

# Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Smart-Grids-Lösungen anhand einer Kosten-Nutzen-Analyse

Beate Friedl<sup>(\*)1</sup>, Markus G. Bliem<sup>1</sup>, Maria Aigner<sup>2</sup>, Alfons Haber<sup>3</sup>, Ernst Schmutzer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut für Höhere Studien Kärnten, Alter Platz 10, 9020 Klagenfurt, +43 (0)463 592 150-21, friedl@carinthia.ihs.ac.at, www.carinthia.ihs.ac.at

<sup>2</sup> Technische Universität Graz, Institut für Elektrische Anlagen, Inffeldgasse 18/1, 8010 Graz, +43 (0) 316 873-7567, maria.aigner@tugraz.at, www.ifea.tugraz.at

<sup>3</sup> Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger, Mösslacherstraße 31/2/62, 9220 Velden am Wörthersee, Tel.: +43 (0)664 4145428, alfons@haber.co.at, www.haber.co.at



Dieses Projekt wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ durchgeführt.

**Kurzfassung:** Die ambitionierten Energie- und Klimaziele auf nationaler und internationaler Ebene erfordern künftig eine stetig steigende Integration der erneuerbaren Energien in das Stromnetz. Die durch dezentrale Strukturen und volatile Erzeugung gekennzeichnete Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien stellt, bei einem gleichzeitig deterministischen Stromverbrauch, künftig neue Anforderungen an die elektrische Energieversorgung und erfordert eine Adaption der Stromnetze.

Im Projekt ECONGRID wurden Smart-Grids-Lösungen einer gesamtwirtschaftlichen Bewertung unterzogen. Mit Hilfe der Kosten-Nutzen-Analyse wurde untersucht, ob smarte Netzausbauvarianten gegenüber konventionellen Investitionsstrategien aus volkswirtschaftlicher Sichtweise zu bevorzugen sind. Aufbauend auf einer technischen Analyse bestehender Netzstrukturen wurden Rahmenbedingungen und Zielsetzung für die wesentlichen Treiber von Smart Grids (z.B. Ausbau erneuerbarer Energien, Elektromobilität etc.) in drei ECONGRID-Szenarien (Current Policy, Renewable<sup>+</sup>, Flexdemand) festgelegt. Die gesamtwirtschaftliche Bewertung vergleicht die Kosten und Nutzen verschiedener technischer Implementationsstrategien (Migrationspfade) in den ECONGRID-Szenarien. Wesentlich für die Erhebung der Kosten- und Nutzeneffekte sind die in den Migrationspfaden eingesetzten Technologien sowie der sich daraus ergebenden Funktionalitäten.

Die Ergebnisse des Projekts ECONGRID zeigen, dass die Wahl der smarten Migrationspfade, unabhängig von der Wahl der Szenarien, gesamtwirtschaftlich vorteilhaft ist. Monetäre Investitionen im Verteilernetz fallen bei der Wahl des smarten Migrationspfades, deutlich geringer – verglichen mit einem konventionellen Netzausbau – aus. Zusätzlich können durch den Einsatz neuer, smarterer Technologien weitere Nutzeneffekte (z.B. Einsparung an Strombezugskosten) lukriert werden. Während die im Projekt ECONGRID analysierten Smart-Grids-Lösungen für die Elektrizitätsunternehmen und die Gesellschaft im Allgemeinen, unter Berücksichtigung der getätigten Annahmen, immer vorteilhaft sind, hängt der Gesamteffekt

für die Gruppe der Kunden insbesondere von der Entwicklung der Anschaffungskosten der heute noch teuren Komponenten wie Speicher oder Laderegler ab.

**Keywords:** Smart Grids, erneuerbare Energien, Migrationspfade, Kosten-Nutzen-Analyse, gesamtwirtschaftliche Bewertung

## 1 Einleitung

Die verstärkte Integration erneuerbarer Energien in die Verteilernetze erfordert eine Adaption und Erweiterung dieser Netze. Insbesondere Verteilernetze müssen „intelligenter“ und damit „smarter“ werden, denn intelligentere Verteilernetze sogenannte „Smart Grids“, sollen auf eine stark schwankende Energieerzeugung durch Last- und Energiemanagement reagieren können und einen vergleichsweise (kapitalintensiven) Netzausbau zumindest zeitlich nach hinten verschieben. Die Adaption bzw. Erweiterung der Stromnetze stellt eine wesentliche Voraussetzung dafür dar, dass ambitionierte Energie- und Klimaziele erreicht werden können. Die Europäische Kommission verweist diesbezüglich in der Energy Roadmap 2050 auf die Herausforderung der Integration einer signifikant steigenden Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien [1]. Auch bei der Implementierung von Energieeffizienzmaßnahmen bzw. Maßnahmen zur Reduktion des Stromverbrauchs spielen intelligente Netze eine Rolle. Durch die flächendeckende Einführung von Smart Grids entsteht ein erheblicher Investitionsbedarf. Ziel des Projekts ECONGRID war es, die (Mehr)Kosten sowie zusätzlichen Nutzeneffekte eines Smart Grids mit einem konventionellen Netzausbau zu vergleichen und die volkswirtschaftlichen Auswirkungen monetär zu bewerten und im Detail zu analysieren [2].

## 2 Methodische Vorgangsweise

Aufbauend auf die technische Analyse der aktuellen Struktur typischer Verteilernetze in Österreich wurden im Projekt ECONGRID unterschiedliche Szenarien erstellt. In den insgesamt drei Szenarien wurden unterschiedliche Rahmenbedingungen und Anforderungen an die Stromnetze abgebildet, wobei in jedem Szenario die Erreichung der exogen festgelegten Parameter über zumindest zwei Technologiepfade (im Folgenden Migrationspfade) nämlich „konventionell“ und „smart“ vorausgesetzt wird. Diese Vorgehensweise ermöglicht den direkten Vergleich der Kosten und Nutzen verschiedener technischer Implementierungen [2] [3] [4].

