

Verbesserung der Versorgungsqualität in Netzen mit dezentraler Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energieträgern

R. Bründlinger, H. Brunner

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

48/2006

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Verbesserung der Versorgungsqualität in Netzen mit dezentraler Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energieträgern

Roland Bründlinger (Projektleiter),
Helfried Brunner, Benoit Bletterie
arsenal research

Sergej Kalaschnikow, VA Tech Elin EBG Elektronik
Roland Weyss, oekostrom AG
Karl Wilfinger, Stadtwerke Hartberg

Wien, Mai 2006

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT. Sie wurde 2003 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT soll durch Forschung und Technologieentwicklung die Gesamteffizienz von zukünftigen Energiesystemen deutlich verbessert und eine Basis zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energieträger geschaffen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und involvierten Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Mehrfache Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist, die Projektergebnisse – sei es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit leicht zugänglich zu machen, was durch die Homepage www.ENERGIESYSTEMEderZukunft.at und die Schriftenreihe gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhalt

1.	Einleitung	1
1.1.	Problembeschreibung.....	1
1.2.	Schwerpunkte der Arbeit	2
1.3.	Methodik	2
1.4.	Daten	4
1.5.	Die Rolle des Projekts:	6
1.6.	Aufbau der Arbeit und des Endberichtes	7
2.	Projektergebnisse	8
2.1.	Arbeitspaket 1: Konzepte zur Verbesserung der Versorgungsqualität in DG-Netzen 8	
2.1.1.	Recherche und Grundlagenanalyse typischer PQ Probleme mit dezentraler Stromerzeugung (AP 1.1)	8
2.1.2.	Untersuchung und Vergleich verschiedener Konzepte zur Verbesserung der Versorgungsqualität in Netzen mit dezentralen Erzeugungsanlagen	12
2.1.3.	Analyse der derzeitigen technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen und Ermittlung von Kriterien zur Beurteilung von PQ Problemen (AP 1.3) 15	
2.2.	Arbeitspaket 2: Analyse der derzeitigen Versorgungsqualität in DG-Netzen	18
2.2.1.	Analyse vorhandener nationaler und internationaler PQ- Messkampagnen und Erarbeitung eines Anforderungskatalogs als Vorbereitung für die Messungen (AP 2.1) 18	
2.2.2.	Auswahl von repräsentativen Anlagenstandorten (AP 2.2)	19
2.2.3.	PQ-Messkampagne (AP 2.3).....	21
2.3.	Zusammenfassende Auswertung zur Charakterisierung des PQ-Levels an den Messstandorten (AP 2.4).....	25
2.4.	Arbeitspaket 3: Simulation und Netzwerkanalyse.....	28
2.5.	Arbeitspaket 4: Experimentelle Validierung eines Konzeptes zur Verbesserung der Versorgungsqualität.....	29
2.6.	Arbeitspaket 5: Verwertung und Verbreitung.....	30
3.	Zielerreichungen	32
3.1.	Ziele des Projektes	32
3.2.	Ziele der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“	32
3.3.	Einbeziehung der Zielgruppen.....	34
3.4.	Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen und Verwertung der Ergebnisse .34	
4.	Ausblick.....	36
5.	Zusammenfassung Projekt EE+PQ (Kurzfassung).....	38
6.	Zusammenfassung Projekt EE+PQ (Kurzfassung in Englisch).....	39
7.	Zusammenfassung Projekt EE+PQ (Langfassung)	40
8.	Zusammenfassung Projekt EE+PQ (Langfassung in Englisch).....	45

9. Anhang.....	50
9.1. Deliverable D2: „Anforderungen an dezentrale Erzeugungsanlagen und berichtete Erfahrungen in Bezug auf den Einfluss von dezentralen Erzeugungsanlagen basierend auf erneuerbaren Energieträgern“	50
9.2. Deliverable D3: „Konzepte zur Verbesserung der Versorgungsqualität und Simulation des Einflusses von dezentralen Energieerzeugern auf die Parameter der Versorgungsqualität“.....	50
9.3. Deliverable D4: „Auswirkungen von dezentralen Erzeugungsanlagen auf die Versorgungsqualität – Übersicht der Messkampagne im Projekt EE+PQ“.....	50
9.4. Deliverable D5: „Feasibility Studie - Hindernisse und Chancen bei der aktiven Erbringung von Netzdienstleistungen durch dezentrale Erzeugungsanlagen basierend auf erneuerbaren Energieträgern“	50
9.5. Fragebogen für Anlagen- und Netzbetreiber	50

1. Einleitung

1.1. Problembeschreibung

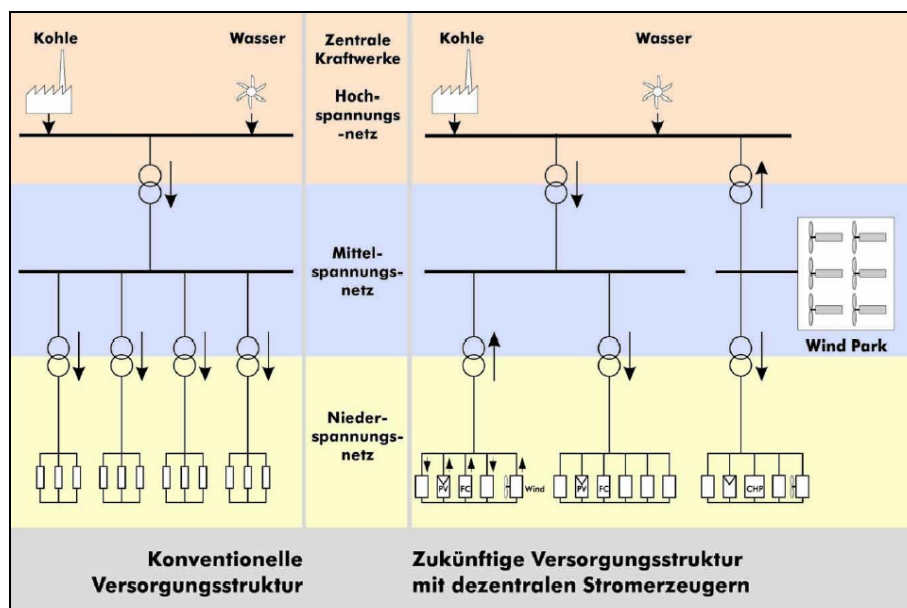
Der Deregulierungsprozess im europäischen Energiemarkt bewirkt auch in Österreich, dass der Energiesektor mehr und mehr in einen Wettbewerbsmarkt für Stromerzeugung, -verteilung und -handel übergeht. Dank freiem Zugang zu Stromverteilungsnetzen und entsprechenden Durchleitungsbedingungen werden neue Akteure im Markt auftreten.

Diese neuen Player werden den bereits bestehenden Trend hin zu einer dezentral ausgerichteten Stromerzeugung verstärken, der bisher hauptsächlich von der, durch neue energiepolitische Rahmenbedingungen, gepushten Integration erneuerbarer Energiequellen ausgelöst wurde. Diese Entwicklung stellt das bestehende Stromversorgungssystem vor völlig neue technologische und organisatorische Anforderungen, aber auch vor Herausforderungen an gesetzliche Rahmenbedingungen und Vorgaben.

Die Kernproblematik:

Die derzeitigen Stromversorgungsnetze wurden im Wesentlichen basierend auf einer zentralen Versorgung durch Großkraftwerke, die auf der Hoch- und Höchstspannungsebene einspeisen, konzipiert. Dezentrale Erzeugungsanlagen, die auch in die untersten Netzebenen (Niederspannungs- bzw. Mittelspannungsebene) einspeisen, führen dazu, dass aus dem ursprünglich unidirektionalen Energiefluss ein bidirektionaler wird.

Untenstehende Grafik veranschaulicht den fortschreitenden Strukturwandel hin zu dezentralen Strukturen in den Stromversorgungsnetzen:



Mit zunehmender Dichte an dezentraler Erzeugung treten damit grundlegende Systemfragen wie Netzmanagement, Kapazitätsplanung, Stabilität, Schutzstrategien und vor allem die Versorgungsqualität (auch als Power Quality – PQ bezeichnet) erneut in den Vordergrund.

Insbesondere letztgenannte Thematik steht in letzter Zeit im Mittelpunkt des Interesses, ausgelöst vor allem durch gesteigerte Sensibilität der Stromkunden und Befürchtungen, dass Qualität und Zuverlässigkeit der Elektrizitätsversorgung durch eine zu hohe Dichte an dezentraler Erzeugung gefährdet werden könnte. Vor allem der letzte Punkt entwickelt sich zunehmend zu einem ernst zu nehmenden Hemmnis, das den geplanten ambitionierten Ausbau ökologischer Stromerzeugung und in Folge die Erreichung wichtiger umwelt- und energiepolitischer Ziele verzögern oder sogar gefährden könnte.

Die wachsende Zahl kleiner Stromerzeugungsanlagen, die dezentral in Niederspannungs- und Mittelspannungsnetze einspeisen, und deren erwarteter Einfluss auf das Stromversorgungssystem haben dazu geführt, dass die verursachten Veränderungen der Versorgungsqualität auch international immer mehr zum Thema werden. Inwieweit diese Qualität nun durch die dezentrale Einspeisung beeinflusst wird, ist derzeit der Hintergrund mehrerer Europäischer Projekte im Energiebereich. Diese Projekte sind deshalb auch in Form eines Clusters („Integration of RES and DG“ – <http://www.clusterintegration.org>) zusammengefasst, um Synergien zwischen den einzelnen Bereichen optimal nutzen zu können.

Speziell das Thema Versorgungsqualität ist bereits jetzt von strategischer Bedeutung sowohl für Versorgungsunternehmen und Anlagenbetreiber, wie auch für Stromkunden aus Industrie und Dienstleistungsbereichen. Die Anforderungen dieser Kunden an Qualität und Sicherheit der Versorgung mit elektrischer Energie nehmen durch den zunehmenden Einsatz sensibler Geräte ständig zu. Qualitätsgarantien, die im Rahmen der fortschreitenden Liberalisierung des Elektrizitätsmarktes bereits in verschiedenen europäischen Ländern üblich sind, werden in Zukunft auch in Österreich immer wichtiger.

1.2. Schwerpunkte der Arbeit

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde der Schwerpunkt auf folgende zentrale Fragestellungen gelegt:

- Welche Auswirkungen (Fallstudien) haben Technologie und Dichte dezentraler Erzeugung auf das Verteilnetz?
- Welche Konzepte und technische Lösungen zur Verbesserung der Versorgungsqualität sind heute verfügbar und wie geeignet sind sie für die Anwendung in dezentral versorgten Netzen?
- Welches Potential besteht für die Lieferung nichtenergetischer Netzdienstleistungen durch dezentrale Stromerzeugungsanlagen?
- Wie können Anreize für eine aktive Verbesserung der Versorgungsqualität durch dezentrale Anlagen geschaffen werden?

1.3. Methodik

Die Stellung des EE+PQ Projekts zwischen Grundlagenforschung, Technologieentwicklung und praktische Demonstration kommt auch in der angewandten Methodik zum Ausdruck.

Aufbauend auf einem mehrstufigen Konzept erfolgte zu Beginn eine eingehende Untersuchung und Darstellung des momentanen „State of the Art“, die sowohl theoretische Recherchen und Studien, wie auch Messungen im Rahmen einer Kampagne zur Bewertung der derzeitigen Situation umfasste.

Im Rahmen einer empirischen Analyse, die die zweite Stufe darstellt, wurde anhand konkreter Fallstudien durch Messungen und begleitendes Monitoring untersucht, wie durch den Einsatz aktiver Systeme dezentrale Erzeugungsanlagen zu einer Verbesserung von Versorgungs- und Spannungsqualität im Netz beitragen können. Begleitende Simulationen bildeten hier die Basis für eine fundierte Untersuchung und Charakterisierung der lokalen Situation und ermöglichen auch theoretische Untersuchungen für andere Standorte.

Basierend auf den vorhergehenden Ergebnissen wurden in der dritten Stufe die praktische Machbarkeit demonstriert, zukünftige Marktpotentiale für diese Technologien ausgelotet sowie der Einfluss unterschiedlicher Rahmenbedingungen auf die zukünftige Verbreitung untersucht.

Im Folgenden werden die eingesetzten Tools und die angewandte Methodik im Detail dokumentiert:

Stufe 1 – Ermittlung des State of the Art

- Recherche über typische bekannte Einflüsse dezentraler Versorgungsanlagen in elektrischen Netzen. Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Erzeugungstechnologien.
- Umfrage unter Netz- und Anlagenbetreibern über beobachtete Probleme mit Spannungs- und Versorgungsqualität und dezentralen Anlagen.
- Internationale Recherche und Informationsaustausch mit relevanten internationalen Projekten über Ursachen, praktische Folgen und Lösungsmöglichkeiten.
- Erarbeitung von Bewertungskriterien basierend auf bereits vorhandenen nationalen und internationalen Studien zum Thema.
- Umfrage und Diskussion mit Experten aus den Bereichen Netzbetrieb, Betrieb dezentraler Erzeugungsanlagen, und Forschungsinstitutionen als Basis zur Untersuchung der derzeitigen Situation in Bezug auf Versorgungsqualität und dezentraler Stromerzeugung im Rahmen einer PQ-Messkampagne.
- Zusammenfassung und Bewertung bisheriger Ergebnisse aus relevanten internationalen Projekten (DGFACTS, DISPOWER, DGNET) und Austausch mit den entsprechenden Projektpartnern und dem EE+PQ Konsortium.
- Untersuchung und Vergleich verschiedener Konzepte zur Verbesserung von Versorgungs- und Spannungsqualität. Vergleich derzeit verfügbarer technischer Systeme.

Stufe 2 – Empirische Analyse

Im Rahmen von Fallstudien erfolgte ein Vergleich der Situation in Bezug auf Spannungs- und Versorgungsqualität an ausgewählten Standorten mittels folgender Werkzeuge:

- Netzanalyse
- Simulation
- Analytisches Monitoring

Erarbeitung von Optimierungsszenarien im Rahmen von Netzsimulationen, Messungen und Analysen. Untersuchung unterschiedlicher Rahmenbedingungen und deren Einfluss.

Stufe 3 – Demonstration der Machbarkeit - „Feasibility“

- Demonstration der Möglichkeiten zur Verbesserung der PQ durch dezentrale Erzeugungsanlagen.
- Untersuchungen der momentanen Rahmenbedingungen in technischer, organisatorischer sowie rechtlicher Hinsicht für eine breite Anwendung.
- Erarbeitung von Kriterien für technische und regulatorische Rahmenbedingungen zum Management der Versorgungsqualität in Netzen mit einem hohen Anteil dezentraler Erzeugungsanlagen.
- Feasibility Studie „Hindernisse und Chancen bei der aktiven Erbringung von Netzdienstleistungen durch dezentrale Erzeugungsanlagen basierend auf erneuerbaren Energieträgern“
- Verwertung und Verbreitung der Ergebnisse im Rahmen von Diskussionen, Publikationen und Workshops.

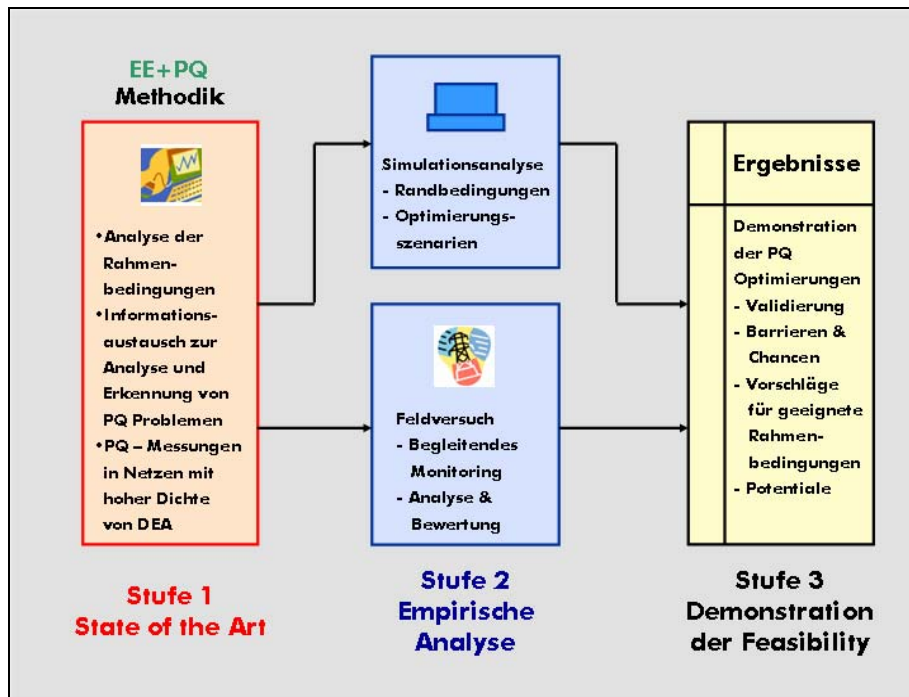


Abbildung 1: Im EE+PQ Projekt angewandte Methodik

1.4. Daten

Relevante EU Aktivitäten als wesentliche Grundlage für das Projekt:

Die Integration von erneuerbaren Energien (RES) und dezentraler Energieerzeugung (DG) in das europäische Verbundnetz steht derzeit im Mittelpunkt mehrerer Forschungsprojekte die von der Europäischen Kommission gefördert sind. An diesen Projekten sind in Summe über 100 europäische Partner beteiligt, bei einem Gesamtbudget von €34 Millionen.

