Durch die Fahrten zu den entlegenen Messgebieten (Admont) und zu den Projektmeetings, die hauptsächlich in Graz stattfanden, entstanden Reisekosten in einer Höhe von 1.150,48 € anstatt den geplanten 2.000,00 €.

## **CAMPUS 02**

### **Personalkosten**

Wie bereits ausgeführt, konnten die Messungen Vor-Ort seitens CAMPUS 02 in geringerem Maß durchgeführt werden als geplant, was Einsparungen bei den diesbezüglichen Personalkosten ermöglicht hat. Von geplanten 37.000,00 € senkten sich die Kosten auf 26.364,88 €.

### **F&E Infrastrukturnutzung**

Bei den Kosten der F&E Infrastrukturnutzung kam es nur zu geringfügigen Abweichungen vom Kostenplan. Die Kosten betragen statt geplanten 4.600,00 € am Ende des Projektes 4.340,00 €.

### **Sach- und Materialkosten**

Auch bei den Materialkosten konnten keine großen Änderungen in den Kosten erkannt werden. Geplant waren 1.800,00 €, entstanden sind 1.964,93 €.

### **Reisekosten**

Durch die bereits bei den Personalkosten erwähnten Gründe kam es auch bei den Reisekosten zu Einsparungen. Von den im Antrag angeführten 2.500,00 € wurden nur 250,26 € abgerechnet.

## **Elektro Marics**

### **Personalkosten**

Ebenfalls – wie bereits beschreiben – reduzierten sich die Personalkosten von Elektro Marics aufgrund der getätigten Vorarbeiten im Arbeitspaket 2 von 18.900,00 € auf 13.818,00.

### **Reisekosten**

Die Reisekosten verminderten sich wegen kürzerer Wege von geplanten 500,00 € auf 407,40 €

### **E-Werk & Kabel-TV Neuper**

Bei E-Werk & Kabel-TV Neuper kam es nur zu geringfügigen Abweichungen vom Kostenplan.

## **6. Projektspezifische Sonderbedingungen und Auflagen**

Die Konsortialführung bestätigt, dass vor der Auszahlung der Startrate an sämtliche Partner eine von allen Partnern rechtsgültig unterschriebene Kooperationserklärung bei der Konsortialführung vorliegt.

Für die regelmäßige Tätigkeit von Dritteleistern beim Konsortialführer FH JOANNEUM galten die maximal förderbaren Stundensätze, welche in der Kostenabrechnung förderungskonform dargestellt sind.

## **7. Meldungspflichtige Ereignisse**

Es gab keine besonderen Ereignisse rund um das geförderte Projekt. Daher kam es zu keiner Meldung bei der FFG.