Die Erhebung der Netzausbau- bzw. -adaptierungskosten in den jeweiligen ECONGRID-Szenarien erfolgte auf Basis der notwendigen Erweiterungs- und Adaptionenmaßnahmen bzw. den eingesetzten Technologien [5]. Auf Basis der Technologien sowie der sich daraus ableitenden Funktionalitäten wurden die Nutzeneffekte erhoben und monetär bewertet. Mit Hilfe der Kosten-Nutzen-Analyse wurde eine gesamtwirtschaftliche Bewertung durchgeführt, welche beispielsweise auch externe Effekte (z.B. CO<sub>2</sub>-Emissionen) berücksichtigt. Die Ergebnisse des Projekts geben Aufschluss darüber, welcher Migrationspfad in den einzelnen Szenarien zu bevorzugen ist und welche Gruppe zu den „Gewinnern“ bzw. „Verlierern“ der Einführung „intelligenter Netze“ zählen. Darüber hinaus wurden mit einem makroökonomischen Modell der österreichischen Wirtschaft die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte errechnet [2]. Im vorliegenden Beitrag werden die wesentlichen Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse dargelegt.

### 3 Szenarien

Im Projekt ECONGRID wurden drei Szenarien und damit „mögliche Entwicklungen“ mit unterschiedlichen energiepolitischen Zielsetzungen bzw. Anforderungen an die Stromnetze gebildet. Bei der Definition der ECONGRID-Szenarien wurden die wesentlichen Treiber für Smart Grids (exogene Parameter) berücksichtigt. Dazu zählen die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und Änderungen auf der Nachfrageseite (Demand Side Management, Elektromobilität).

- **Current Policy Szenario:** Bereits beschlossene Maßnahmen sowie gesetzlich verankerte Regelungen (z.B. Ökostromgesetz 2012 [6]) werden umgesetzt. Die Elektrifizierung des Verkehrs gewinnt nur langsam an Bedeutung – im Jahr 2020 werden Elektrofahrzeuge mit einem Anteil von ca. 2 % der österreichischen Gesamtflotte berücksichtigt.
- **Renewable<sup>+</sup> Szenario:** Oberste Zielsetzung stellt der ambitionierte Ausbau erneuerbarer Energien dar, die weiteren exogenen Parameter unterscheiden sich nicht im Vergleich zum Current Policy Szenario.
- **Flexdemand Szenario:** Zusätzlich zu einem ambitionierten Ausbau erneuerbarer Energien (Renewable<sup>+</sup> Szenario) gewinnt die Flexibilisierung der Nachfrage an Bedeutung. Entsprechend der Studie des Umweltbundesamtes (2010) [7] sind 4 % der österreichischen Gesamtflotte im Jahr 2020 Elektrofahrzeuge. Darüber hinaus wird ein hohes Lastverschiebepotential vorausgesetzt.

In allen Szenarien werden entsprechend der Intelligenten Messgeräte-Einführungsverordnung – IME-VO (2012) [14] bis Ende 2019 weitgehend alle Ferraris-Zähler durch Smart Meter ersetzt.

Der Zeitraum für die Berechnungen erstreckt sich von 2014 bis 2030; für das Jahr 2020 wurden Zwischenziele festgehalten. Bei der Definition der Szenarien wurden referenzierbare und aktuelle Datensätze verwendet, hinsichtlich der Verteilernetz-Daten (z.B. Leitungslänge) wurde versucht weitestgehend Daten aus dem Jahr 2012 zu verwenden.

Die Zielerreichung der in den einzelnen Szenarien festgelegten exogenen Rahmenbedingungen (Ausbau erneuerbarer Energien, Elektromobilität etc.) erfolgt über die Migrationspfade smart und konventionell, welche die technologischen Entwicklungen und Veränderungen im Elektrizitätsnetz skizzieren (vgl. Abbildung 1). Während der Migrationspfad konventionell die „weiter wie bisher“ Strategie abbildet, charakterisiert der Migrationspfad „smart“ den Weg zu einem Smart Grid. Der Migrationspfad „smart plus“ im Szenario *Flexdemand* bildet einen sehr ambitionierten Einsatz von smarten Technologien ab, mit dem Ziel, die Autonomie der Kunden zu fördern. Anhand dieser Vorgangsweise können die Kosten und Nutzen verschiedener technischer Implementationsstrategien (Migrationspfade) direkt miteinander verglichen werden (Differenzkosten- bzw. -nutzenansatz).

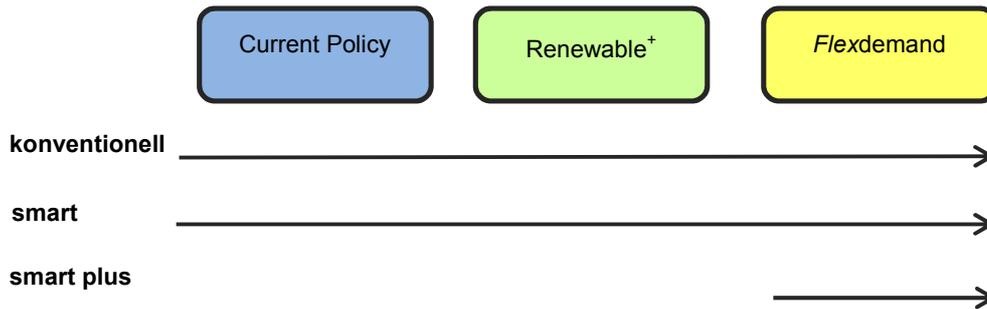


Abbildung 1: Szenarien und Migrationspfade, Projekt ECONGRID [8]