Um Synergieeffekte besser nutzen zu können und die generelle Integration weiterzubringen wurden 7 europäische Projekte (SUSTELNET, DGNET, INVESTIRE, DISPOWER, MICROGRIDS, CRISP, DGFACTS) im Rahmen des Projekt-Clusters „Integration of RES+DG“ zusammengefasst. Ziele des Clusters sind, auf die zunehmende Bedeutung erneuerbarer Energien und dezentraler Energieerzeugung für den Elektrizitätsmarkt aufmerksam zu machen, technische und ökonomische Probleme zu lösen sowie Vorschriften, die einen Netzanschluss von dezentralen erneuerbaren Energieanlagen unnötig behindern, zu beseitigen.

Im Folgenden werden drei Projekte, an denen der Antragsteller ebenfalls als Leiter von Arbeitspaketen beteiligt ist und die von zentraler Bedeutung für das EE+PQ Projekt sind, kurz vorgestellt:

- Projekt DGFACTS (5th FP Contract No.: ENK5-CT-2002-00658)

Das EU-Projekt DGFACTS erweitert das Konzept der FACTS - elektronischer Systeme zur flexiblen Übertragung elektrischer Energie, die derzeit vorwiegend in Übertragungsnetzen eingesetzt werden - auf Verteilnetze. Spezifische, an die jeweilige Situation angepasste technische Systeme, stellen aufgrund ihrer hohen Kosten keine zufrieden stellenden Lösungen für den Einsatz in Verteilnetzen dar. Durch die Entwicklung modularer Systeme, so genannter DGFACTS, wird eine optimale Lösung zur Verbesserung von Stabilität und Versorgungsqualität in den Netzen erreicht. DGFACTS werden entweder autonom betrieben oder in am Markt befindliche Wechselrichter integriert.

In diesem EU-Projekt ist der Antragsteller als Leiter eines Arbeitspaketes für die Analyse der Normen und rechtliche Rahmenbedingungen zuständig. Europäische wie auch weltweite

Aktivitäten auf diesem Gebiet werden detailliert recherchiert und analysiert. Messungen der Versorgungsqualität an vorhandenen Netzen mit dezentraler Einspeisern wie auch Laborversuche und Simulationen sollen eine detaillierte Charakterisierung der Versorgungsqualität ermöglichen. Basierend auf diesen Analysen und Simulationen werden die DGFACTS spezifiziert und Prototypen designed. Die entwickelten Prototypen werden im Rahmen von Laborversuchen dann eingehend untersucht und auf ihre Praxistauglichkeit hin überprüft. Grundlegende Vorschläge für zukünftige Normen und Standards in diesem Bereich stellen weitere Kernpunkte des Arbeitsprogramms dar.

- Projekt DISPOWER (5th FP Contract No. ENK5-CT-2001-00522)

DISPOWER, (Distributed Generation with High Penetration of Renewable Energy Sources) beschäftigt sich primär mit technischen und organisatorischen Aspekten wie

- Strategien und Konzepte für Netzstabilität und Systemsteuerung
- Normen für Sicherheit und Netzqualität
- Entwicklung eines Managementsystems für lokale Netze
- Auswirkungen von Informations- und Kommunikationstechnologien auf Energiehandel und Lastmanagement
- Planungsinstrumente, die eine zuverlässige und wirtschaftliche Integration von dezentralen Generatoren in regionale und lokale Netze sichern
- Informationssysteme für Kommunikation, Energiemanagement und –handel
- Vertrags- und Tarifaspekte von Energiehandel, Durchleitung und Netzdienstleistungen
- Testlabors und Versuchsaufbauten für die Weiterentwicklung von Komponenten, Steuerungssystemen und Design-Tools
- Verbreitung und Implementierung neuer Konzepte für die Integration dezentraler Stromerzeugung in verschiedenen europäischen Netzen.

- Projekt DGNET (5th FP Contract No. ENK5-CT-2001-20528)

Das von der Europäischen Kommission beauftragte Europäische Netzwerk DGNET, an dem 38 Organisationen aus 11 Mitglieds- und 4 assoziierten Staaten beteiligt sind, wird im Laufe der nächsten 3 Jahre detailliert die Auswirkungen dieses Dezentralisierungsprozesses auf den Energiemarkt untersuchen und Möglichkeiten für eine nachhaltige Versorgung analysieren. Die Projektpartner sind dabei sowohl Industrieunternehmen und EVUs, wie auch Universitäten, Forschungsinstitute, und staatliche Organisationen.

Bisher durchgeführte nationale und internationale Studien zum Thema Versorgungsqualität, deren Ergebnisse in das Projekt einfließen werden:

- In Österreich

Von Juni 2000 bis Januar 2002 wurde vom Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs (VEÖ) im Rahmen einer breit angelegten Studie ein intensives Messprogramm zur Bewertung der Spannungs- und Versorgungsqualität durchgeführt. Dabei wurden von 17 EVU Langzeitmessungen in deren Nieder-, Mittel- und Hochspannungsnetzen (hauptsächlich jedoch für Niederspannung) durchgeführt. PQ Parameter wie Oberschwingungen, Flicker und Spannungsschwankungen wurden

gemäß dem Standard EN 50160 gemessen und bewertet. Die Ergebnisse wurden im VEÖ Journal präsentiert.

- In Europa

EURELECTRIC, die Union Europäischer Elektrizitätsunternehmen veröffentlichte im Jahr 2002 einen Bericht zum Thema „Power Quality in European Electricity Supply Networks- 1st Edition“ der eine Übersicht über den momentanen Stand der Versorgungsqualität in europäischen Versorgungsnetzen bietet. Der Bericht enthält im ersten Teil eine Beschreibung typischer Power Quality Phänomene und präsentiert wichtige Erkenntnisse.

- In den USA

Bereits 1996 wurde vom „Electric Power Research Institute“ (EPRI) eine umfassende Studie über die Versorgungsqualität in Verteilnetzen durchgeführt („An Assessment of Distribution System Power Quality“). An der auf über 24 Monate angelegten Messkampagne nahmen über 24 amerikanische EVUs teil, die die Versorgungsqualität landesweit parallel analysierten.

Diese Studie stellt derzeit den umfassendsten Versuch zur Charakterisierung der Situation in Bezug auf die PQ dar.

Zu diesen Studien ist jedoch anzumerken, dass in allen Fällen ausschließlich die Versorgungsqualität in Bezug auf die Verbraucher analysiert wurde, und dezentrale Erzeugung nicht mit einbezogen worden ist und deshalb die Messkampagne im Rahmen des Projektes von zentraler Bedeutung ist.

1.5. Die Rolle des Projekts:

Mit dem EE+PQ Projekt wurde nun ein weiterer Schritt hin zu einer optimalen Integration dezentraler Anlagen in das Gesamtsystem der österreichischen Stromversorgung gesetzt werden: nämlich nicht nur zu untersuchen, inwieweit diese Einspeiser zu einer negativen Beeinflussung der Qualität und Zuverlässigkeit der Versorgung führen, sondern vielmehr anhand realisierter Installationen zu demonstrieren, dass genau diese Anlagen einen aktiven Beitrag zur Verbesserung von Spannungs- und Versorgungsqualität leisten können.

Diese integrierte Nutzung von technischen Einrichtungen dezentraler Erzeugungsanlagen wird in Zukunft auch eine wichtige Zusatzdienstleistung sein, von der sowohl Netz- und Anlagenbetreiber, wie auch die Stromkunden – durch die zuverlässigere Versorgung – profitieren werden.

Die Zukunft:

Mit Hilfe von neuen, innovativen Technologien und auf Basis der Idee eines deregulierten Marktes mit entsprechenden Rahmenbedingungen können damit die neuen Energieerzeuger nicht nur bei steigender Stromqualität in das Netz integriert werden: Das Netz wird zu einem offenen Energiemarkt, auf dem bisherige Abnehmer auch zu Anbietern und bisherige Produzenten auch zu Nachfragenden werden können. Diese "Revolution des Stromnetzes" kann Einsparpotentiale in bisher nicht zu schätzender Größe offenbaren und der technischen Entwicklung einen Schub versetzen.

Das EE+PQ Projekt unterstützt diesen Übergangsprozess hin zu einer dezentralen und marktorientierten Versorgungsstruktur und leistet damit einen wichtigen Beitrag, die sichere, zu verlässige und qualitativ hochwertige Implementierung von dezentraler Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen in das österreichische Versorgungsnetz vorzubereiten und zur positiven Akzeptanz von dezentraler Erzeugung beizutragen.

1.6. Aufbau der Arbeit und des Endberichtes

Inhaltlich gliedert sich das EE+PQ Projekt in vier wesentliche Bereiche, die sich in weiterer Folge auch in der Aufteilung der Arbeitspakete widerspiegeln:

- Grundlegende Untersuchungen und Erarbeitung von Kriterien zur Beurteilung von Versorgungsqualitäts-Problemen in Netzen mit einer hohen Dichte an dezentralen Einspeisern (AP1).
- Analyse der derzeitigen Situation in Bezug auf die Versorgungsqualität in ausgewählten Netzpunkten. Kommunikation mit Netzoperatoren, Anlagenbetreibern und Industriepartnern zur Identifikation von Einflüssen dezentraler Einspeiseanlagen auf Versorgungs- und Spannungsqualität (AP2 – AP3).
- Simulation und praktische Demonstration eines zukunftsweisenden Konzepts zur aktiven Verbesserung der Versorgungsqualität an einem ausgewählten Standort. Dieser Standort erfüllt die Kriterien einer hohen Dichte an dezentraler Erzeugung, die für zukünftige Versorgungsnetze charakteristisch ist (AP3 – AP4).
- Darstellung der Ergebnisse sowie Untersuchung des zukünftigen Potentials für die Erbringung von nichtenergetischen Netzdienstleistungen durch dezentrale Erzeugungsanlagen im Rahmen einer Feasibility Studie (AP5), die auf den im Rahmen des Projekts gewonnenen Erkenntnissen aufbaut.

Die folgende Grafik gibt einen Gesamtüberblick über die Arbeitspakete und deren Verbindungen:

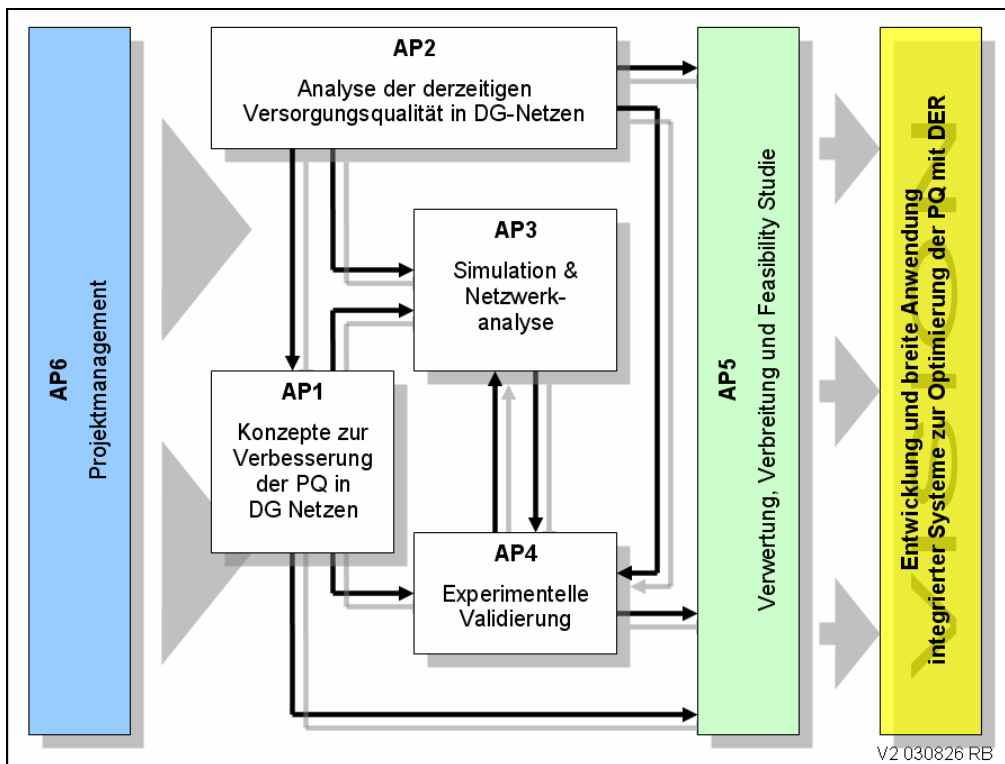


Abbildung 2: Übersicht der Arbeitspakete

Diese Gliederung wurde auch für den Aufbau der nachfolgenden Darstellung der Projektergebnisse im Rahmen dieses Endberichtes gewählt.

2. Projektergebnisse

Im nachfolgenden Abschnitt wird dargelegt welche Ergebnisse im Projekt EE+PQ erzielt wurden. Die Ergebnisse werden in Form der Gliederung der Arbeitspakete erläutert. Am Beginn wird jeweils eine kurze Übersicht des Inhaltes der Arbeitspakete laut Projektantrag dargestellt. Die detaillierten und ausführlichen Analysen und Ergebnisse sind in den einzelnen Deliverables und in der Machbarkeitsstudie des Projektes EE+PQ zu finden.

2.1. Arbeitspaket 1: Konzepte zur Verbesserung der Versorgungsqualität in DG-Netzen

Als Vorbereitungsarbeit lieferte dieses Arbeitspaket die wesentlichen Grundlagen für die weiteren, im Rahmen des Projekts durchgeführten, Untersuchungen.

2.1.1. Recherche und Grundlagenanalyse typischer PQ Probleme mit dezentraler Stromerzeugung (AP 1.1)

Auf Basis bereits durchgeführter Studien und Untersuchungen, wurden die Parameter der Versorgungsqualität und die Auswirkungen von dezentralen Energieerzeugungsanlagen, nach Art des Primärenergieträgers und der verwendeten Einspeisetechnologie, auf diese Parameter untersucht.

Zur Ergänzung der Analyse vorhandener Studien, wurde ein Fragebogen für Anlagen und Netzbetreiber erstellt (siehe Anhang).

Der Fragebogen diente zur Evaluierung der befürchteten Auswirkungen von dezentralen Erzeugungsanlagen auf das Netz und die Versorgungsqualität und der tatsächlichen Auswirkungen durch die Erfahrungen beim Betrieb dieser Anlagen. Ein weiterer Aspekt im Rahmen der Befragung war die Anwendung der technischen und organisatorischen Richtlinien zur Anschlussbeurteilung in der Praxis.

Der Fragebogen wurde von arsenal research bzw. von den Werkvertragspartnern an ausgewählte Anlagen und Netzbetreiber ausgegeben. Leider wurde nur eine kleine Anzahl von Fragebogen beantwortet und daher gehen nur wenige Aussagen daraus in diesen Bericht ein.

Versorgungsqualität

Für die Versorgungsqualität und damit deren Parameter gibt es international unterschiedliche Definitionen. In dieser Arbeit wird folgende Definition herangezogen:

Die Spannungsqualität – Power Quality - beinhaltet die Verzerrungen der Kurvenform d.h. die Abweichung von der idealen Sinusform der Spannung (Spannungsänderungen, Spannungseinbrüche, Harmonische, Flicker und Transiente) sowie Unsymmetrie und Frequenz.

Im Grossteil Europas gelten für die Merkmale der Power Quality die in der Europeanorm EN 50160 beschriebenen Toleranzen.

Die Norm EN 50160 gibt die wesentlichen Merkmale der Versorgungsspannung an der Übergabestelle zum Kunden in öffentlichen Nieder- und Mittelspannungsnetzen unter normalen Betriebsbedingungen an. Sie gibt die Grenzen oder Werte, innerhalb derer jeder Kunde die Spannung erwarten kann an (siehe Abbildung 3).

Die in der Norm beschriebenen Merkmale der Versorgungsspannung sind jedoch nicht dafür vorgesehen als Grenzwerte für die Aussendung von leitungsgeführten Störgrößen in öffentliche Energieversorgungsnetze verwendet zu werden.