## 4 Erhebung der Kosten und Nutzeneffekte

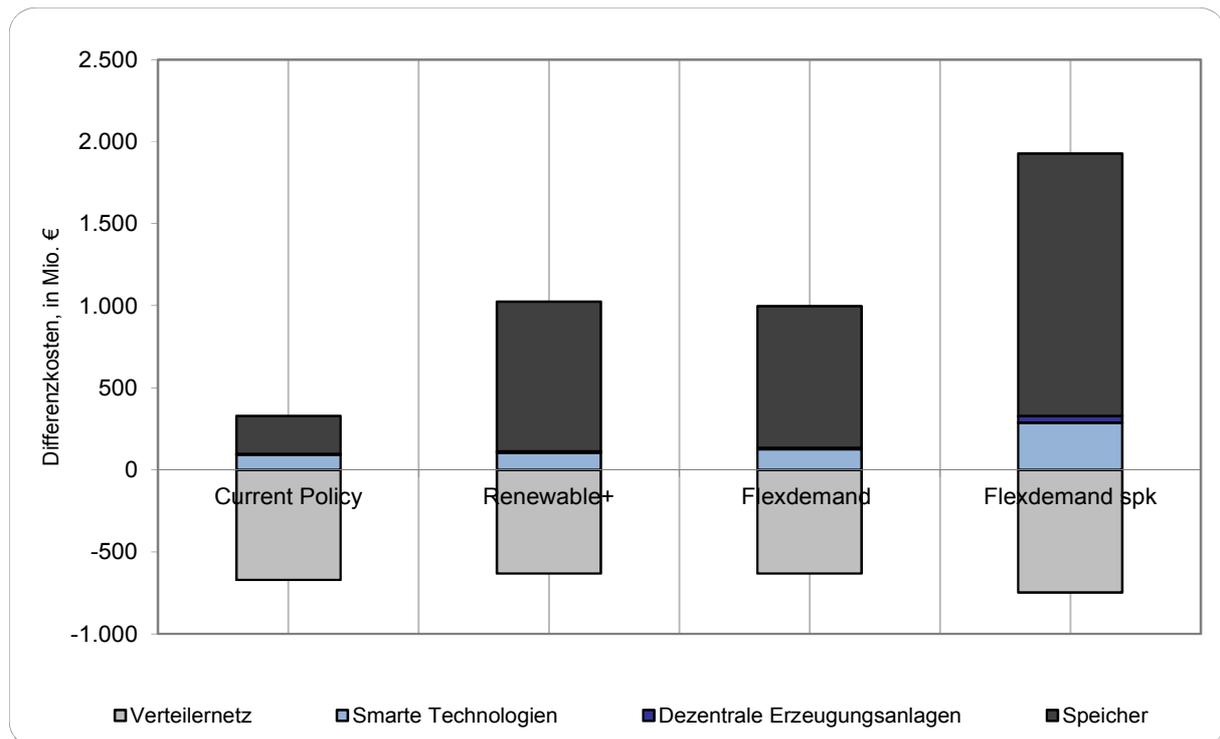
Die Ableitung der Kosten- und Nutzeneffekte in den einzelnen ECONGRID-Szenarien und Migrationspfaden folgte dem Ansatz von EPRI (2010) [9] bzw. dem Leitfaden zur Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse von Smart Grid Projekten des Joint Research Centres (Europäische Kommission) [10].

### 4.1 Kosten

Aufbauend auf den ECONGRID-Szenarien wurden, unter Berücksichtigung der festgelegten Rahmenbedingungen und Zielsetzungen, die Investitionskosten für die smarten und konventionellen Migrationspfade abgeschätzt. Grundlage für die Abschätzung der Investitionskosten bildeten die in den jeweiligen Migrationspfaden und Szenarien eingesetzten Technologien sowie notwendige Netzbau- und Adaptierungsmaßnahmen [5]. In einem weiteren Schritt wurden die Kostendifferenzen („Differenzkosten“, siehe Gleichung 1) zwischen den smarten und konventionellen Migrationspfaden gebildet um darzustellen, in welchem Szenario der smarte, im Vergleich zum konventionellen Migrationspfad, zu bevorzugen ist.

$$\text{Differenzkosten} = \text{Kosten Verteilernetz}_{\text{smart}} - \text{Kosten Verteilernetz}_{\text{konventionell}} \quad (1)$$

Die Einteilung der Kosten erfolgte in die Kategorien Verteilernetz, Smarte Technologien, Dezentrale Erzeugungsanlagen, Speicher und E-Mobilität. Dabei wurde die Annahme unterstellt, dass ein großflächiger Einsatz von Speichern nur dann erfolgt, wenn die Speicher rentabel sind und damit die Kosten der Speicher inkl. Laderegler über verminderte Strombezugskosten kompensiert werden können. Damit liegen die in den ECONGRID-Szenarien angenommenen Investitionskosten für Speicher und Laderegler noch unter den derzeitigen Anschaffungskosten. Abbildung 2 zeigt die Differenzkosten der ECONGRID-Szenarien für die einzelnen Kostenkategorien.



**Abbildung 2: Differenzkosten von Smart Grids im Vergleich zur konventionellen Investitionsstrategie, ECONGRID-Szenarien, 2014-2030 [2]**

Dabei wird deutlich, dass die Kosten im Verteilernetz bei der Wahl des smarten (smart plus) Migrationspfades deutlich geringer sind. Insbesondere im Szenario  $Flexdemand_{spk}$ <sup>1</sup> fallen bei der Wahl des smarten Migrationspfades, durch eine hohe Durchdringung mit dezentralen Speichern, die Kosten im Vergleich zu einem konventionellen Netzausbau deutlich geringer aus. Im Szenario Current Policy sind die Differenzkosten insgesamt negativ, d.h. unabhängig davon ob weitere Nutzeneffekte berücksichtigt werden, die Wahl des smarten Migrationspfades ist dem konventionellen Netzausbau zu bevorzugen. In den Szenarien Renewable<sup>+</sup> und Flexdemand treten hingegen im smarten Migrationspfad, verglichen mit der konventionellen Investitionsstrategie, im Zeitraum 2014-2030 höhere Kosten auf. Die höheren Kosten sind einerseits auf einen verstärkten Einsatz von dezentralen Speichern zurückzuführen, andererseits werden in den Berechnungen die Restwerte, welche sich aus der zeitlichen Begrenzung bis 2030 ergeben, berücksichtigt. In den konventionellen Migrationspfaden finden verstärkt langlebige Anlagegüter Anwendung (Transformatoren, Leitungen etc.) und damit werden „Werte“ geschaffen, die auch nach Ende des gewählten Betrachtungszeitraums (2030) zur Verfügung stehen. Im Vergleich dazu werden in den smarten Migrationspfaden vermehrt kurzlebige Anlagegüter eingesetzt (z.B. Speicher, Informations- und Kommunikationstechnologien) die teilweise hohe Kosten verursachen und im Betrachtungszeitraum (teils mehrfach) getauscht werden müssen.

Die Differenzkosten wurden für eine weitergehende Analyse nach den Betroffenen (Elektrizitätsunternehmen und Kunde) untergliedert. Die Kosten der dezentralen Erzeugungsanlagen

<sup>1</sup> Im Szenario Flexdemand werden die Migrationspfade smart und smart plus mit der konventionellen Investitionsstrategie verglichen. Der Index „spk“ bezeichnet den Vergleich der Migrationspfade smart plus und konventionell. Bei der Darstellung ohne Index handelt es sich wie bei den Szenarien Current Policy und Renewable<sup>+</sup> um den Vergleich der Migrationspfade smart und konventionell.

und Speicher wurden gänzlich dem Kunden zugerechnet, die Kosten des Verteilernetzes den Elektrizitätsunternehmen. Die Kosten der smarten Technologien wurden auf die Gruppe der Elektrizitätsunternehmen sowie die Kunden aufgeteilt.

## 4.2 Nutzeneffekte

Während die Einführung von Smart Grids vor allem mit hohen Investitionskosten verbunden ist, sollen smarte Netze den Kunden, Netzbetreibern und Marktteilnehmern auch neue Möglichkeiten und damit Nutzeneffekte bieten. Die Nutzeneffekte sind dabei vielfältig und variieren von der Einsparung an Strombezugskosten bis zur Erhöhung der Versorgungszuverlässigkeit [2]. Die Erhebung und monetäre Bewertung der Nutzeneffekte erfolgte auf Basis der in den smarten Migrationspfaden eingesetzten Technologien und sich daraus ableitenden Funktionalitäten, welche, verglichen zu den konventionellen Technologien, den Nutzern in einem Smart Grid zur Verfügung stehen (vgl. Abbildung 3). Die Integration von neuen technischen Komponenten ermöglichen den Marktteilnehmern neue Funktionen (z.B. Optimierung des Stromverbrauchs, einfache Marktteilnahme), aus welchen die Nutzeneffekte abgeleitet werden können.

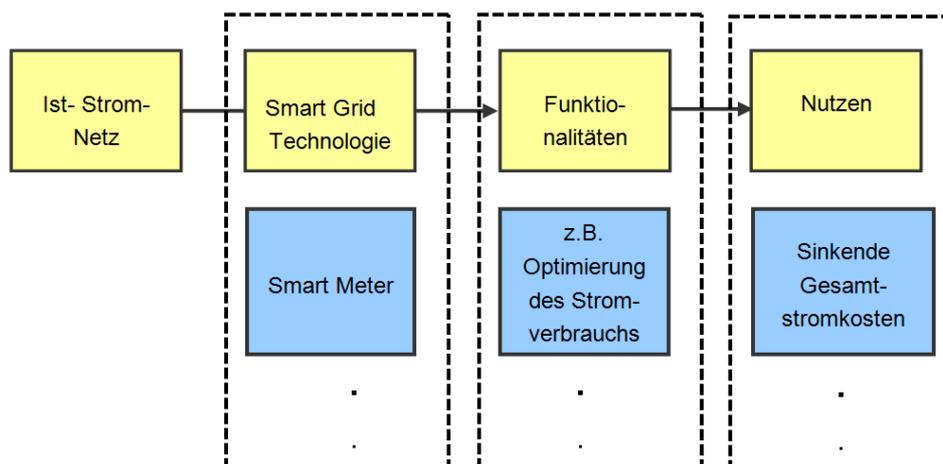


Abbildung 3: Ableitung der Nutzeneffekte von Smart Grids [2] [9]

Tabelle 1 fasst die im Projekt ECONGRID berücksichtigten Nutzeneffekte zusammen. Während ein Teil der Nutzeneffekte bereits über die Kostenseite berücksichtigt wurde (z.B. „Verzögerte Investitionen im Verteilernetzbereich“), mussten andere Nutzeneffekte einer separaten monetären Bewertung unterzogen werden. Dazu zählen beispielsweise die Nutzeneffekte „Einsparung an Strombezugskosten“, „Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen“ sowie „Reduktion der Luftschadstoffe“. Der Nutzeneffekt „reduzierte Zählkosten“ wurde aus der Bewertung ausgeschlossen, da sowohl in den smarten als auch konventionellen Migrationspfaden zu einem gleichen Anteil intelligente Zähler (Smart Meter) installiert werden. Bei einer Differenzbetrachtung (Migrationspfade smart und konventionell) heben sich die monetären Effekte der reduzierten Zählkosten wieder auf. Des Weiteren wurde der Nutzeneffekt „Reduktion der Importabhängigkeit“ nicht einer eigenständigen Bewertung unterzogen, da die monetären Effekte bereits in den Berechnungen der Nutzeneffekte „Einsparung an Strombezugskosten“, „Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen“ sowie „Reduktion der Luftschadstoffe“ berücksichtigt wurden.