Merkmale der Versorgungsspannung	Werte bzw. Wertebereiche		Meß- und Auswerteparameter			
	Niederspannung	Mittelspannung	Basisgröße	Integrationsintervall	Beobachtungsperiode	%-Satz
Frequenz (bei Verbindung zu einem Verbundnetz)	49,5 Hz bis 50,5 Hz 47 Hz bis 52 Hz		Mittelwert	10 sec	1 Jahr	99.5% 100%
Langsame Spannungsänderungen	230 V +10% / -10% *) UN +10% / -15% *)	U _N +/- 10 %	Effektivwert	10 min	1 Woche 10 min Intervalle	95% 100%
Schnelle Spannungsänderungen (Ereignisse)	5% max. 10 %	4% max. 6 %	Effektivwert	10 ms	1 Tag	100%
Flicker (Festlegung nur für Langzeitflicker)	P _{LT} = 1 P _{st} = 1		Flickeralgorithmus	2 h 10 min	1 Woche	95%
Spannungseinbrüche (<1 min)	10 bis 1000 pro Jahr (unter 90 % U _N)		Effektivwert	10 ms	1 Jahr	100%
Kurze Versorgungsunterbrechungen (< 3 min)	unter 1% Un einige 10 bis mehrere 100 pro Jahr		Effektivwert	10 ms	1 Jahr	100%
Zufällige lange Versorgungsunterbrechungen (> 3 min)	unter 1% Un einige 10 bis 50 pro Jahr		Effektivwert	10 ms	1 Jahr	100%
Zeitweilige netzfrequente Überspannungen (Außenleiter - Erde)	meist < 1,5 kV	1,7 bis 2,0 U _N (je nach Sternpunktbehandlung)	Effektivwert	10 ms	keine Angabe	100%
Transiente Überspannungen (Außenleiter - Erde)	meist < 6 kV	entsprechend der Isolationskoordination	Scheitelwert	kein	keine Angabe	100%
Spannungsunsymmetrie (Verhältnis Gegen- zu Mitsystem)	kleiner 2 % Un		Effektivwert	10 min	1 Woche	95%
Oberschwingungsspannung Bezugswert Un	Gesamtoberschwingungsgehalt (THD) = 8 %		Effektivwert	10 min	1 Woche	95%
Zwischenharmonische Spannung	Werte in Beratung		Werte in Beratung			
Signalspannungen Bezugswert Un	kleiner 5% Un Mittelspg: Bereich 9 bis 95 kHz in Beratung		Effektivwert	3 sec	1 Tag	99%

*) wahlweise zulässig bis Ende 2008 : 95% Wert : +6 / -10 %
100% Wert : +6 / -15 %

Abbildung 3: Übersicht EN 50160

Die Parameter der EN 50160 wurden auch für die Bewertung und Analyse des Einflusses von dezentralen Erzeugungsanlagen auf die Versorgungsqualität herangezogen.

Einfluss von dezentralen Erzeugungsanlagen auf die Parameter der Versorgungsqualität

Folgende Punkte sind nach der internationalen Recherche und Gesprächen mit Netzbetreibern im Zusammenhang mit dezentralen Energieerzeugungseinheiten besonders zu beachten und werden durch die Anlagen maßgeblich beeinflusst:

- Spannungsanstieg
- Inselbildung
- Anstieg der Kurzschlussleistung
- Einfluss auf Versorgungsqualität

Die Parameter der Versorgungsqualität werden durch die Auswirkungen der genannten Punkte direkt oder auch indirekt (durch Schutzeinrichtungen) beeinflusst.

Der Spannungsanstieg und damit die Einhaltung des geltenden Spannungstoleranzbandes ist ein Faktor der Versorgungsqualität der im Zusammenhang mit dezentralen Energieerzeugungseinheiten seitens der Netzbetreiber als besonders kritischer Punkt betrachtet wird und deshalb noch einmal hervorgehoben wurde.

Bei der Frage nach den Auswirkungen von dezentraler Energieerzeugung auf das Netz und die Parameter der Versorgungsqualität im Speziellen, besteht ein komplexes Zusammenspiel zwischen dem der Energieumwandlung zu Grunde liegendem Primärenergieträger (in Österreich hauptsächlich Wind, Biogas, Biomasse und Photovoltaik) und der beim Anschluss an das Netz verwendeten Einspeisetechnologie (Wechselrichter, Asynchrongenerator, doppelt gespeister Asynchrongenerator und Synchrongenerator). Die komplexen Zusammenhänge zwischen Primärenergieträger, Einspeisetechnologie und Parameter der Versorgungsqualität sind in Abbildung 4 dargestellt.

Vom Primärenergieträger abhängige Einflüsse auf das Netz treten ausschließlich durch seine Dargebotsabhängigkeit (z.B. Wind, Photovoltaik) auf. Durch Schwankungen der

eingespeisten Leistung in Folge der zeitlichen Schwankungen des Primärenergieträgers sind auch Schwankungen in der Spannungshöhe zu erwarten. Die Leistungsschwankungen können im Bereich von einigen Sekunden bei Wind bis zu jahreszeitlichen Schwankungen bei Wasserkraft liegen.

Die Auswirkungen der Leistungsschwankungen sind dabei auch stark von der Last im betrachteten Netz abhängig. Die geringsten Auswirkungen durch die Leistungseinspeisung sind bei Starklast und die größten Auswirkungen bei Schwachlast zu erwarten

Durch den Anstieg der Kurzschlussleistung bei der Einspeisung über rotierende Maschinen kommt es im Allgemeinen zu einer Verbesserung der Versorgungsqualität.

Gleichzeitig müssen jedoch auch mögliche negative Auswirkungen der höheren Kurzschlussleistung auf die Funktion von Schutzeinrichtungen sowie eine mögliche Beeinflussung von Tonfrequenz-Rundsteuersignalen beachtet werden.

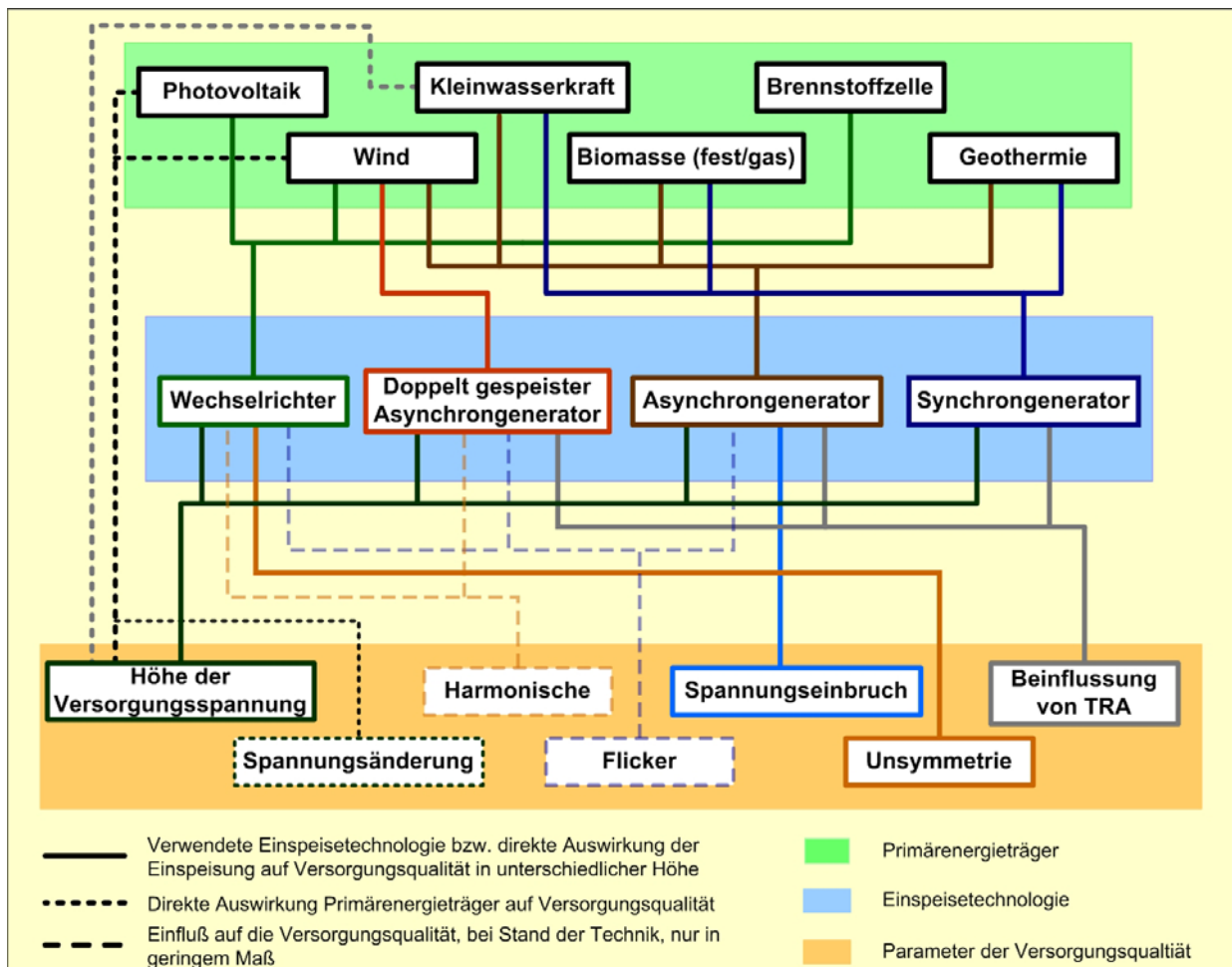


Abbildung 4: Übersicht der möglichen Auswirkungen von Primärenergieträger und Einspeisetechnologie auf die Parameter der Versorgungsqualität

Der Einfluss von dezentralen Erzeugungseinheiten auf Flicker und Harmonische ist bei der Verwendung von Einspeisetechnologien die dem Stand der Technik entsprechen äußerst gering. Entscheidend dafür ist die Ablösung von netzgeführten Wechselrichtern mit Thyristoren, durch die heute verwendeten selbstgeführten pulsweitenmodulierten Wechselrichter mit IGBTs.

Bei rotierenden Maschinen ist lediglich bei Windkraftanlagen mit direkter Netzkopplung über Asynchrongeneratoren, durch den Turmstauereffekt, eine Flickerbeeinflussung zu erwarten.

Spannungseinbrüche durch den Einschaltstrom bei Asynchrongeneratoren werden durch Strombegrenzungsschaltungen (z.B. Zuschalten über Thyristorsteller) verhindert.

Laut TOR (Technische und organisatorische Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen) dürfen Niederspannungs-Erzeugungseinrichtungen bis zu einer Nennscheinleistung von 4,6 kVA einphasig angeschlossen werden. In diesem Zusammenhang ist darauf zu achten, dass einzelne Anlagen symmetrisch auf die einzelnen Phasen aufgeteilt werden, um Unsymmetrien zu vermeiden. Bei Anlagen dieser Größenordnung handelt es sich meist um Photovoltaikanlagen.

Die detaillierte Recherche und Analyse ist im Deliverable 2 („Anforderungen an dezentrale Erzeugungsanlagen und berichtete Erfahrungen in Bezug auf den Einfluss von dezentralen Erzeugungsanlagen basierend auf erneuerbaren Energieträgern“) zu finden.

2.1.2. Untersuchung und Vergleich verschiedener Konzepte zur Verbesserung der Versorgungsqualität in Netzen mit dezentralen Erzeugungsanlagen

In Arbeitspunkt 1.2 wurde eine Recherche über bekannte Technologien zur Verbesserung der Versorgungsqualität in Netzen mit dezentraler Erzeugung (z.B. Static VAr Compensator, Dynamic Voltage Restorer, Static Synchronous Compensator, Unified Power Flow Controller...), deren momentanen Status, Verfügbarkeit und Einsatzbereiche (Spannungsebenen, Netztyp, Erzeugungstechnologie, usw.) durchgeführt.

Bereits vorhandene Erfahrungen mit dem Einsatz dieser Technologien in Verteilernetzen bilden ebenfalls einen zentralen Punkt dieses Berichtes.

Aus organisatorischen Gründen ist dieser Arbeitspunkt nicht wie geplant im Deliverable 2 integriert sondern gemeinsam mit den Simulationen im Deliverable 3.

Zur Verbesserung der Versorgungs- und Übertragungsqualität von elektrischen Wechselstromübertragungssystemen wurden verschiedene leistungselektronische Systeme entwickelt. Diese werden unter dem Begriff FACTS- Geräte zusammengefasst. "FACTS" steht für "Flexible Alternating Current Transmission Systems".

FACTS werden derzeit hauptsächlich in Übertragungsnetzen verwendet. Sie dienen zur dynamische Spannungs- sowie Lastflussregelung in elektrischen Netzen. Der Weg des Leistungsflusses vom Erzeuger zum Verbraucher ist physikalisch durch die Netztopologie vorgegeben. Dies hat zur Folge, dass einzelne Leitungen gering, andere wiederum stark ausgelastet sind.

Abbildung 5 zeigt die in der Praxis verwendeten FACTS- Geräte für dynamische Spannungs- sowie Lastflussregelung in Verteilernetzen.

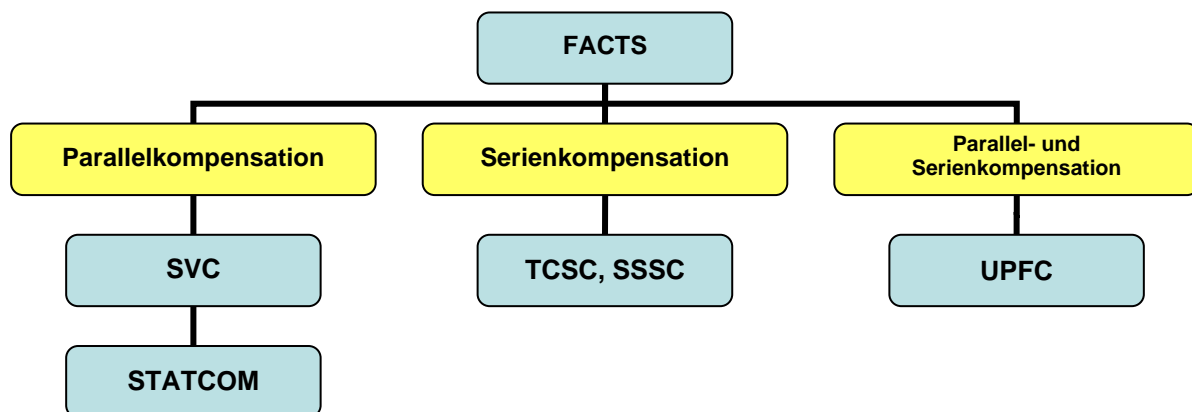
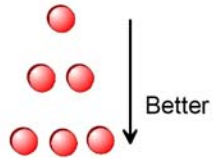


Abbildung 5: FACTS für dynamische Spannungs- sowie Lastflussregelung in Verteilernetzen: SVC - Static VAr Compensator; STATCOM - Static synchronous Compensator; TCSC - Thyristor Controlled Series Compensator; SSSC - Static Synchronous Series Compensator; UPFC - Unified Power Flow Controller.

In der folgenden Tabelle sind die regelungstechnischen Aufgaben und somit die Einsatzgebiete der FACTS- Geräte zusammengefasst.

	Load Flow Control	Voltage Control	Transient Stability	Dynamic Stability
SVC	●	●●●	●	●●
STATCOM	●	●●●	●●	●●
TCSC	●●	●	●●●●	●●
UPFC	●●●	●●●	●●	●●



Die genauen Funktionsweisen der einzelnen Geräte sind aus Deliverable 3 ersichtlich. An dieser Stelle seien nur die typischen Anwendungsgebiete der einzelnen Typen angeführt.

Parallel geschaltete Geräte

Parallel zum Netz angeordnete Geräte dienen primär der Spannungsregelung. Mit ihnen lässt sich am Anschlusspunkt ein induktiver oder kapazitiver Kompensationsstrom einspeisen.

Static VAr Compensator SVC

SVC Einheiten kommen generell bei längeren AC-Übertragungsstrecken zur Anwendung, um die Übertragungsverluste zu reduzieren und gewährleisten im oberen Leistungsbereich eine Blindleistungskompensation bzw. eine Spannungsregelung.

Die SVC-Technik funktioniert wie ein statischer Blindleistungskompensator, der zusätzlich Spannungsschwankungen kontrolliert und ausgleichend entgegenwirkt. Der SVC sorgt so für Stabilität in den Verteilnetzen und verbessert die Effizienz der Stromversorgung.

Static synchronous Compensator STATCOM

Der STATCOM kann im Gegensatz zum SVC den Kompensationsstrom beliebig und unabhängig von der Anschlussspannung in einer Zeit von ca. 1 ms einstellen.

Der Ausgangsstrom des STATCOM kann so geregelt werden, dass auch die Oberschwingungen im Netz kompensiert werden können. Die Wechselrichter, die für die Kompensation von Oberschwingungen verwendet werden, werden auch „aktive Filter“ genannt.

Seriell geschaltete Geräte

Seriell in der Leitung angeordnete Geräte können die von außen messbare Leitungsimpedanz verändern und damit die durch die Leitung fließende Wirkleistung beeinflussen.

Thyristor Controlled Series Compensator (TCSC)

Durch Hinzufügen von Serienkapazitäten in die Leitung wird eine zusätzliche kapazitive Spannung addiert. Dies hat eine Beeinflussung des Lastflusses über die Leitung zur Folge.

Unified Power Flow Controller UPFC

Der UPFC weist sowohl einen parallelen als auch einen seriellen Ast auf. Es werden dabei ein STATCOM und ein SSSC so miteinander gekoppelt, dass sie einen gemeinsamen Zwischenkreis aufweisen. Dadurch kann nun der Serienteil auch Wirkleistung einspeisen oder aufnehmen, da die Änderungen der Zwischenkreisspannung durch den Shuntteil ausgeglichen werden können. Damit besteht die Möglichkeit, unabhängig von der Wirkleistung auch die Blindleistung am Ende der Leitung zu regeln. Diesen flexiblen Einsatzmöglichkeiten steht als Nachteil der relative große Hardwareaufwand gegenüber.

Die angeführten FACTS-Geräte wurden alle primär für die Anwendung in Übertragungsnetzen entwickelt. Spezielle Geräte für die Anwendung in Verteilnetzen in Zusammenhang mit dezentralen Energieerzeugern sind derzeit noch nicht in größerem Umfang am Markt zu finden. Im EU-Projekt DGFACTS wurden spezielle FACTS-Prototypen für die Anwendung im Bereich dezentraler Energieerzeugung entwickelt und getestet. Diese werden in der Feasibility Studie näher betrachtet.

2.1.3. Analyse der derzeitigen technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen und Ermittlung von Kriterien zur Beurteilung von PQ Problemen (AP 1.3)

Dieses Kapitel umfasst die Recherche und Analyse der momentanen technischen, organisatorischen, ökonomischen und rechtlichen Rahmenbedingungen für dezentrale Einspeisung aus erneuerbaren Energieträgern in Österreich. Der Schwerpunkt liegt dabei bei Aspekten der Versorgungsqualität. Des Weiteren erfolgt ein Vergleich mit internationalen Standards und Anforderungen.

Europäische Rahmenbedingen und Umsetzung in nationales Recht

Durch Inkrafttreten der Europäischen Elektrizitätsbinnenmarktrichtlinie¹ sowie durch die erneuerbare Energienrichtlinie² und deren Umsetzung in nationale Richtlinien wie das Energieliberalisierungsgesetz³, welches sich aus Elektrizitätswirtschafts- und –organisationsgesetz, Regulierungsbehördengesetz und dem Verrechnungsstellengesetz zusammensetzt, und das Ökostromgesetz⁴ haben sich in den letzten Jahren die Rahmenbedingungen der Elektrizitätsmärkte und somit auch für die dezentrale Stromeinspeisung entscheidend verändert.

Durch im Ökostromgesetz festgelegte Mindestpreise und der Abnahmeverpflichtung von Strom auf Basis erneuerbare Energieträger, gab es einen verstärkten Anreiz für Investitionen in dezentrale Energieerzeugungsanlagen. Diese Anreize fehlen jedoch zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeit (Stand März 2006), da sich die Regierungsparteien noch nicht auf eine Novelle des Ökostromgesetzes einigen konnten (Die festgelegten Mindestpreise gelten nur für Anlagen die bis 31.12.2004 genehmigt wurden).

Marktregeln und Netzanschlussbedingungen

Die E-Control GmbH, als österreichische Regulierungsbehörde, arbeitet Vorschläge für Marktregeln aus und stellt diese den Marktteilnehmern zur Verfügung. Die Marktregeln umfassen alle Vorschriften, Regelungen und Bestimmungen, die Marktteilnehmer im Elektrizitätsmarkt – und somit auch dezentrale Einspeiser und Netzbetreiber - einzuhalten haben, um ein geordnetes Funktionieren dieses Marktes zu ermöglichen und zu gewährleisten. Die Marktregeln werden unterteilt in:

- Allgemeine Geschäftsbedingungen (AGB)
- Technische und organisatorische Regeln (TOR)

Die Allgemeinen Geschäftsbedingungen werden von der Energie-Control-Kommission (ECK) genehmigt. Darin wird unter anderem der Netzzugang (Anschluss sowie Einspeisung und Entnahme) geregelt. Dieser beinhaltet:

- den Anschluss der Anlage des Netzbenutzers an das Netz (Netzzutritt);
- die Einspeisung elektrischer Energie in das Netz des Netzbetreibers;
- die Entnahme elektrischer Energie aus dem Netz des Netzbetreibers.

Die technischen und organisatorischen Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen (TOR) stellen ein, von der Energie-Control GmbH in Zusammenarbeit mit den Netzbetreibern, erarbeitetes technisches Regelwerk dar.

¹ Richtlinie 2003/54/EG

² Richtlinie 2001/77/EG

³ BGBl. I Nr. 121/2000

⁴ BGBl I Nr. 149/2002

Sie stellen eine Anpassung der bisher zur Erzielung einer angemessenen Versorgungssicherheit geltenden Betriebs- und Erhaltungsregeln in den österreichischen Netzen an die oben genannten Rahmenbedingungen dar. Durch die TOR soll ein ungestörter Verbundbetrieb (Zusammenspiel von Erzeugungsanlagen, Übertragungs- und Verteilnetze sowie Anlagen von Netzbenutzern) sichergestellt werden.

Für den Anschluss und Betrieb von dezentralen Energieerzeugungsanlagen sind dabei besonders der Teil D: „Besondere technische Regeln“ und darin wiederum die Hauptabschnitte D4: „Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen mit Verteilernetzen“ sowie der Hauptabschnitt D2: „Richtlinie zur Beurteilung von Netzurückwirkungen“ (Kapitel 9: Erzeugungsanlagen) von Bedeutung.

Generell kann gesagt werden, dass sich die Netzbetreiber zur Beurteilung des Netzanschlusses und der Auswirkungen von dezentralen Erzeugungsanlagen auf die Versorgungsqualität nach der TOR D2 richten. Bei der Beurteilung ob eine Anlage an das Netz angeschlossen werden kann bildet meist die zu erwartende maximale Spannungsanhebung das Hauptkriterium.

In Bezug auf den Schutz und anderen Fragestellungen des Netzanschlusses richten sich die Netzbetreiber nach der TOR D4. Einige Punkte wie z.B. genaue Einstellwerte für Schutzeinrichtungen, Leistungsfaktor und Spannungsregelung sind in der TOR D4 nicht klar definiert und werden meist von Fall zu Fall vom Netzbetreiber berechnet (d.h. innerhalb Österreichs fehlt zum Teil die notwendige Transparenz). Ausschlaggebend für die Ermittlung sind die Leistung und Einspeisetechnologie der Anlage sowie lokale Netzsituation (Kurzschlussleistung, Blindleistungshaushalt usw.).

Vergleich mit internationalen Rahmenbedingungen

Eine wesentliche Forderung für dezentrale Energieerzeuger in den europäischen Rahmenbedingungen ist ein *transparenter und nichtdiskriminierender* Zugang zum System und der damit verbundenen Kosten. Dabei gibt es aber in Europa unterschiedliche Methoden und Zugänge. Die höchste Dichte an dezentraler Energieerzeugung gibt es in jenen Ländern mit „flachen“ (engl. „shallow“) Anschlussgebühren in den Rahmenbedingungen (z.B. Deutschland und Dänemark). „Flach“ bedeutet, dass in den Anschlusskosten nur die Kosten für die Anbindung ans Netz und nicht einen eventuell notwendigen Ausbau im vorgelagerten Netz enthalten sind. Die Kosten für den Ausbau im vorgelagerten Netz werden über die Netztarife auf die Kunden umgelegt. Die geringsten Dichten an dezentralen Energieerzeugern gibt es in Ländern mit „tiefen“ (engl. „deep“) Anschlussgebühren. Diese Methode wird auch in Österreich verwendet. Der Erzeuger muss dabei auch die Kosten für einen eventuellen Ausbau im vorgelagerten Netz bezahlen. Die fehlende Transparenz und die oft für Erzeuger unerschwinglichen Kosten stellen dabei eine Barriere für dezentrale Erzeuger dar. Großbritannien hat aus diesem Grund im Frühjahr 2005 von den „tiefen“ Anschlussgebühren auf ein System mit „flachen“ Gebühren umgestellt.

International findet man für dezentrale Energieerzeuger unterschiedlichste Standards und technische Rahmenbedingungen.

Die Regeln und Anforderungen für DG können von genereller Art, netzspezifisch, größenspezifisch (Anlage), technologiespezifisch oder eine Mischung aus diesen Punkten sein. In Europa sind derzeit alle Möglichkeiten zu finden.

Für dargebotsabhängige Technologien gibt es meist spezifische Regeln (wie z.B. für PV in Österreich). In den Niederlanden, Großbritannien und Frankreich wird noch zwischen Microgeneration im Kilowattbereich und größerer Erzeugung unterschieden.

In vielen Ländern wird beim Anschluss von dezentralen Erzeugern netzspezifisch zwischen Niederspannungsnetzen und Mittelspannungsnetzen unterschieden (z.B. Deutschland,

Frankreich, Großbritannien...). Manchmal entscheidet die Anlagengröße auch direkt an welche Netzebene die Anlage angeschlossen wird.

In Großbritannien gibt es unterschiedliche Regeln für Erzeuger die unter bzw. über 20 kV angeschlossen werden und eine Nennleistung von unter oder über 5 MW haben.

Bei den Bedingungen für die Spannungs- und Frequenzlimits für dezentrale Energieerzeuger findet man in Europa einen sehr weiten Bereich. Dies zeigt den dringenden Bedarf von einheitlichen Grenzen (in Österreich gibt es nicht einmal national einheitliche Grenzen). Somit kann ein und derselbe Spannungsbereich in einem Land als gefährlich und in einem anderen Land als normal gelten. Dies macht vor allem den Erzeugern von dezentralen Energieerzeugungseinheiten erhebliche Probleme, da für jedes Land eigene Auslegungen der Einheiten erfolgen müssen.

International besteht allgemeiner Konsens darüber, dass in Europa harmonisierte Rahmenbedingungen für dezentrale Energieerzeugungsanlagen notwendig sind.

Detaillierte Angaben zu den Rahmenbedingungen für dezentrale Energieerzeuger sind in Deliverable 2 des Projektes EE+PQ („Anforderungen an dezentrale Erzeugungsanlagen und berichtete Erfahrungen in Bezug auf den Einfluss von dezentralen Erzeugungsanlagen basierend auf erneuerbaren Energieträgern“) zu finden.

2.2.Arbeitspaket 2: Analyse der derzeitigen Versorgungsqualität in DG-Netzen

Den zentralen Arbeitspunkt des Projekts EE+PQ stellt Arbeitspunkt 2 dar. Er beinhaltet die Untersuchung des derzeitigen Standes der Versorgungsqualität an Netzpunkten mit einem hohen Anteil an dezentraler Einspeisung.

Dieser Arbeitspunkt war mit Abstand der aufwändigste Teil des Projektes. Es war teilweise mit erheblichem Aufwand verbunden an den einzelnen Standorten die Voraussetzungen für eine Messung zu schaffen. Oft waren mehrmalige Besuche nötig, um den Messaufbau zu korrigieren, da es erst im Verlauf der Messungen, auf Grund falscher Angaben in den Plänen vor Ort oder besonderen im vorhinein nicht absehbaren Charakteristika der Anlagen bzw. in einem Fall durch Fehlfunktion der Stromzangen ein fehlerhafter oder schlecht gewählten Messaufbau bemerkt wurde und Korrekturen notwendig waren. Dies führte, durch fehlerhafte Messdaten, naturgemäß zu einem erhöhten Zeitaufwand und zu Verzögerungen in diesem Arbeitspaket. Dabei half auch eine genaue Definition der Messabläufe und eine intensive Vorbereitung der Messungen im Vorfeld wenig.

Eine besondere Herausforderung stellte auch die Analyse Messungen dar. Da die Messgeräte nicht über optimale Analysetools für die Anforderungen im Projekt EE+PQ verfügen, war es notwendig eigene Analysealgorithmen und graphische Darstellungen in der Softwareumgebung MATLAB zu entwickeln. Die Algorithmen mussten jeweils an die Messungen an den einzelnen Standorten angepasst werden. Damit gestaltete sich die Gewinnung der graphischen Auswertungen sehr aufwendig.

2.2.1. Analyse vorhandener nationaler und internationaler PQ-Messkampagnen und Erarbeitung eines Anforderungskatalogs als Vorbereitung für die Messungen (AP 2.1)

Die Skizze in Abbildung 6 illustriert die Vorgehensweise bei der Durchführung und Auswertung der Messkampagne.

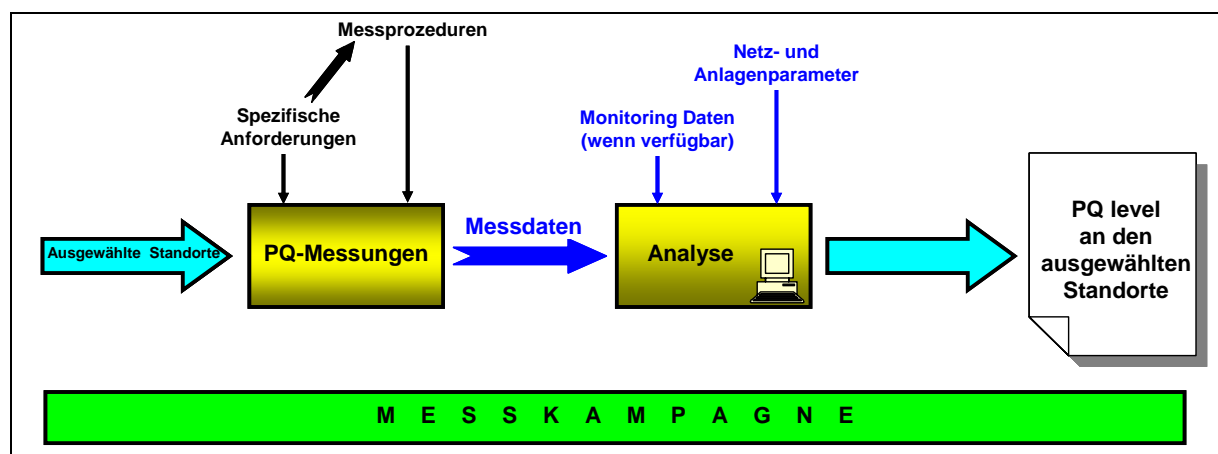


Abbildung 6: Durchführung und Auswertung der Messkampagne

Mit den beiden zur Verfügung stehenden Messgeräten (Topas 1000, Memobox 300 smart A der Firma LEM) wurden primär alle Parameter der EN 50160 aufgezeichnet und anschließend mit dem Softwaretool MATLAB ausgewertet. Mit der Software wurden

Algorithmen definiert, durch die der Einfluss der Anlagen auf die Parameter der Versorgungsqualität auch graphisch dargestellt werden kann.

Der Anschluss der Messgeräte erfolgte dabei in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten bei der Anlage.

Nach dem Auslesen der Messdaten erfolgte eine Darstellung und Analyse der aufgenommenen Messdaten sowie der Einfluss der Einspeisung der Anlagen auf die Parameter der Versorgungsqualität in folgender Reihenfolge:

- Überblick EN 50160
- Ereignisse (z.B. Spannungseinbruch, Überspannung ..)
- Effektivwert der Spannung
- Oberschwingungen
- Flicker
- Unsymmetrie
- Frequenz
- Zusammenfassung

Bei der Analyse wird im Besonderen auf die Auswirkung der Einspeisung der betrachteten dezentralen Energieerzeugungseinheiten auf die Parameter der Versorgungsqualität Wert gelegt.

2.2.2. Auswahl von repräsentativen Anlagenstandorten (AP 2.2)

In Österreich gibt es zwar eine vergleichbar große Anzahl von dezentralen Energieerzeugungsanlagen, aber diese Anlagen sind über ganz Österreich verteilt und es war schwer Standorte mit vielen Anlagen an einem gemeinsamen Einspeisepunkt zu finden.

Als ein Beispiel mit einer größeren Anzahl wurde der Ökopark Hartberg, im Netz des Projektpartners Stadtwerke Hartberg, herangezogen. Mangels solcher Standorte wurde deshalb bei der Auswahl der Standorte unter einer hohen Dichte an dezentralen Einspeisern auch eine gegenüber der Kurzschlussleistung am Anschlusspunkt relativ hohe Einspeiseleistung einer Einzelanlage verstanden.

Die nach intensiver Suche ausgewählten Anlagenstandorte für die Messkampagne sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Es wurde darauf Wert gelegt einen möglichst repräsentativen Querschnitt der in Österreich typischen Primärenergieträger (Wind, Biogas, Biomasse und PV) sowie der verschiedenen Einspeisetechnologien (Asynchron- Synchrongenerator, Wechselrichter etc.) zu erfassen. Damit wird ein Vergleich der Messergebnisse mit den Ergebnissen der Erhebung in Arbeitspunkt 1 möglich.

Messung	Anlage	Primär-energeträger	Einspeisetechnologie	Nennleistung
M1	Schlattbauerngut	Photovoltaik	Wechselrichter	37 kWp
M2	Lärmschutzwand Gleisdorf	Photovoltaik	Wechselrichter	101 kWp
M3	Maxoon Ökopark Hartberg	Photovoltaik	Wechselrichter	21,8 kWp
M4	Raunigg Ökopark Hartberg	Photovoltaik	Wechselrichter	18 kWp
M5	Ratzenböck	Biogas	Asynchrongenerator	100 kW
M6	Biogas Ökopark Hartberg	Biogas	Synchrongenerator	280 kW
M7	Wärmebetriebe Hartberg	Biomasse	Asynchrongenerator	800 kW
M8	Parndorf 1	Wind	Asynchrongenerator	7,5 MW
M9	Parndorf 2	Wind	Doppelt gespeister Asynchrongenerator	12 MW
M10	Breitsprecher	Wind	Synchrongenerator vollumrichtergespeist	3 MW

Tabelle 1: Übersicht der Anlagen

2.2.3. PQ-Messkampagne (AP 2.3)

Basierend auf den ausgewählten repräsentativen Anlagenstandorte, der definierten Spezifikationen und Anforderungen an die Messprozeduren wird durch praktische Messungen PQ-Phänomene (siehe untenstehende Abbildung) die reale Situation in Bezug auf Spannungs- und Versorgungsqualität charakterisiert.