Tabelle 1: Bewertung der Nutzeneffekte im Projekt ECONGRID [2]

Nutzeffekt	Bewertung		
	Berücksichtigung Kostenseite	Separate monetäre Bewertung	Keine separate Bewertung
Optimierter Erzeugungsbetrieb	x		
Verzögerte Investitionen in Erzeugungskapazitäten		x	
Verzögerte Investitionen im Verteilemnetzbereich	x		
Reduzierte Betriebs-, Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten im Verteilemnetzbereich	x		
Reduzierte Zählkosten			x
Reduktion der Netzverluste		x	
Einsparung an Strombezugskosten		x	
Versorgungszuverlässigkeit und Spannungsqualität		x	
Reduktion der CO <sub>2</sub> -Emissionen		x	
Reduktion der Luftschadstoffe		x	
Reduktion der Importabhängigkeit			x

Die Zurechnung der Nutzeneffekte erfolgte analog zur Bewertung der Kosten. Um festzustellen, ob in den einzelnen Szenarien der smarte Migrationspfad dem konventionellen Pfad zu bevorzugen ist, wurde als Nutzeffekt nur die Differenz der Nutzeneffekte der Migrationspfade smart und konventionell zugerechnet (siehe Gleichung 2):

$$\text{Nutzen} = \text{Einsparung an Strombezugskosten}_{\text{smart}} - \text{Einsparung an Strombezugskosten}_{\text{konventionell}} \quad (2)$$

Im Szenario *Flexdemand* wurden darüber hinaus auch die Differenznutzen zwischen dem ambitionierten Migrationspfad smart plus sowie dem Migrationspfad konventionell berechnet. Im Projekt ECONGRID bezieht sich damit der Terminus „Nutzeffekt“ auf den Differenznutzen der Migrationspfade smart (smart plus) und konventionell. Positive Nutzeneffekte stellen damit den Mehrwert der smarten Implementationsstrategie dar. Abbildung 4 bildet die Nutzeneffekte in den ECONGRID-Szenarien ab. Im Current Policy Szenario können, unter den im Projekt ECONGRID getätigten Annahmen und Rahmenbedingungen, im Zeitraum 2014-2030 zusätzliche Nutzeneffekte im Ausmaß von ca. € 988 Mio. generiert werden. Fast ein Drittel der Effekte kann auf Einsparmöglichkeiten mit Smarten Technologien (Smart Meter, Energieeinsparung, Demand Response) zurückgeführt werden. Vergleicht man die Migrationspfade smart plus und konventionell im Szenario *Flexdemand* (hoher Anteil erneuerbare Energien, Flexibilisierung der Nachfrage), ergeben sich bei Wahl der Implementationsstrategie smart plus zwar einerseits erhebliche Mehrkosten (vgl. Abbildung 2), allerdings können mit den eingesetzten smarten Technologien auch die höchsten Nutzeneffekte ausgewiesen werden. Den hohen Anschaffungskosten der dezentralen Speicher stehen reduzierte Strombezugskosten gegenüber, ein (hohes) Lastverschiebepotential sowie eine Reduktion des Stromverbrauchs durch die effiziente Nutzung der smarten Technologien führen zu weiteren Nutzeneffekten. Die detaillierten Annahmen und Einflussfaktoren zur Berechnung der Nutzeneffekte wurden auf Basis nationaler und internationaler Literatur und Ergebnissen aus Pilotprojekten getroffen und können dem Projektbericht ECONGRID [2] entnommen werden.

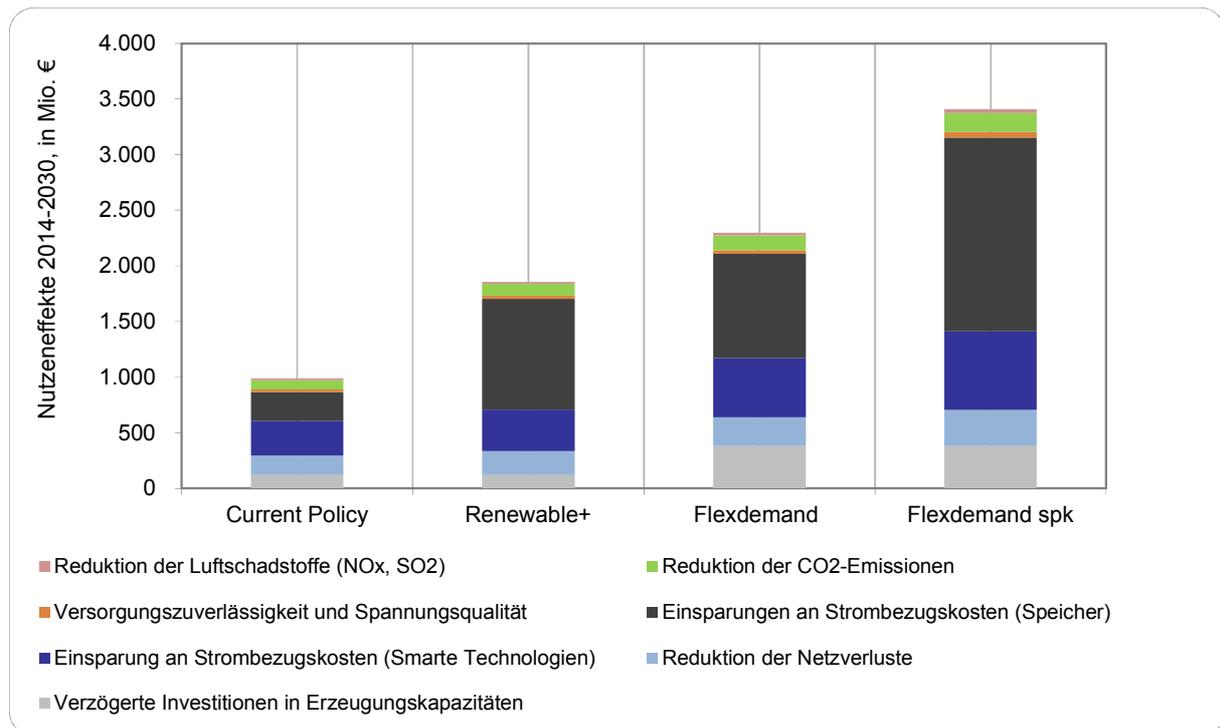


Abbildung 4: Nutzeneffekte in den ECONGRID-Szenarien [2]

Die abgeleiteten und monetär bewerteten Nutzeneffekte wurden in die Kategorien „Wirtschaftlicher Nutzeneffekt“, „Nutzen für die Umwelt“ sowie „Technische Nutzeneffekte“ eingeteilt. Zusätzlich wurden die Nutzeneffekte nach „Nutznießern“ (Elektrizitätsunternehmen, Kunde bzw. Gesellschaft) gegliedert, um Aussagen darüber treffen zu können, welche Gruppe von den Effekten primär profitiert.

## 5 Kosten-Nutzen-Analyse

Im Projekt ECONGRID wurden die hohen Investitionen der Modernisierung und Adaption der Netze im Hinblick auf die volkswirtschaftlichen Wirkungen untersucht. (Mehr)Investitionen sind aus volkswirtschaftlicher Sicht nach ihrer gesamtwirtschaftlichen Wirkung zu hinterfragen. Dabei war das Ziel nicht nur die (hohen) Investitionskosten zu berücksichtigen, sondern auch die zusätzlich entstehenden Nutzeneffekte. Hochgerechnet auf Österreich wurden, auf Basis der einzelnen Szenarien, die Kosten und Nutzeneffekte abgeschätzt und Nutznießer bzw. Träger der Kosten identifiziert. Mit Hilfe der Kosten-Nutzen-Analyse wurden die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen einer (möglichst) flächendeckenden Einführung von Smart Grids untersucht und dabei auch externe Effekte (Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen, Reduktion der Luftverschmutzung) berücksichtigt.

### 5.1 Methodik

Kosten und Nutzen, die über einen mehrjährigen Zeitraum verteilt auftreten, werden bei der Kosten-Nutzen-Analyse, unter der Verwendung einer sozialen Diskontrate, abgezinst. Die Differenz des Barwerts der Nutzeneffekte sowie des Barwerts der Kosten ergibt den Kapitalwert. Wird der Kapitalwert als Entscheidungskriterium herangezogen gilt, dass ein Projekt bei einem positiven Kapitalwert realisiert werden sollte. Stehen mehrere Varianten zur Auswahl,

sollte das Projekt mit dem höchsten Kapitalwert (Net Present Value-NPV) realisiert werden [11].

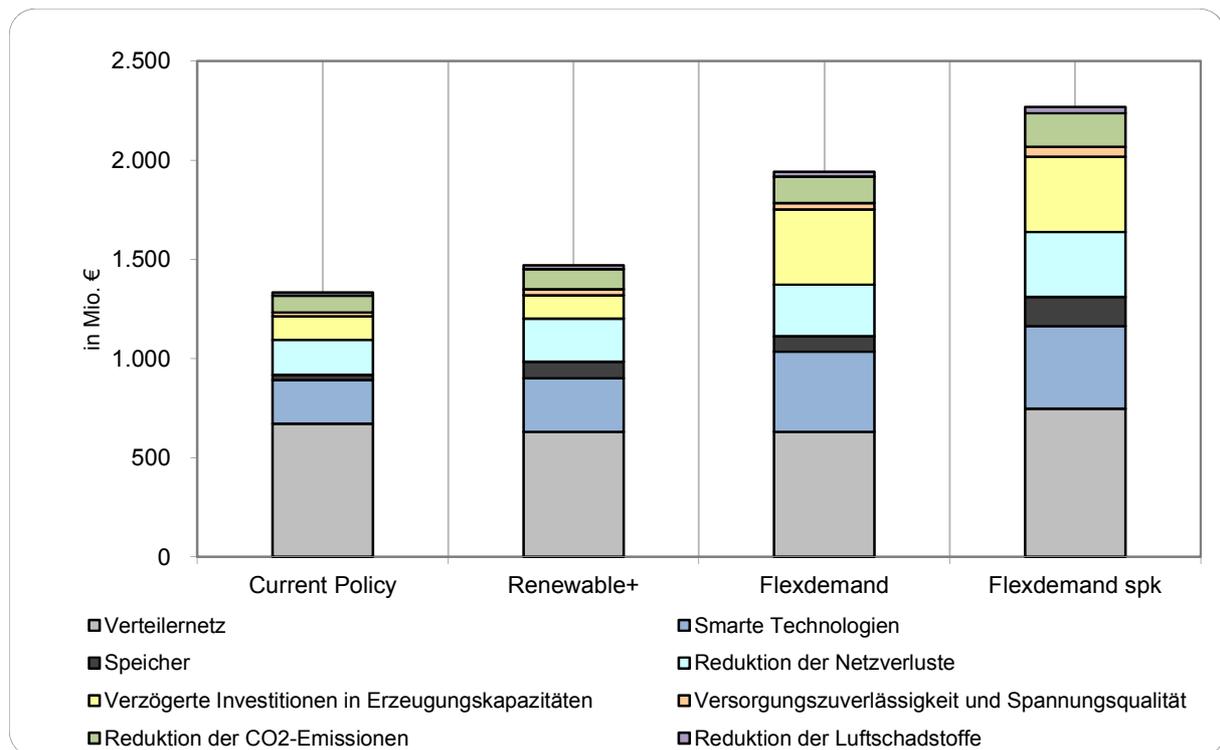
Beträge die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen, müssen auf einen gemeinsamen Zeitpunkt abgezinst werden. Dabei wird unterstellt, dass Ressourcen die zu einem späteren Zeitpunkt verfügbar sind, heute einen geringeren Wert aufweisen, als dieselbe Menge an Ressourcen, die bereits jetzt zur Verfügung steht [11]. Zur Festlegung der sozialen Diskontrate kann zwischen unterschiedlichen Konzepten, dem Konzept der sozialen Zeitpräferenzrate und der sozialen Opportunitätskostenrate (soziale Opportunitätskosten des Kapitals) unterschieden werden [12]. Die Europäische Kommission weist die indikative soziale Diskontrate für ausgewählte EU-Länder, darunter auch Österreich, basierend auf dem Ansatz der sozialen Zeitpräferenzrate aus. Für Österreich wird die soziale Diskontrate mit 4,1 % angegeben [13]. Im Leitfaden zur Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse von Smart Grid Projekten des Joint Research Centres (Europäische Kommission) [10] werden für die Verwendung der sozialen Diskontrate Werte von 3,5 %, 4 % und 5,5 % vorgeschlagen, sofern nicht andere Werte beispielsweise aufgrund spezifischer makroökonomischer Rahmenbedingungen einzelner Länder gerechtfertigt sind. Im Projekt ECONGRID wurden die Kosten und Nutzen mit einer sozialen Diskontrate von 4,1 % über den Zeitraum 2014-2030 abgezinst. Restwerte wurden über den gewählten Betrachtungszeitraum hinaus bei den Berechnungen berücksichtigt.