Neben stationären PQ- Phänomenen (wie Harmonische, Flicker oder Spannungsschwankungen) wurden auch kurzzeitige Ereignisse (Spannungseinbrüche und -überhöhungen, Unterbrechungen, usw.) die charakteristisch für die Qualität von Spannung und Versorgung sind, mit Hilfe moderner Power Quality Analyser gemessen und mit geeigneter zum großen Teil selbst entwickelter Software ausgewertet. Eine ständige begleitende Auswertung und Plausibilitätskontrolle ergänzte dabei die praktischen Messungen.

Mit den beiden zur Verfügung stehenden Messgeräten (Topas 1000, Memobox 300 smart A) wurden primär alle Parameter der EN 50160 aufgezeichnet und anschließend mit dem Softwaretool MATLAB ausgewertet. Mit der Software wurden Algorithmen definiert, durch die der Einfluss der Anlagen auf die Parameter der Versorgungsqualität auch graphisch dargestellt werden kann (siehe Beispiel in Abbildung 8). Der Anschluss der Messgeräte erfolgte dabei in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten bei der Anlage.

Ein Überblick über den Anlagenstandort, die Anlage selbst und der Netzanbindung bzw. der Anschluss der/des Messegeräte(s) sind am Beginn der Messanalysen angeführt.

Anschließend werden die aufgenommenen Messdaten sowie der Einfluss der Einspeisung der Anlagen auf die Parameter der Versorgungsqualität in folgender Reihenfolge dargestellt:

- Überblick EN 50160
- Ereignisse (z.B. Spannungseinbruch, Überspannung ..)
- Effektivwert der Spannung
- Oberschwingungen
- Flicker
- Unsymmetrie
- Zusammenfassung

Um zu erklären wie die einzelnen Analysen im Deliverable 4 erfolgten werden diese in den nachfolgenden Darstellungen erklärt.

Durch die Histogramme der Spannungseffektivwerte (Siehe Abbildung 7) kann dargestellt werden in welchem Bereich die Spannungswerte während der Messungen liegen. Als Grenzen werden dabei jeweils die Nennspannung $\pm 10\%$ gewählt. Die Angabe der Spannungswerte erfolgt in per unit, p.u. (damit die Messungen vergleichbar sind). Für den Fall, dass die genaue vereinbarte Nennspannung nicht bekannt ist, wird der Wert der Spannungsebene herangezogen an der gemessen wurde und die Angabe erfolgt in Volt.

Dargestellt wird die Häufigkeitsverteilung der Mittelwerte, Minimalwerte und Maximalwerte der Effektivwerte der Spannung eines Intervalls (10 min) der einzelnen Phasen (rot, blau und grün), jeweils in 0,01 p.u. Schritten (das entspricht bei $U_N=230$ V einem Wert von 2,3 V).

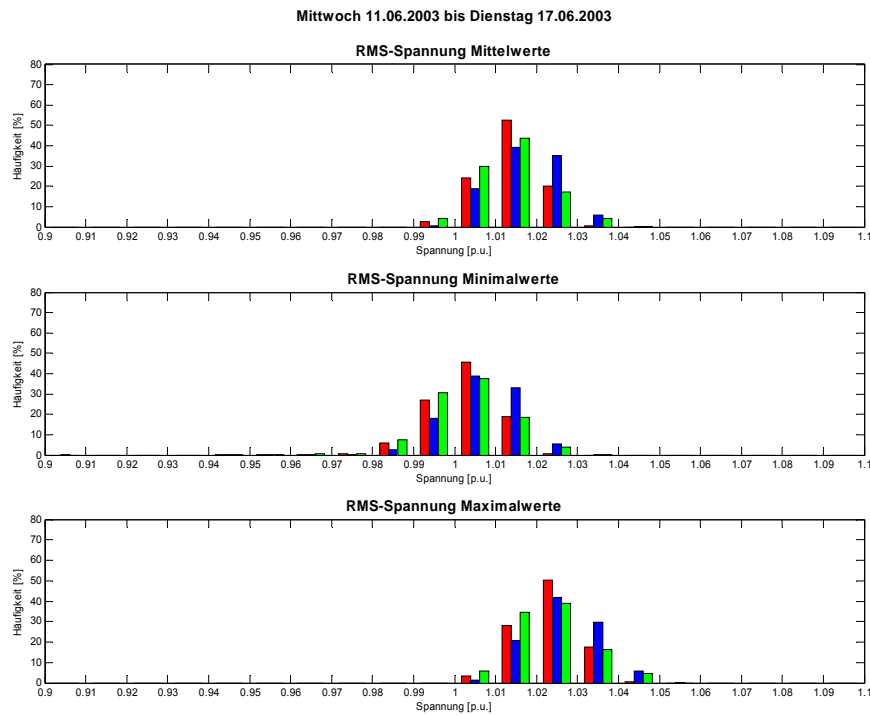


Abbildung 7: Beispiel für ein Histogramm

Bei der Analyse wird im Besonderen auf die Auswirkung der Einspeisung der betrachteten dezentralen Energieerzeugungseinheiten auf die Parameter der Versorgungsqualität Wert gelegt. Ein Beispiel für den Aufbau der graphischen Analyse in den Messberichten ist in Abbildung 8 dargestellt.

Im oberen Diagramm erfolgt eine Darstellung der eingespeisten Wirkleistung (oder Strom) über dem Beobachtungszeitraum (im Regelfall jeweils für eine Woche).

Im zweiten Verlauf wird der Parameter der Versorgungsqualität (in Beispiel die Spannungshöhe) dargestellt.

Der erste Vergleich erfolgt nun im dritten Diagramm durch eine Korrelationsanalyse zwischen eingespeister Wirkleistung bzw. gegebenenfalls eingespeisten Strom (Wirkleistung nicht bei allen Messungen verfügbar) und dem Parameter der Versorgungsqualität. Der Korrelationskoeffizient ρ_{xy} gibt dabei das Maß für den linearen Zusammenhang zwischen zwei Variablen an. In unserem Fall also den Zusammenhang zwischen Einspeisung und Parameter der Versorgungsqualität. Der Korrelationskoeffizient liegt zwischen $-1 \leq \rho_{xy} \leq +1$. Bei einem Wert von +1 (bzw. -1) besteht ein vollständiger positiver (bzw. negativer) linearer Zusammenhang. Aus der Darstellung ist ein linearer Zusammenhang zwischen dem Verlauf der eingespeisten Leistung und dem Verlauf der Spannungshöhe, an Tagen mit Einspeisung, zu erkennen.

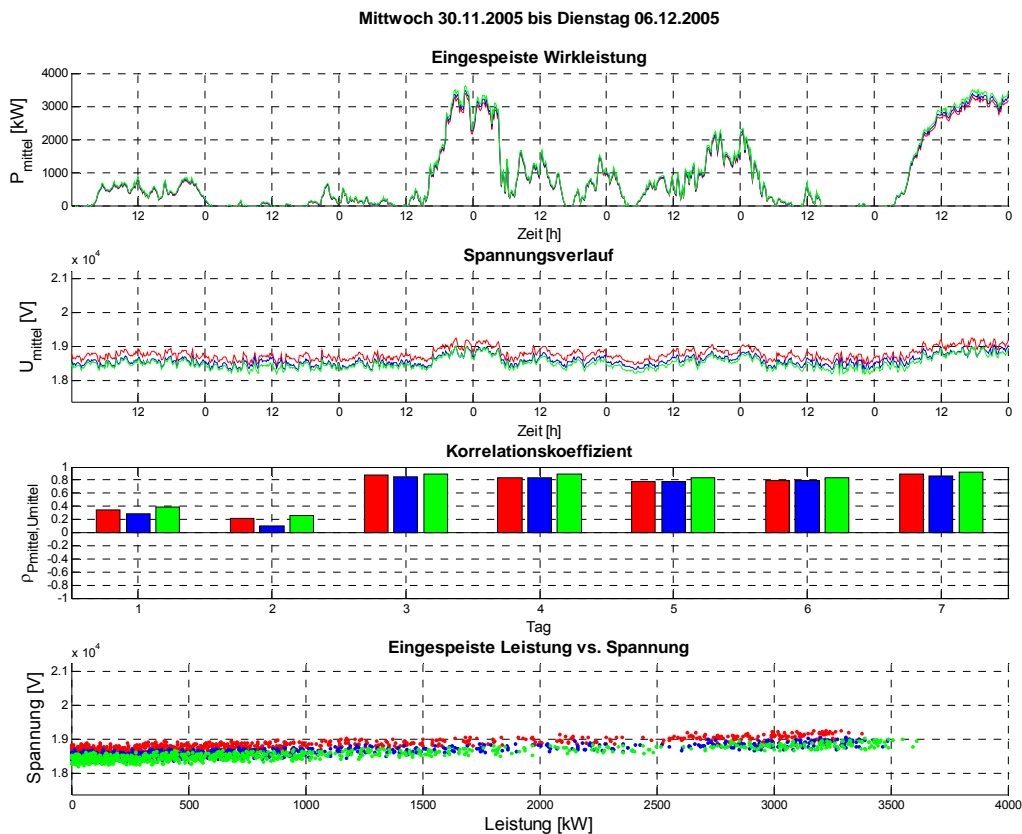


Abbildung 8: Beispiel für die graphische Analyse der Auswirkung einer dezentralen Erzeugungsanlage auf einen Parameter der Versorgungsqualität (hier Spannungshöhe)

Im untersten Diagramm wird der jeweilige Parameter der Versorgungsqualität (im Beispiel die Spannungshöhe) über der Einspeisung aufgetragen. Damit soll gezeigt werden ob es bei Einspeisung bzw. steigender Einspeisung zu einer Auswirkung auf den Parameter der Versorgungsqualität kommt.

In Abbildung ist deutlich der Anstieg der Spannung am Messpunkt bei steigender Einspeisung zu erkennen.

Aus den Messwerten wird in der Folge der Wert für Spannungsanhebung ermittelt (Abbildung 9). Dazu wird aus den Werten für die Spannung U und die Leistung P (bzw. Strom I) mittels Regressionsverfahren eine Gerade für die Messwerteschar gebildet. Aus der Steigung der Geraden wird im Anschluss die Spannungsanhebung errechnet.

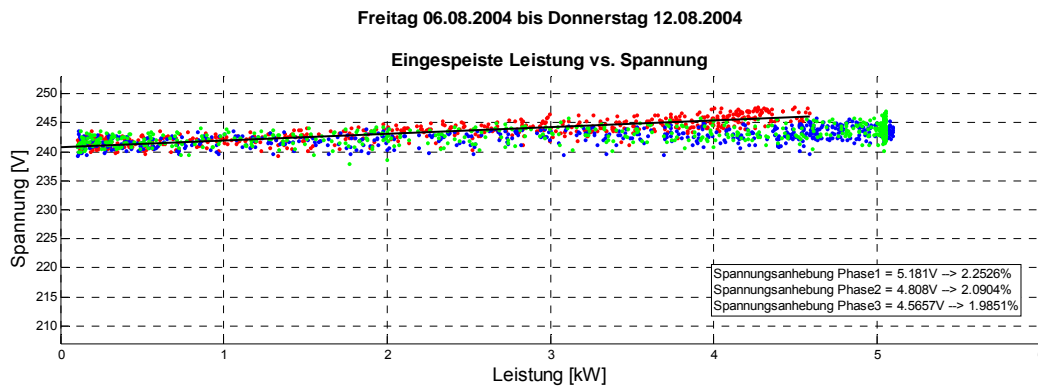


Abbildung 9: Beispiel zu Ermittlung der Spannungsanhebung aus den Messwerten

In den Spannungswerten sind aber auch Änderungen der Spannungswerte aufgrund von Lastschwankungen im Netz beinhaltet. Damit ist die ermittelte Spannungsanhebung nicht rein durch die Leistungseinspeisung verursacht.

Bei so genannten stochastischen oder auch dargebotsabhängigen Erzeugern (Photovoltaik, Wind), wird in den Analysen der Zusammenhang zwischen den Schwankungen der Einspeisung in den einzelnen Phasen und der Schwankungen der Spannungsmittelwerte dargestellt. Es wird dabei jeweils der Absolutbetrag der Differenz zweier aufeinander folgenden 10min-Mittelwerte dargestellt. Daraus soll ersichtlich werden inwieweit Schwankungen der 10min-Strom- oder Leistungsmittelwerte Schwankungen der 10min Spannungsmittelwerte verursachen.

$$\Delta I_{\text{mittel}} = | I_{\text{mittel}(k)} - I_{\text{mittel}(k+1)} |, \quad \text{bzw.} \quad \Delta P_{\text{mittel}} = | P_{\text{mittel}(k)} - P_{\text{mittel}(k+1)} |$$

$$\Delta U_{\text{mittel}} = | U_{\text{mittel}(k)} - U_{\text{mittel}(k+1)} |$$

I_{mittel} ... 10min-Mittelwerte des Stromes

P_{mittel} ... 10min-Mittelwerte der Leistung

U_{mittel} ... 10min-Mittelwerte der Spannung

$k=1..n$

Mögliche schnelle Schwankungen innerhalb des 10min-Intervalls werden durch die Mittelwertbildung geglättet und bleiben daher in der Darstellung unberücksichtigt.

Am Ende der einzelnen Analysen erfolgte eine kurze Zusammenfassung der Auswirkung der betrachteten dezentralen Erzeugungseinheit auf die Versorgungsqualität.

Für die Abbildungen in den Berichten gilt für die einzelnen Phasen folgende Farbgebung:

Rot... Phase L1

Blau... Phase L2

Grün... Phase L3

Die detaillierten Messprotokolle und Analysen der einzelnen Messungen an den Standorten sind im umfangreichen Deliverable D4 – „Auswirkungen von dezentralen Erzeugungsanlagen auf die Versorgungsqualität – Übersicht der Messkampagne“ des Projektes EE+PQ dargestellt.

2.3. Zusammenfassende Auswertung zur Charakterisierung des PQ-Levels an den Messstandorten (AP 2.4)

An dieser Stelle erfolgt eine zusammenfassende Bewertung der Versorgungsqualität an den betrachteten Standorten und des Einflusses der dezentralen Energieerzeugungsanlagen auf die Versorgungsqualität sowie eine Gegenüberstellung mit den theoretischen Erkenntnissen über den Einfluss von dezentralen Anlagen auf die Power Quality aus Deliverable 2 des Projektes EE+PQ.

Die Erfassung der Versorgungsqualität an den Standorten (siehe Kapitel 2.2.2) erfolgte jeweils für Zeiträume von 1 bis zu 7 Wochen. Eine besondere Herausforderung war es an allen Standorten einen einheitlichen Messaufbau zu installieren. Aufgrund der unterschiedlichen Voraussetzungen an den Anlagen, war dies jedoch nicht in allen Fällen möglich. Es wurden entweder die eingespeiste Leistung oder der eingespeiste Strom an den Standorten erfasst, sowie die Parameter der Spannungsqualität auf unterschiedlichen Spannungsebenen aufgezeichnet (Abhängig davon wo der Zugang für die Spannungsmessung möglich war). Als Bewertungsgrundlage für die Analyse wurden die Parameter der Versorgungsqualität nach EN 50160 herangezogen.

An dieser Stelle sei jedoch betont, dass die Norm EN 50160 die wesentlichen Merkmale der Versorgungsspannung an der Übergabestelle zum Kunden in öffentlichen Nieder- und Mittelspannungsnetzen unter normalen Betriebsbedingungen angibt. Sie gibt die Grenzen oder Werte, innerhalb derer jeder Kunde die Spannung erwarten kann an. Die in der Norm beschriebenen Merkmale der Versorgungsspannung sind jedoch nicht dafür vorgesehen als Grenzwerte für die Aussendung von leitungsgeführten Störgrößen in öffentliche Energieversorgungsnetze verwendet zu werden.

Die Zusammenfassende Darstellung der aufgezeichneten Messwerte der Parameter der Versorgungsqualität, sowie der Einfluss der Einspeisung der Anlagen auf diese Parameter in wird folgendermaßen gegliedert:

- Ereignisse (z.B. Spannungseinbruch, Überspannung, ...)
- Effektivwert der Spannung
- Oberschwingungen
- Flicker
- Unsymmetrie

Ereignisse

An den verschiedenen Standorten wurden während der Messungen Ereignisse, meist in Form von Spannungseinbrüchen oder auch Langzeitunterbrechungen, erfasst. Bis auf die Messung an der Lärmschutzwand in Gleisdorf, wurden diese Ereignisse jedoch durch Fehler oder Schalthandlungen im vorgelagerten Netz verursacht und nicht durch die einspeisende Anlagen.

In Gleisdorf wurden in der ersten Woche der Messung über 1000 Spannungsereignisse aufgezeichnet (Spannungseinbrüche und Überspannungen). Nach Gesprächen mit dem Netzbetreiber konnte als Ursache eine zu restriktive Einstellung des Entkupplungsschutzes ermittelt werden. Dadurch kam es zu periodischen Abschaltungen der Anlage.