Im Anschluss an die Berechnungen wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Es zeigte sich, dass insbesondere die getroffenen Annahmen zur Rentabilität der Speicher die kritische Variable für den Gesamteffekt darstellt. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurde im Zuge der Sensitivitätsanalyse auch eine Kosten-Nutzen-Analyse mit den derzeit marktüblichen, jedoch hohen und unter den derzeitigen Rahmenbedingungen noch unrentablen Speicherkosten, durchgeführt. Zusätzlich wurde eine Variante gänzlich ohne den Einsatz von Speichern gerechnet, obwohl natürlich die aktive Integration des Kunden und damit auch die dezentrale Speicherung und Flexibilisierung der Nachfrage ein zentrales Element von smarten Netzen darstellt.

## 5.2 Ergebnisse

Die durchgeführten Analysen im Projekt ECONGRID zeigten, dass unabhängig von der Wahl der ECONGRID-Szenarien (Current Policy, Renewable<sup>+</sup>, Flexdemand) unter den festgelegten Zielsetzungen und Rahmenbedingungen (Ausbau erneuerbarer Energien, Ausbau Elektromobilität etc.) der Investitionsbedarf im Verteilernetz, bei einem Festhalten an der konventionellen Netzausbaustrategie, deutlich höher ausfällt (verglichen mit einem smarten Netzausbau). Für die Gruppe der Elektrizitätsunternehmen sind, entsprechend den erarbeiteten Rahmenbedingungen, die smarten Migrationspfade den konventionellen Implementationsstrategien zu bevorzugen. Bei der Interpretation der Ergebnisse gilt es insbesondere die im Rahmen des Projekts getroffenen Einflussfaktoren und Annahmen zu berücksichtigen. Des Weiteren wurde die Verfügbarkeit der Technologien vorausgesetzt.

Abbildung 5 bildet die Gesamteffekte (Berücksichtigung der Kosten- und Nutzeneffekte)<sup>2</sup> der smarten Migrationspfade, verglichen mit der konventionellen Investitionsstrategie ab. Kosteneinsparungen stellen Nutzeneffekte (z.B. Position Verteilernetz) dar, die Positionen Speicher und Smarte Technologien bilden jeweils die gesamten Effekte (Kosten abzüglich der Nutzeneffekte Einsparung an Strombezugskosten) ab. In Abhängigkeit des gewählten Szenarios und den entsprechenden Rahmenbedingungen können noch weitere Nutzeneffekte (z.B. Reduktion der Netzverluste) generiert werden.



**Abbildung 5: Gesamteffekte im Vergleich zur konventionellen Investitionsstrategie, 2014-2030<sup>3</sup> [2]**

Die höchsten positiven Gesamteffekte treten im Szenario *Flexdemand<sub>spk</sub>* auf, bei dem ein hohes Lastverschiebepotential mit einem hohen Maß an Eigenautonomie beim Kunden berücksichtigt wurde. Die hohe Durchdringung mit dezentralen Speichern führt zu den höchsten Einsparungen im Bereich der Verteilernetze. Die Elektrizitätsunternehmen profitieren in Form von vermiedenen Netzausbaukosten durch Investitionen der Kunden in dezentrale Speicher. Durch den (großflächigen) Einsatz von smart-grid-fähigen Haushaltsgeräten können die Kunden verstärkt auf Preisanreize reagieren, um den Stromverbrauch zu verschieben bzw. zu senken und damit die Strombezugskosten zu reduzieren. Die optimierte Erzeugung bzw. der optimierte Verbrauch im Verteilernetz reduzieren die lokalen Netzverluste, was wiederum zu einer Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen bzw. den Luftschadstoffen führt.

<sup>2</sup> In dieser Darstellung wurde die Position „Dezentrale Erzeugungsanlagen“ sowohl auf der Kosten- als auch auf der Nutzenseite nicht berücksichtigt. Es kann davon ausgegangen werden, dass durch eine geringe Ausstattung der Gebäude mit sogenannten „Schwarmstrom-Anlagen“ dem Kunden zusätzlich noch weitere Einsparungen an Strombezugskosten entstehen. Auf Grund der Nichtabschätzbarkeit der künftigen Geschäftsmodelle konnten diese Effekte im Rahmen des Projekts ECONGRID jedoch nicht bewertet werden.

<sup>3</sup> Ausgenommen der Kostenposition „Dezentrale Erzeugungsanlagen“.