Um dieses Problem zu beheben, wurde die Einstellung des Entkupplungsschutzes geändert. Durch diese Maßnahme traten anschließend deutlich weniger Ereignisse auf. Die Ereignisse nach Anpassung der Schutzeinstellungen wurden durch das vorgelagerte Netz verursacht.

Dieser Fall zeigt auch die Bedeutung der richtigen Abstimmung der Schutzeinrichtungen der dezentralen Energieerzeugungsanlagen für die Versorgungsqualität am Standort der Anlagen.

Effektivwert der Spannung

Die Spannung lag vor allem im Niederspannungsnetz an den meisten Standorte über der Nennspannung. Die Werte lagen aber dennoch, auch innerhalb der Anlagen, eindeutig innerhalb des Bereiches $U_N \pm 10\%$ (EN 50160 muss vom Netzbetreiber am Verknüpfungspunkt gewährleistet werden nicht aber innerhalb einer Kundenanlage).

Die nach TOR D2 zulässigen Spannungsanhebungen (2% im Mittelspannungsnetz und 3% im Niederspannungsnetz) wurden erwartungsgemäß an keinem der Standorte überschritten. Die Spannungsanhebung ist jener Parameter der Versorgungsqualität der bei der Anschlussbeurteilung entscheidend ist. Wird bei der Anschlussbeurteilung eine Überschreitung erwartet, müssen Maßnahmen zur Einhaltung der Grenzen gesetzt werden.

Aus den Messwerten wurde die tatsächliche Spannungsanhebung aufgrund der Einspeisung der Anlagen errechnet. Bei einzelnen Anlagen lag die tatsächliche Spannungsanhebung deutlich unter den aus den Netz und Anlagedaten errechneten Werten. Die Ursache liegt vor allem im gleichzeitigen Betrieb von Verbrauchern an den Anschlusspunkten. Für die Berechnung der Spannungsanhebung bei der Anschlussbeurteilung durch den Netzbetreiber werden „worst case“ Annahmen getroffen (d.h. minimale Last und maximale Erzeugung), die in der Praxis oft nur selten auftreten.

Bei den dezentralen Anlagen mit dargebotsabhängigen Primärenergieträgern (Photovoltaik und Wind) erfolgte zu Abschätzung des Einflusses von Leistungsschwankungen aufgrund der Dargebotsabhängigkeit auf Schwankungen der Spannung an den Messstellen. Dazu wurden jeweils die Änderungen von einem auf den nächsten 10min-Mittelwert gegenübergestellt. Die Analysen zeigen, dass ein Grossteil der Änderungen in einem im Vergleich zur Nennleistung der Anlagen kleinen Leistungsbereich liegen.

Es konnte zumeist kein direkter Zusammenhang zwischen der Höhe der Spannungsänderungen und der Höhe der Änderungen der eingespeisten Leistung erkannt werden. Die Schwankungen der Spannungseffektivwerte werden vorwiegend durch Laständerungen im vorgelagerten Netz verursacht.

Oberschwingungen

Der Oberschwingungspegel der Spannung an den erfassten Anlagen kann generell als gering bezeichnet werden. Die Verläufe des Pegels der Total Harmonic Distortion der Spannung (THDU-Pegel) im Netz zeigen einen deutlichen Zusammenhang mit dem Betrieb der Unterhaltungselektronik in den späten Abendstunden. Durch die Verwendung von Zweiweggleichrichtern in den Netzteilen dieser Verbraucher erhöht sich der THDU-Pegel im Netz zu diesen Zeiten.

Im Allgemeinen wurde aber bei den Messungen kein signifikanter Einfluss der dezentralen Erzeugungsanlagen auf den Harmonischenpegel der Spannung beobachtet.

Auch bei der Einspeisung von PV-Wechselrichtern konnte kein Einfluss der Anlagen auf den Harmonischenpegel im Netz erkannt werden. Bei den zwei Windkraftanlagen mit doppelt gespeisten Asynchrongeneratoren (M9, M10) wurde mit steigender Einspeiseleistung ebenfalls kein Einfluss auf den Harmonischenpegel beobachtet. Wenn sich die Windparks im Leerlauf, d.h. als Verbraucher (Versorgung der Steuerungs- und Regelungskomponenten) am Netz befanden, kam es zu einem leichten Anstieg des Harmonischenpegels, welcher jedoch auch in diesem Fall auf einem niedrigen Niveau blieb. Die Ursache liegt darin, dass der leer laufende Windpark einen Strom mit höherem Oberschwingungsanteil bezieht als er im Fall einer Erzeugung einspeist.

Es konnte somit durch die Messungen bestätigt werden, dass Wechselrichter und Umrichter bei dezentralen Energieerzeugungsanlagen, die dem Stand der Technik entsprechen, keinen negativen Einfluss auf den THDU-Pegel haben.

Flicker

Der nach EN 50160 zulässige Langzeitflickerpegel von $P_{fl}=1$ nur in Einzelfällen überschritten. Meist stand dies im Zusammenhang mit Ereignissen im Netz (Spannungseinbrüche) die zu einer kurzzeitigen Erhöhung des Flickerpegels führten oder mit Verbraucheranlagen im Netz (in einem Fall ein Stahl verarbeitender Betrieb).

Der Einfluss der Erzeugungsanlagen auf den Flickerpegel ist im Allgemeinen sehr gering. Lediglich bei der PV-Anlage in Gleisdorf kam es durch einen schlecht eingestellten Hauptschutz zu einem erhöhten Flickerpegel (siehe oben).

Mit der Neufassung der Norm IEC 61000-4-30 würde es in diesem Fall zu keiner Erhöhung des Flickerpegels kommen, da das dort festgelegte „Markierungskonzept“ (flagging) vermeidet, dass ein einzelnes Ereignis mehrfach in unterschiedlichen Größen berücksichtigt wird.

In Gleisdorf kam es durch die Charakteristik der Netzimpedanzüberwachung des Wechselrichters zu einem leichten Anstieg des Flickerpegels bei steigender Einspeisung. Der Flickerpegel blieb aber weit unterhalb des Wertes von $P_{fl}=1$.

Bei der stallgeregelten Windkraftanlage mit direkt gekoppeltem Asynchrongenerator (M8) konnte nur ein leichter Anstieg des Flickerpegels im oberen Leistungsbereich der Anlage erfasst werden. Dies kann die vielfach in der Literatur dargestellten Probleme mit signifikant erhöhten Flickerpegeln bei derartigen Anlagen nicht bestätigen.

Bei der Vollumrichter gespeisten Windkraftanlage mit Synchrongenerator (M10) kam es ebenfalls im oberen Leistungsbereich zu einer leichten Erhöhung des Flickerpegels. Der Pegel bleibt jedoch auch an der Niederspannungsseite des Einspeisetrafos (Messstelle) in einem unkritischen Bereich und wird durch den dazwischen liegenden Transformator auf der Mittelspannungsebene noch niedriger sein. Nach Rückfrage beim Hersteller der Windkraftanlagen konnte keine Ursache für den leichten Anstieg des Flickerpegels ermittelt werden. Dem Anlagenhersteller sind keine Probleme mit den Anlagen in Bezug auf den Flicker bekannt und daher wurden keine Untersuchungen in diese Richtung gemacht.

Bei allen anderen betrachteten Anlagen konnte kein Einfluss des Einspeisers auf den Flickerpegel beobachtet werden.

Unsymmetrie

Der Wert für die Unsymmetrie der Spannung liegt bei allen Messungen ca. um den Faktor 10 unter dem nach EN 50160 zulässigen 2%. Auch bei zum Teil unsymmetrischer Einspeisung der Anlagen kam es in keinem Fall zu einer signifikanten Erhöhung der Spannungsunsymmetrie.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es bis auf die mit der Einspeisung verbundene Spannungsanhebung im Allgemeinen zu keinem signifikanten negativen Einfluss der dezentralen Erzeugungsanlagen auf die Parameter der Versorgungsqualität kommt.

Für eine höhere Dichte an dezentrale Energieerzeugungsanlagen stellt somit die Spannungsanhebung die entscheidende technische Barriere dar. Es ist daher nötig, mit innovativen Lösungen die Anlagen aktiv in die Spannungsregelung zu integrieren oder konservativ die Kurzschlussleistung im Verknüpfungspunkt durch einen Netzausbau zu erhöhen. Dieser Netzausbau ist bei den derzeitigen Rahmenbedingungen in Österreich durch den Anlagenbetreiber abzugelten. Dadurch ist an vielen Standorten einen Anschluss der gewünschten Leistung aus wirtschaftlichen Gründen nicht ermöglicht.

2.4. Arbeitspaket 3: Simulation und Netzwerkanalyse

Im Rahmen des Arbeitspakets 3 war eine genaue Analyse der typischen Netzstrukturen bei dezentralen Erzeugungsanlagen mit Hilfe so genannter Netzsimulationen vorgesehen.

Dieses Arbeitspaket gestaltete sich im Rahmen des Projektes EE+PQ als besonders schwierig. Dafür gibt es im Wesentlichen zwei Gründe:

- Für eine Simulation des Einflusses der dezentralen Energieerzeuger auf die Parameter der Versorgungsqualität an den erfassten Standorten ist es notwendig die genauen Parameter der Generatoren zu kennen. Diese Daten gehen weit über die am Leistungsschild angegebenen Daten hinaus. Diese zusätzlichen Parameter (z.B. Kurzschlussströme, Flickerbeiwerte, Emissionspegel von Harmonischen...) sind bei den Herstellern der Anlagen zum Teil nur mit hohem Zeitaufwand erhältlich, da sie im Allgemeinen nicht nachgefragt und benötigt werden. Als Beispiel sei angeführt, dass für die Ermittlung des Kurzschlussstromes eines Asynchrongenerators in einem Falle 3 Telefonate, 2 Anfragen per E-Mail und ein Zeitraum von 4 Wochen für die Übermittlung der Daten notwendig waren.
- Wie die Messkampagne im Rahmen des Arbeitspaketes 2 zeigt, ist der Einfluss von dezentralen Erzeugungseinrichtungen auf die Parameter der Versorgungsqualität im Allgemeinen sehr gering. Lediglich die Spannungsanhebung ist hier als technische Barriere für den Anschluss der Anlagen hervorgegangen.

Der weit über den Erwartungen liegende Zeit- und auch Arbeitsaufwand für die Validierung der Messdaten, die einen geringen Einfluss der Anlagen auf die Versorgungsqualität zeigen, mit Simulationen wurde als nicht sinnvoll erachtet.

Daher wurden die Simulationen in Arbeitspaket 3 auf den Parameter der Spannungshöhe und die Funktionsweise eines innovativen Konzepts zur Verbesserung der Versorgungsqualität für einen Allgemeinen Fall beschränkt. Weiters wurde eine zusätzliche theoretische Untersuchung der Wirkung verschiedener Konzepte zur Verbesserung von Versorgungsqualität im Rahmen des Arbeitspaketes vorgenommen. Darüber hinaus wurden zur Untermauerung der Ergebnisse im Rahmen der Messkampagne zusätzliche Messungen im Rahmen von Arbeitspaket 2 durchgeführt.

Die Simulationen zeigen, dass es bei entsprechend hoher Dichte an dezentralen Erzeugern zu einer unzulässigen Spannungsanhebung aufgrund der Einspeisung kommt. Als Gegenmaßnahme wurde ein aktiver Filter MARS (Mains Active Restoring System) des Projektpartners VA Tech ELIN EBG Elektronik in die Simulation integriert. Es konnte gezeigt werden, dass die Spannungsanhebung im Verknüpfungspunkt der Anlage mit dem Netz auf den Wert Null reduziert werden konnte.

Die detaillierten Angaben zu den Simulationen Simulationsergebnisse sowie der theoretischen Untersuchung verschiedener Konzepte zur Verbesserung der Versorgungsqualität sind Deliverable 3 „Konzepte zur Verbesserung der Versorgungsqualität und Simulation des Einflusses von dezentralen Energieerzeugern auf die Parameter der Versorgungsqualität“ zu finden.

2.5.Arbeitspaket 4: Experimentelle Validierung eines Konzeptes zur Verbesserung der Versorgungsqualität

Ziel von Arbeitspaket 4 des Projekts EE+PQ war es, die Funktionsfähigkeit eines ausgewählten Konzeptes zur Verbesserung der Versorgungsqualität mit Hilfe dezentraler Erzeugungsanlagen anhand praktischer Messungen an Anlagen zu demonstrieren.

Am Standort Tauernwindpark Oberzeiring in der Steiermark ist ein derartiges innovatives Konzept im Einsatz. Dort war es aufgrund spezieller Standortbedingungen erforderlich, zusätzliche Maßnahmen zur Gewährleistung der Versorgungsqualität zu treffen.

Gewählt wurde das Produkt „MARS“ (Mains Active Restoring System) des Projektpartners VA Tech ELIN EBG Elektronik.

Im Rahmen des Arbeitspaketes wurde der Standort Tauernwindpark in Oberzeiring messtechnisch erfasst. Über einen Zeitraum von 7 Wochen wurden die Parameter der Versorgungsqualität und der Einfluss des Einspeisers und des MARS evaluiert (durch Abschaltung des Gerätes).

Während des Messzeitraumes konnte, bis auf die Spannungsanhebung, kein signifikanter Einfluss der einspeisenden Windkraftanlage auf die Parameter der Versorgungsqualität erfasst werden. Für die Spannungsanhebung errechnet sich aus den Messwerten ein maximaler Wert am Standort Tauernwindpark von ca. 4%. Aufgrund der langen Anschlussleitung und des Einsatzes eines Spartransformators vor dem Verknüpfungspunkt wird aber die Spannungsanhebung im UW Teufenbach deutlich darunter liegen.

Erst im Laufe der Messung konnte durch Gespräche mit allen an der Projektierung der Netzanbindung beteiligten Akteuren der eigentliche Hintergrund des Einsatzes des MARS ermittelt werden. Es wurde aufgrund der Anlagenprüfberichte von Seiten des Netzbetreibers befürchtet, dass es durch Zwischenharmonische möglicherweise zur Beeinflussung der Tonfrequenz-Rundsteuerung kommen kann. Bei der Planung des Netzanschlusses wurde auf die Befürchtungen des Netzbetreibers Rücksicht genommen und ein MARS eingesetzt. Es wurde jedoch das MARS spezifisch auf diese Funktion ausgelegt und daher nur eine kleine Einheit eingesetzt.

Aus diesem Grund und dem geringen Einfluss der Windkraftanlage auf die Parameter der Versorgungsqualität konnte kein signifikanter Einfluss des MARS auf die Verbesserung der übrigen Parameter der Spannungsqualität ermittelt werden.

Die Zwischenharmonischen aufgrund derer eigentlich das MARS eingesetzt ist, wurden in der Messprozedur nicht explizit erfasst. Der Hintergrund liegt darin, dass für die Definition der Messprozedur primär die Parameter der EN 50160 herangezogen wurden und in dieser aufgrund der Ermangelung von gesicherten Erfahrungswerten mit Zwischenharmonische keine Grenzwerte festgelegt wurden (sind in Beratung). Eine nachträgliche Messung des Einflusses des MARS auf die Zwischenharmonischen wurde nicht durchgeführt, da davon ausgegangen wird, dass das MARS diese Funktion erfüllt.

Aufgrund des Allgemein geringen Einflusses dieser und auch der anderen dezentralen Energieerzeugungseinheiten wurde auf eine detaillierte Simulation des Standortes verzichtet.

Die umfassende Analyse des Standortes Tauernwindpark und Angaben zum MARS sind im Deliverable „Experimentelle Validierung eines Konzeptes zur Verbesserung der Versorgungsqualität“ zu finden.

2.6. Arbeitspaket 5: Verwertung und Verbreitung

Zentrales Element dieses Arbeitspakets war die Verbreitung und Diskussion der Ergebnisse aus den Arbeitspaketen 1-4 mit Experten aus den betroffenen Gruppen aus Betreibern von dezentralen Kraftwerken, Netzbetreibern und universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen.

Basierend auf diesen Diskussionen werden in weiterer Folge auch Empfehlungen und ergänzende Vorschläge erarbeitet, die in zukünftige Rahmenbedingungen für die Einbindung von dezentralen Erzeugungsanlagen einfließen sollen.

Im Rahmen einer Feasibility Studie – „**Hindernisse und Chancen bei der aktiven Erbringung von Netzdienstleistungen durch dezentrale** Erzeugungsanlagen basierend auf erneuerbaren Energieträgern“ – werden die Ergebnisse des Projekts dann im Detail – fokussiert auf folgende Fragestellungen – zusammengefasst:

Welche Netzdienstleistungen (Spannungsregelung, Lieferung von Blindleistung, Kompensation von Oberschwingungen, Flicker, Spannungseinbrüchen,...) in welchem Ausmaß können in der Praxis durch dezentrale Anlagen erbracht werden?

- Wie beeinflussen die momentanen technischen, ökonomischen, organisatorischen und regulatorischen Rahmenbedingungen den Einsatz von integrierten Einrichtungen zur aktiven Verbesserung der bei DG?
- Wo bestehen im Besonderen Barrieren technischer, ökonomischer und rechtlicher Natur?
- Welches Marktpotential besteht für integrierte Einrichtungen zur Verbesserung von Spannungs- und Versorgungsqualität bei dezentralen Anlagen?
- Wo liegen zukünftige Anwendungsgebiete und wie können Szenarien für einen zukünftigen breiten Einsatz integrierter Systeme zur Verbesserung von Versorgungs- und Spannungsqualität aussehen?
- Welche technischen, ökonomischen, rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen sind notwendig, um die attraktive Mehrfachnutzung dezentraler Anlagen zu forcieren?

In nachfolgender Zusammenfassung sind die zentralen Erkenntnisse der Feasibility Studie kurz dargestellt.

- Derzeit spielen dezentrale Energieerzeuger fast keine direkte Rolle in Hinsicht der Erbringung von Netzdienstleistungen.
- Die Diskussionen mit Experten ergaben als größtes Potential für die Erbringung Dienstleistungen durch dezentrale Erzeugungsanlagen die Bereitstellung von Blindleistung bzw. Spannungsregelung.
- Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit dezentraler Energieerzeugungsanlagen wurden als kritische technische Herausforderungen erkannt. Dementsprechend können diese Faktoren ein Hindernis für eine breite Akzeptanz darstellen.
- Im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte wurde die Möglichkeit einer Verbesserung der Versorgungsqualität (z.B. Spannungsregelung, Kompensation von Spannungseinbrüchen und Harmonischen) technisch demonstriert.
- Mit der zunehmenden Integration dezentraler Energieerzeugung in europäischen Verteilnetzen sind in einigen Ländern bereits Initiativen in Richtung der Erbringung von Netzdienstleistungen durch dezentrale Erzeugungsanlagen entstanden. Beispiel dafür ist die Blindleistungsbereitstellung und Kompensation von Spannungseinbrüchen wie sie in Spanien umgesetzt wurden.

- Beim Einfluss der technischen Rahmenbedingungen werden die Fortschritte im Bereich Leistungselektronik eine wichtige Rolle spielen, da sie neue Möglichkeiten und entsprechende Flexibilität bieten. Insbesondere sind Verbesserungen in der Zuverlässigkeit, Effizienz, Modularität aber auch bei den Kosten der Bauteile zu erwarten. Da die Koordination zwischen Einheiten die Netzdienstleistungen erbringen eine sehr wichtige Rolle spielt, werden die Fortschritte die im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologien erzielt werden mit entscheidend sein.
- Technische Gegebenheiten haben auch einen wesentlichen Einfluss auf wirtschaftliche Aspekte. Das Fehlen adäquater organisatorischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen ist die breite Durchsetzung dieser technischen Möglichkeiten eine große Barriere.
- In den europäischen Rahmenbedingungen für dezentrale Energieerzeuger wird teilweise ein Beitrag zur Erbringung von Netzdienstleistung ermöglicht, aber Aufgrund unklarer Regeln und Anforderungen ist dieser nur schwer umzusetzen.
- Die Kosten, die mit schlechterer Versorgungsqualität verbunden sind können nicht vernachlässigt werden: der Wert von 10 Milliarden Euro für die europäische Industrie und den europäischen Handel wurde in mehreren Studien erwähnt. Durch die verbreitete Anwendung empfindlicher elektronischer Einrichtungen ist eine Steigerung dieser Kosten zu erwarten.
- Auf der anderen Seite werden die Kosten integrierter Einrichtungen zur Verbesserung der Versorgungsqualität stark von der Entwicklung der Preise für die Leistungselektronik beeinflusst. Eine Halbierung der Leistungselektronikpreisen wird seitens Wechselrichterhersteller bis 2010 prognostiziert.
- Bei der Diskussion über das Marktpotential integrierter Einrichtungen zur Verbesserung der Versorgungsqualität wurde das Verbesserungspotential der Leistungselektronik in Hinsicht auf Preise, Effizienz, Funktionsfähigkeit betont.
- Während eigenständige Einrichtungen zur Verbesserung der Versorgungsqualität noch nicht wirklich einen großen Markt gefunden haben, gibt es ein Potential für die Verbreitung von Zusatznutzung für dezentrale Energieerzeuger. Ein Zeichen dafür, ist die Entscheidung mehrerer Wechselrichterhersteller, Entwicklungen in diese Richtung zu forcieren.
- Die wichtigste Voraussetzung für die Erbringung von Netzdienstleistungen durch dezentrale Energieerzeugung ist die Verfügbarkeit adäquater organisatorischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen.
- Die Notwendigkeit von Anreizen für Verteilnetzbetreiber wurde in diesem Kontext erkannt.
- Um bei innovativen Technologien (z.B. Spannungsregelung mit dezentralen Erzeugern) das zum Teil fehlende Vertrauen der Netzbetreiber zu gewinnen, ist es notwendig, deren Funktionalität unter Realbedingungen zu demonstrieren. Damit kann eine mögliche Barriere für eine Verbreitung von innovativen Konzepten abgebaut werden.

Die detaillierte Behandlung der oben angeführten Fragestellungen sind in der Feasibility Studie „Hindernisse und Chancen bei der aktiven Erbringung von Netzdienstleistungen durch dezentrale Erzeugungsanlagen basierend auf erneuerbaren Energieträgern“ zu finden.

3. Zielerreichungen

3.1. Ziele des Projektes

Die Ziele des Projektes EE+PQ wurden in Form von vier zentralen Fragestellungen definiert. Die Fragestellungen und inwieweit diese im Rahmen des Projektes beantwortet werden konnten sind in Folge dargestellt:

- Welche Auswirkungen (Fallstudien) haben Technologie und Dichte dezentraler Erzeugung auf das Verteilnetz?

Die Frage der Auswirkungen von Technologie und Dichte an dezentraler Erzeugung konnte mit der internationalen Recherche (Arbeitspunkt 1.1) und der umfangreichen Analyse der Auswirkungen von dezentralen Energieerzeugern auf die Parameter der Versorgungsqualität an 11 verschiedenen repräsentativen Standorten (Arbeitspaket 2) detailliert beantwortet werden.

- Welche Konzepte und technische Lösungen zur Verbesserung der Versorgungsqualität sind heute verfügbar und wie geeignet sind sie für die Anwendung in dezentral versorgten Netzen?

Im Rahmen des Projektes wurden unterschiedliche Lösungen zur Verbesserung der Versorgungsqualität aufgezeigt. Die klassischen FACTS-Geräte sind primär für den Betrieb im Übertragungsnetz entwickelt worden. Spezielle Entwicklungen von Konzepten für dezentrale Energieerzeugungsanlagen in Verteilnetzen wurden in der Machbarkeitsstudie anhand der Entwicklung von Prototypen und im realen Betrieb bei der Messung am Standort Tauernwindpark gezeigt.

- Welches Potential besteht für die Lieferung nichtenergetischer Netzdienstleistungen durch dezentrale Stromerzeugungsanlagen?

Dieser Aspekt wurde in der Machbarkeitsstudie behandelt. Aufgrund der Allgemein guten Versorgungsqualität im Verteilnetz und den fehlenden Rahmenbedingung für die finanzielle Abgeltung der Lieferung von nichtenergetischen Netzdienstleistungen ist das Potential für die Lieferung dieser Dienstleistung schwer abzuschätzen. Ein besonderes Zeichen für das zukünftige Potential der Lieferung von Netzdienstleistungen, ist die Entscheidung mehrerer Wechselrichterherstellern Entwicklungen in diese Richtung zu forcieren.

- Wie können Anreize für eine aktive Verbesserung der Versorgungsqualität durch dezentrale Anlagen geschaffen werden?

Die wichtigste Voraussetzung für die Erbringung von Netzdienstleistungen durch dezentrale Energieerzeugung ist die Verfügbarkeit adäquate organisatorischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen (siehe Machbarkeitsstudie).

3.2. Ziele der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“

Nachfolgend wird dargestellt inwieweit das Projekt EE+PQ zu den Leitprinzipien der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ beitragen konnte.

Die effiziente und multifunktionale Nutzung dezentraler Erzeugungsanlagen wird in Zukunft immer mehr im Mittelpunkt stehen. Das EE+PQ Projekt konnte dabei einen wichtigen Beitrag zur Sicherung und Förderung österreichischen Know-hows liefern.

Durch die Ausrichtung des Projekts und den Realitätsbezogenen Demonstrationscharakter sind die gewonnenen Erkenntnisse von großer Relevanz für die praktische Umsetzung der Integration von dezentralen Energieerzeugern in bestehende Verteilnetze. Die Einbindung eines führenden österreichischen Industriepartners und eines Netzbetreibers mit

Erfahrungen in Fragestellungen einer hohen Dichte an dezentraler Energieerzeugung in das Projektteam garantierte ebenfalls für die hohe Qualität und die Anwendungsorientierung der Forschungsergebnisse.

Der gesicherte weitere Ausbau von dezentralen Erzeugungsanlagen basierend auf erneuerbaren Ressourcen, bei gleichzeitig steigender Versorgungsqualität, schafft die Voraussetzungen für die Sicherung der österreichischen Vorreiterrolle im Bereich der ökologischen Energieversorgung. Die dafür notwendige ständige Weiterentwicklung der Anlagen wiederum trägt entscheidend zur Stärkung von Österreichs Entwicklungs- und Forschungskompetenz in der Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern bei.

Ausgehend von den derzeitigen Rahmenbedingungen bieten die Projektergebnisse Grundlagen für über die reine Lieferung elektrischer Energie hinausgehender Dienstleistungen, die neue Potentiale für die Nutzung erneuerbarer Energiequellen und österreichische Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten erschließen.

Im Detail konnte das Projekt EE+PQ folgende Beiträge zu den sieben Leitprinzipien der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ liefern:

- Prinzip der Dienstleistungs-, Service- und Nutzenorientierung

Nichtenergetische Netzdienstleistungen sind von zentraler Bedeutung zur Gewährleistung der Stabilität, Zuverlässigkeit und Versorgungsqualität in Stromversorgungsnetzen. Im Rahmen des Projektes konnte gezeigt werden, dass diese Dienstleistungen bei geeigneten Rahmenbedingungen auch von dezentralen Anlagen geliefert werden können.

Die damit erreichbare aktive Verbesserung der Versorgungsqualität kommt allen Stromkunden, vor allem aber Nutzern sensibler Einrichtungen in Industrie und Informationstechnik zu gute. Im Projekt EE+PQ konnte jedoch auch gezeigt werden, dass die Versorgungsqualität in Österreich auch an Standorten mit hoher Dichte an dezentraler Energieerzeugung auf einem sehr hohen Niveau ist.

- Nutzung erneuerbarer Ressourcen

Dezentrale Stromerzeugung in kleinen Einheiten bedeutet vor allem Nutzung erneuerbarer Energieträger. Wind, Wasser, Biomasse und Sonne sind die prädestinierten Ressourcen für dezentral erzeugte elektrische Energie. Die optimale Integration und den fortschreitenden Ausbau dezentraler Energieerzeuger konnte das Projekt durch das Aufzeigen des im Allgemeinen geringen negativen Einflusses auf die Parameter der Versorgungsqualität und die technischen Möglichkeiten zur aktiven Verbesserung der Versorgungsqualität unterstützen.

- Effizienzprinzip

Dezentrale Stromerzeugung direkt am Ort des Verbrauchs kann wesentlich dazu beitragen, die Stromversorgungsnetze zu entlasten und deren Effizienz zu steigern. Zusätzlich verringert eine verbesserte Spannungsqualität Energieverluste im Netz, die z.B. durch große Blindleistungsflüsse und hohen Oberschwingungsgehalt verursacht werden und hilft damit Betriebsmittel zu entlasten und vorhandene Kapazitäten effizienter zu nutzen.

- Flexibilität und Anpassungsfähigkeit

Im Projekt EE+PQ konnten flexible Systeme und Konzepte dargestellt werden, die universell in dezentralen Erzeugungsanlagen eingesetzt werden können. Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Netzstrukturen und Erzeugungstechnologien bilden dabei zentrale Punkte im Anforderungskatalog an diese Konzepte.

- Fehlertoleranz und Risikovorsorge

Durch Stromerzeugung in dezentralen Anlagen kann die Zuverlässigkeit und Fehlertoleranz der Versorgung mit elektrischer Energie gesteigert werden. Das Netz wird weniger sensibel gegenüber Ausfällen zentraler Großkraftwerke, Leitungsausfälle können bei vorhandenen dezentralen Erzeugungskapazitäten besser verkraftet werden, die Ausfallwahrscheinlichkeit wird reduziert.

– Sicherung von Arbeit, Einkommen und Lebensqualität

Dezentrale Stromerzeugung, basierend auf lokal verfügbaren erneuerbaren Ressourcen trägt zur langfristigen Sicherung von regionaler Wertschöpfung und Einkommen bei. Durch die Senkung der Emissionen an Schadstoffen und Treibhausgasen wird die Lebensqualität in der Region nachhaltig verbessert.

Ein weiterer forcierter Ausbau von Ökostromanlagen und der damit verbundene Umbau des Stromversorgungssystems hin zu dezentralen Einheiten erfordert ständige Forschung und Weiterentwicklung. Österreichs führende Rolle in diesem Bereich kann damit gesichert und hoch qualifizierte Arbeitsplätze geschaffen werden.

3.3. Einbeziehung der Zielgruppen

Durch die Zusammensetzung des Projektteams mit Partnern aus Industrie, Betreibern von ökologischen Stromerzeugungsanlagen und Netzunternahmen sowie außeruniversitärer Forschung, waren bereits von Beginn an Vertreter aus den wichtigsten Gruppen in das Projekt eingebunden. Damit war bereits von Beginn an sichergestellt, dass die unterschiedlichen Anforderungen und Vorstellungen der einzelnen Akteure optimal berücksichtigt und zusammengeführt werden können.

Durch die Tätigkeiten im Projekt EE+PQ und die Projektergebnisse war es möglich die Basis für eine noch breitere Kooperation mit Netzbetreiber, den wesentlichen Akteuren bei der Einbindung von dezentralen Energieerzeugern in bestehende Verteilnetze, aufzubauen. Dies zeigt sich auch in der erfolgreichen Einreichung eines Folgeprojektes im Rahmen der Energiesysteme der Zukunft mit der Beteiligung von drei großen österreichischen Netzbetreibern und Partnern aus der universitären Forschung.

Gemeinsam werden somit Grundlagen für einen weiteren erfolgreichen Ausbau dezentraler Stromerzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Ressourcen geschaffen, bei gleichzeitiger Steigerung von Effizienz und Qualität der Versorgung mit elektrischer Energie.

3.4. Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen und Verwertung der Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes EE+PQ konnte als ein wesentliches Ergebnis aufgezeigt werden, dass für eine höhere Dichte an dezentrale Energieerzeugungsanlagen die Spannungsanhebung durch die Leistungseinspeisung im Verteilnetz die entscheidende technische Barriere darstellt. Es ist daher nötig, mit innovativen Lösungen die Anlagen aktiv in die Spannungsregelung zu integrieren oder konservativ die Kurzschlussleistung im Verknüpfungspunkt durch einen Netzausbau zu erhöhen. Dieser Netzausbau ist bei den derzeitigen Rahmenbedingungen in Österreich durch den Anlagenbetreiber abzugelten. Dadurch ist an vielen Standorten ein Anschluss der gewünschten Leistung aus wirtschaftlichen Gründen nicht ermöglicht.

Der innovative Ansatz eines Beitrags dezentraler Energieerzeugungsanlagen zur Spannungsregelung ist nur möglich wenn Netzbetreibern gezeigt werden kann, welche konkreten Möglichkeiten es dazu gibt. Zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit muss natürlich auch garantiert werden kann, dass diese Lösungen funktionieren. Aus diesem Grund wurde unter der Leitung des EE+PQ Projektleiters im Rahmen der zweiten Ausschreibung ein weiterführendes Projekt beantragt, welches auch genehmigt wurde. Dieses Projekt wird im Rahmen des nächsten Kapitels kurz vorgestellt.

Mit der Erstellung diese Endberichtes (Stand: März 2006) wurden und werden die Ergebnisse des Projektes EE+PQ in folgender Form verwertet:

Verwertung der Projektergebnisse des Projektes EE+PQ (Stand März 2006)			
in Form von...	unter dem Titel...	im Rahmen	Datum
Folgeprojekt	DG DemoNetz-Konzept	Energiesysteme der Zukunft	Start 03/2006
Vortrag bei Konferenz	Improvement of Power Quality and Capability of Connecting Distributed Generation in Distribution Networks by Power- and Demand Side Management	European Conference and Cooperation Exchange on Sustainable Energy Systems for Buildings and Regions	06.10.2005
Vortrag bei Workshop	Verbesserung der Versorgungsqualität in Netzen mit dezentraler Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energieträgern (EE+PQ)	power.quality@dg.at Workshop EU-Projekt DG-FACTS	28.09.2005
Zeitschriftenartikel	Zusammenspiel zwischen PV-Anlagen und Stromnetzen: Power Quality untersuchungen	Fachzeitschrift "Erneuerbare Energien"	Ausgabe 02/2005
Vortrag bei Konferenz	Case studies on the impact of distributed generation on power quality – Assessment results and experiences in Austria	Distributed Generation Barcelona	17. bis 19.05 2006
Vortrag bei Konferenz	Wird noch definiert	1. Österreichisches Symposium für verteilte Stromerzeugung	18. und 19.10.2006

Tabelle 2: Verwertung der Projektergebnisse

Natürlich gibt es von Seiten des Projektteams das Bestreben die Projektergebnisse auch darüber hinaus noch zu verwerten.