Die im Projekt ECONGRID durchgeführten Sensitivitätsanalysen zeigten, dass die Anschaffungskosten und damit die Rentabilität der Speicher die Gesamteffekte für die Gruppe der Kunden am stärksten beeinflussen. Generell wurde in den ECONGRID-Szenarien die Annahme getroffen, dass die Anschaffungskosten der Speicher im Laufe der Einsatzdauer über vermiedene Strombezugskosten kompensiert werden können. Damit liegen die in den Berechnungen herangezogenen Investitionskosten für Speicher und Laderegler aktuell noch unter den derzeitigen Kosten. Berücksichtigt man die derzeit noch hohen Speicherkosten können die Kunden bei einer großflächigen Speicherdurchdringung negativ betroffen sein. Ein Vergleich über alle betroffenen Gruppen (Elektrizitätsunternehmen, Kunde, Gesellschaft) zeigt aber auch bei hohen Speicherkosten ein positives Ergebnis für die Einführung von Smart Grids. Für die Kunden ist damit die Entwicklung der Speicherkosten ausschlaggebend, die Elektrizitätsunternehmen und die Gesellschaft im Allgemeinen hingegen profitieren in den ECONGRID-Szenarien immer von einem Smart Grid.

## **6 Fazit**

Im Projekt ECONGRID wurden verschiedene Ausbaustrategien (Szenarien) mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren sowie verschiedene technische Implementationsstrategien (Migrationspfade) hinsichtlich ihrer volkswirtschaftlichen Auswirkungen untersucht. Während die im Projekt durchgeführten technischen Analysen zeigten, dass auch in Szenarien mit einer vergleichsweise hohen Einspeisung aus volatilen erneuerbaren Energien konventionelle Netzausbaustrategien ausreichen, eine hohe Anzahl erneuerbarer Energien in das Stromnetz zu integrieren, zeigt sich, dass die Investitionen im Verteilernetz bei Wahl des smarten Migrationspfades deutlich geringer ausfallen. Abhängig vom gewählten Szenario sind die Investitionskosten in einem Smart Grid (Verteilernetz) im Zeitraum 2014 bis 2030, verglichen mit dem konventionellen Netzausbau, um 32 % bis 37 % geringer. Zusätzlich können bei einer hohen Durchdringung mit smarten Technologien und dezentraler Energieerzeugung, in Kombination mit lokaler optimierter Erzeugung und abgestimmten Verbrauch, eine Reihe weiterer Nutzeneffekte beispielsweise in Form von Einsparungen an Strombezugskosten erzielt werden. Für die Gruppe der Kunden hängt die Bewertung der Gesamteffekte insbesondere von der Entwicklung der Anschaffungskosten der derzeit noch teuren Komponenten wie Speicher und Laderegler ab.

Die Realisierung der Nutzeneffekte, die sich auf Basis der sich stetig weiterentwickelnden Technologien und daraus ableitenden Funktionalitäten ergeben, wird insbesondere von der Einbindung der Marktteilnehmer abhängen. Künftig gilt es, die Stromerzeugung, die Stromverteilung sowie den Stromverbrauch hinsichtlich eines rationellen Energieeinsatzes und der Nutzung erneuerbarer Energien zu optimieren.

## Literatur

- [1] European Commission (2011): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Energy Roadmap 2050. COM(2011) 885 final. Brussels.
- [2] Bliem M., Friedl B., Aigner M., Schmutzner E., Haber A., Bitzan G. (2013): ECONGRID. Smart Grids und volkswirtschaftliche Effekte: Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Smart Grids Lösungen. Projektbericht im Rahmen der 4. Ausschreibung des Programms „Neue Energien 2020“ des Klima- und Energiefonds.
- [3] Frontier Economics (2012): A framework for the evaluation of smart grids. A report prepared for Ofgem. EA Technology. March 2012. London.
- [4] Appelrath H.-J., Kagermann H., Mayer C. (2012): Future Energy Grid. Migrationspfade ins Internet der Energie. acatech Studie. Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.
- [5] Aigner M., Schmutzner E., Haber A., Bitzan G. (2013): Smart Grids – Funktionalität, Nutzen und Kosten smarterer Technologien in Österreich. 8. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien. Wien.
- [6] Ökostromgesetz 2012 – ÖSG 2012: 75. Bundesgesetz über die Förderung der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energieträgern (Ökostromgesetz 2012 – ÖSG 2012). Ausgegeben am 29. Juli 2011.
- [7] Umweltbundesamt (2010): Elektromobilität in Österreich. Szenario 2020 und 2050. Wien.
- [8] Bliem M., Friedl B., Aigner M., Haber A. und Schmutzner E. (2013): Smart Grids und deren volkswirtschaftliche Effekte in Österreich, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 63. Jg. (2013) Heft 12.
- [9] EPRI (2010): Methodological Approach for Estimating the Benefits and Costs of Smart Grid Demonstration Projects. Final Report. 1020342.
- [10] European Commission (2012): Guidelines for conducting a cost-benefit analysis of Smart Grid projects. JRC Reference Reports. Joint Research Centre.
- [11] Boardman A. E., Greenberg D. H., Vining A. R., Weimer D. L. (2011): Cost-Benefit Analysis. Concepts and Practice. Fourth Edition. International Edition. Pearson Education, Inc., New Jersey.
- [12] Abay G. (2005): Diskontsatz in Kosten-Nutzen-Analysen im Verkehr. Forschungsauftrag VSS 2003/201 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS). November 2005. Zürich.
- [13] European Commission, Directorate General Regional Policy (2008): Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects.
- [14] Intelligente Messgeräte-Einführungsverordnung – IME-VO (2012): 138. Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft, Familie und Jugend, mit der die Einführung intelligenter Messgeräte festgelegt wird (Intelligente Messgeräte-Einführungsverordnung – IME-VO). Ausgegeben am 24. April 2012, idF BGBl. II Nr. 138/2012.