4. Ausblick

Auf Basis des Projektes EE+PQ, aber auch der Ergebnisse anderer Projekte im Rahmen der Programmlinie Energiesysteme der Zukunft, entstand das Nachfolgeprojekt mit dem Titel **DG DemoNetz-Konzept**. Dieses Projekt wurde im Rahmen der 2. Ausschreibung der Programmlinie eingereicht und auch positiv evaluiert.

In Abbildung 10 ist die Abfolge der zur Umsetzung eines Demonstrationsbetriebes vorgesehenen Projekte im Rahmen der Ausschreibungen der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ dargestellt. Durch diese Projektkette und die Zusammensetzung der Projektkonsortien kann eine optimale Umsetzung eines Modellsystems mit netzintegrierten dezentralen Energieerzeugungseinheiten ermöglicht werden.

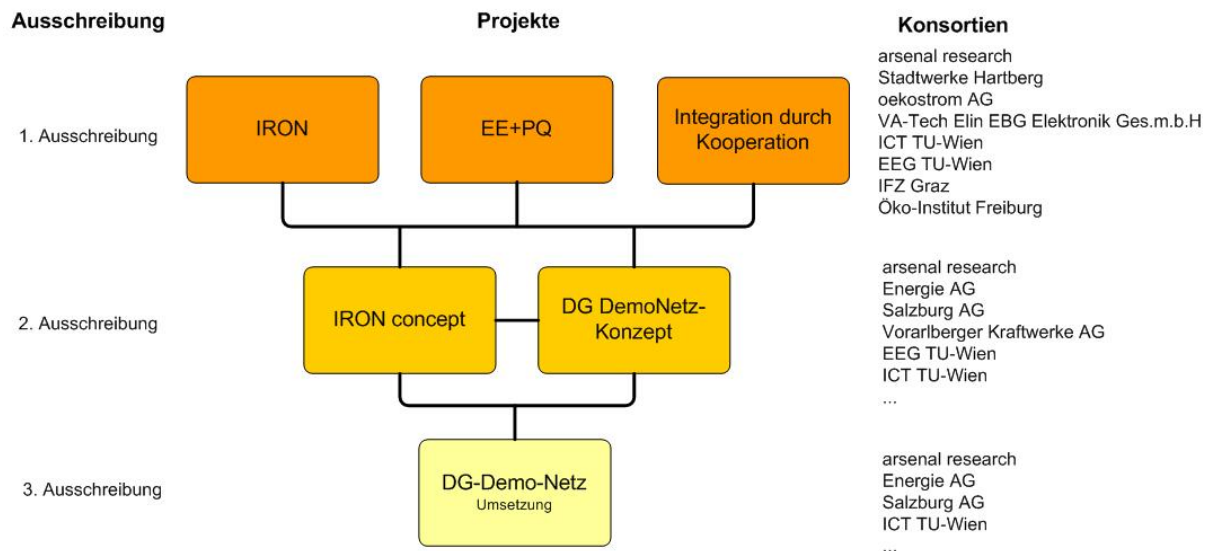


Abbildung 10: Projektkette im Rahmen von Energiesysteme der Zukunft

Das Kick-Off-Meeting des Projektes fand am 20. und 21. März 2006 in Wien statt.

Die Hauptziele des Projektes **DG DemoNetz-Konzept** sind:

- i.) für Österreich typische und repräsentative Netzabschnitte (Netztopologie, Erzeugungs- und Verbrauchsstruktur) für die praktische Umsetzung von Demonstrationsnetzen mit hoher Dichte an dezentraler Einspeisung auszuwählen (Umsetzung im Rahmen einer der nächsten Ausschreibungen von „Energiesysteme der Zukunft“ geplant) und
- ii.) in diesen Netzabschnitten im Niederspannungs- bzw. Mittelspannungsnetz, die Möglichkeit der Implementierung verschiedener erarbeiteter Modellsysteme für einen aktiven Verteilnetzbetrieb mit hoher Dichte an dezentraler Energieerzeugung (Stufenmodell „DG Integration“) zu untersuchen und die technische, organisatorische und wirtschaftliche Umsetzung zu projektieren.

Bei Projektabschluss liegen folgende Detailergebnisse vor:

- Umfassende Dokumentation internationaler Demoprojekte und relevanter Forschungsprojekte in einer Projektdatenbank und Zusammenfassung der bisherigen Erfahrungen der Netzbetreiber bei der Einbindung von dezentralen Stromeinspeisern in das Netz

- Analyse und Bewertung der Projekte aus der Datenbank und der Erfahrungen der Netzbetreiber; Daraus abgeleitete Modellsysteme für einen aktiven Verteilnetzbetrieb, dargestellt in einem Stufenmodell „DG - Integration“ mit steigender Komplexität der Systeme
- Technische, organisatorische und wirtschaftliche Umsetzungskonzepte für die Implementierung; Zusammenfassung der Umsetzungskonzepte in einem allgemeinen Leitfaden (für alle Österreich relevanten Akteure von Interesse) und projektspezifischen Anforderungskatalog für Netzabschnitte und betroffene Akteure
- Rangliste von Netzabschnitten, die für eine Implementierung der Modellsysteme in Frage kommen; Ausgewählte Netzabschnitte, die für eine Umsetzung des Demonstrationsbetriebes in Frage kommen
- Technische, organisatorische und wirtschaftliche Umsetzungsprojektierung für die ausgewählten Netzabschnitte
- Absichtserklärungen von für die Umsetzung relevanten lokalen Akteuren und potentiellen Finanzierungspartnern

Durch das ***DG DemoNetz-Konzept*** werden Auswirkungen und Anforderungen für Netzbetreiber und Anlagenbetreiber durch einen weiteren Ausbau von dezentraler Energieerzeugung mit möglichst geringen zusätzlichen Investitionen aufgezeigt. Das Demonstrationsprojekt wird daher eine Art „best practice“ und ein erster Schritt für die breite Umsetzung einer hohen Dichte an dezentraler Stromeinspeisung darstellen, sowie bestehende Barrieren abzubauen.

Mit der praktischen Demonstration und der Analyse eines aktiven Netzbetriebes, mit einer hohen Dichte an dezentraler Stromeinspeisung, wird Österreich zu einem der europäischen Vorreiter und Know-how-Träger, wenn es um Fragestellungen der Einbindung dezentraler Stromerzeuger in bestehende Netze und der damit verbundenen Adaption des Betriebes der Verteilnetze geht. Damit wird auch eine Technologie-Vorreiterschaft für Österreichische Firmen und eine damit verbundene nationalen Wertschöpfung ermöglicht.

5. Zusammenfassung Projekt EE+PQ (Kurzfassung)

Hintergrund

Der forcierte Ausbau ökologischer Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Ressourcen wie Wind, Sonne, Biomasse oder Wasser führt zu tief greifenden Veränderungen im österreichischen Stromversorgungssystem: Zentrale Strukturen werden zunehmend dezentralisiert, vormals unidirektionale Energieflüsse werden durch neue dezentrale Anlagen, die auch auf den unteren Ebenen des Stromnetzes einspeisen, umgekehrt.

Mit zunehmender Dichte an dezentralen Erzeugungsanlagen (DEA) treten damit grundlegende Systemfragen wie Kapazitätsplanung, Stabilität, Schutzstrategien und vor allem die Versorgungsqualität (Power Quality - PQ) erneut in den Vordergrund. Insbesondere letztgenannte Thematik steht in letzter Zeit im Mittelpunkt des Interesses, ausgelöst vor allem durch gesteigerte Sensibilität der Stromkunden und Befürchtungen, dass Qualität und Zuverlässigkeit der Elektrizitätsversorgung durch eine zu hohe Dichte an DEA gefährdet werden könnte. Vor allem der letzte Punkt entwickelt sich zunehmend zu einem ernst zu nehmenden Hemmnis, das den geplanten ambitionierten Ausbau ökologischer Stromerzeugung und in Folge die Erreichung wichtiger umwelt- und energiepolitischer Ziele verzögern oder sogar gefährden könnte.

Vorrangiges Ziel des Projektes EE+PQ war es, diese technischen und organisatorischen Barrieren abzubauen und zu demonstrieren, wie DEA auf Basis erneuerbarer Energien aktiv zur Verbesserung der Versorgungsqualität beitragen kann.

Methodische Vorgehensweise

Aufbauend auf dem breiten Know-how der Projektpartner wurden zunächst die derzeitigen Rahmenbedingungen analysiert sowie Strategien und Konzepte erarbeitet. Parallel dazu wurden im Rahmen eines breit angelegten Messprogramms, begleitet durch analytische Netzsimulationen, der reale Einfluss dezentraler Stromerzeugung auf die Netze durch Messungen der Versorgungsqualität an repräsentativen Standorten analysiert.

Anhand eines konkreten realisierten Anlagenkonzepts sollte als weiterer Schritt demonstriert werden, wie durch den Einsatz geeigneter Technologien DEA aktiv zur Verbesserung der Versorgungsqualität beitragen könnten. Ergänzend dazu wurden im Rahmen einer Feasibility Studie Hindernisse und Chancen identifiziert, technische Potentiale für einen effizienten und multifunktionellen Einsatz abgeschätzt.

Ergebnisse

Die Analyse der Rahmenbedingungen in Österreich zeigte, dass diese einerseits Mängel in Bezug auf die transparente Anwendung in der Praxis aufweisen und andererseits wenige Anreize für DEA bieten, aktiv Netzdienstleistungen zu liefern. Die Messkampagne an Standorten mit dezentraler Energieerzeugung ergab, dass es bis auf die mit der Einspeisung verbundene Spannungsanhebung im Allgemeinen zu keinem signifikanten negativen Einfluss der dezentralen Erzeugungsanlagen auf die Parameter der Versorgungsqualität kommt. Im Rahmen des Projektes konnte dargestellt werden, dass es Technologien zur Verbesserung der Versorgungsqualität gibt und diese auch funktionieren. Aufgrund der organisatorischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen spielen derzeit DEA jedoch keine relevante Rolle in Hinsicht der Erbringung von Netzdienstleistungen.

Schlussfolgerungen

Die aktive Integration von DEA könnte einen wesentlichen Beitrag zu einer Verbesserung der Versorgungsqualität leisten. Dafür fehlt aber derzeit neben den nötigen Rahmenbedingungen vor allem das Vertrauen in die Funktionsfähigkeit und Zuverlässigkeit von innovativen Konzepten und aktiven Integration von dezentralen Erzeugern seitens der Netzbetreiber. Es ist daher notwendig deren Funktion im Rahmen eines breiten Einsatzes in realen Netzabschnitten zu demonstrieren und ihre Praxistauglichkeit nachzuweisen.

6. Zusammenfassung Projekt EE+PQ (Kurzfassung in Englisch)

Motivation

The increasing amount of electrical power generation with renewable energy resources, like wind, sun, biomass and water, leads to radical changes in the Austrian electrical power supply system. Former central structures will become more and more decentralised and former unidirectional power flow will be reversed to bidirectional power flow in the lower voltage levels.

With the increasing share of distributed generation fundamental issues, like capacity planning, stability, protection coordination and mainly the quality of supply (Power Quality – PQ) come to the fore again. In particular the power quality receives much interest due to increasing sensibility of customers and to the fear that quality and reliability of electricity supply will be jeopardised by a higher share of distributed generation. The issue of reliability will become an increasing barrier for the ambitious change toward an ecological electricity supply and therefore hamper the achievement of important environmental and energy policy targets.

The main objective of the project EE+PQ was to reduce the technical and organisational barriers and to show how renewable energy resources can actively contribute to an enhancement of power quality.

Approach

On the basis of the know-how of the project partners the current framework for distributed generation was analyzed and strategies and concepts were developed. Within the scope of a measurement campaign accompanied by analytic network simulations the power quality at representative sites was investigated.

As a next step a concrete implemented concept should show how distributed generation can actively enhance the power quality by using suitable technologies. Additionally within a feasibility survey obstacles and opportunities for the improvement of power quality through distributed generation were identified. The technical potentials for an efficient and multifunctional use of distributed generation for power quality improvement were estimated.

Results

The analyses of the framework for distributed generation showed that rules are not transparent and not harmonised and they provide poor incentives for distributed generation.

The measurement campaign at sites with distributed generation showed that apart from the voltage rise effect there is generally no significant influence of the distributed generation units on the parameters of power quality. Within the project it was illustrated that technologies for improvement of power quality are available and that they are working. Due to the current organisational and economic framework these technologies still do not play any relevant role, concerning the delivery of ancillary services.

Conclusion

The active integration of distributed generation units could contribute to the improvement of power quality. In addition to the necessary framework which is currently missing, the confidence of network operators in this concept of integrated distributed generation providing ancillary services is lacking. Therefore it is necessary to address this lack of confidence and demonstrate the feasibility within a broad implementation of such concepts in real networks.

7. Zusammenfassung Projekt EE+PQ (Langfassung)

Hintergrund

Der forcierte Ausbau ökologischer Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Ressourcen wie Wind, Sonne, Biomasse oder Wasser führt zu tief greifenden Veränderungen im österreichischen Stromversorgungssystem: Zentrale Strukturen werden zunehmend dezentralisiert, vormals unidirektionale Energieflüsse werden durch neue dezentrale Anlagen, die auch auf den unteren Ebenen des Stromnetzes einspeisen, umgekehrt.

Mit zunehmender Dichte an dezentralen Erzeugungsanlagen (DEA) treten damit grundlegende Systemfragen wie Kapazitätsplanung, Stabilität, Schutzstrategien und vor allem die Versorgungsqualität (Power Quality - PQ) erneut in den Vordergrund. Insbesondere letztgenannte Thematik steht in letzter Zeit im Mittelpunkt des Interesses, ausgelöst vor allem durch gesteigerte Sensibilität der Stromkunden und Befürchtungen, dass Qualität und Zuverlässigkeit der Elektrizitätsversorgung durch eine zu hohe Dichte an DEA gefährdet werden könnte. Vor allem der letzte Punkt entwickelt sich zunehmend zu einem ernst zu nehmenden Hemmnis, das den geplanten ambitionierten Ausbau ökologischer Stromerzeugung und in Folge die Erreichung wichtiger umwelt- und energiepolitischer Ziele verzögern oder sogar gefährden könnte.

Inhalt

Der Inhalt des Projektes EE+PQ gliedert sich in vier wesentliche Bereiche:

- Grundlegende Untersuchungen und Erarbeitung von Kriterien zur Beurteilung von Versorgungsqualitätsproblemen in Netzen mit einer hohen Dichte an dezentralen Erzeugungsanlagen.
- Analyse der derzeitigen Situation in Bezug auf die Versorgungsqualität in ausgewählten Netzpunkten. Kommunikation mit Netz- und Anlagenbetreibern sowie dem Industriepartner zur Identifikation von Einflüssen dezentraler Einspeiseanlagen auf Versorgungs- und Spannungsqualität.
- Simulation und praktische Demonstration eines zukunftsweisenden Konzepts zur aktiven Verbesserung der Versorgungsqualität an einem ausgewählten Standort. Dieser Standort erfüllt die Kriterien einer hohen Dichte an dezentraler Erzeugung.
- Darstellung der Ergebnisse sowie Untersuchung des zukünftigen Potentials für die Erbringung von nichtenergetischen Netzdienstleistungen durch dezentrale Erzeugungsanlagen im Rahmen einer Feasibility Studie, die auf den im Rahmen des Projekts gewonnenen Erkenntnissen aufbaut.

Ziele

Im Rahmen des Forschungsprojekts wird der Schwerpunkt auf folgende zentrale Fragestellungen gelegt, in deren Beantwortung die Ziele des Projektes liegen:

- Welche Auswirkungen (Fallstudien) haben Technologie und Dichte dezentraler Erzeugung auf das Verteilnetz?
- Welche Konzepte und technische Lösungen zur Verbesserung der Versorgungsqualität sind heute verfügbar und wie geeignet sind sie für die Anwendung in dezentral versorgten Netzen?
- Welches Potential besteht für die Lieferung nichtenergetischer Netzdienstleistungen durch dezentrale Stromerzeugungsanlagen?
- Wie können Anreize für eine aktive Verbesserung der Versorgungsqualität durch dezentrale Anlagen geschaffen werden?

Methodik

Zur Erreichung der Projektziele wurde der Ablauf des Projekts in drei Stufen gegliedert:

Stufe 1 - Ermittlung des State of the Art

Umfasst theoretische Recherchen und Studien, wie auch Messungen

Stufe 2 - Empirische Analyse

Im Rahmen von Fallstudien erfolgt ein Vergleich der Situation in Bezug auf Spannungs- und Versorgungssicherheit an ausgewählten Standorten mittels:

- Netzanalyse
- Simulation
- Analytisches Monitoring

Erarbeitung von Optimierungsszenarien

Stufe 3 – Demonstration der Machbarkeit – „Feasibility“

Basierend auf den vorhergehenden Ergebnissen werden die praktische Machbarkeit demonstriert, zukünftige Marktpotentiale dieser Technologien ausgelotet sowie der Einfluss unterschiedlicher Rahmenbedingungen auf die zukünftige Verbreitung untersucht.

Projektergebnisse

1. Rahmenbedingungen

Durch Inkrafttreten der Europäischen Elektrizitätsbinnenmarkttrichtlinie¹ sowie durch die erneuerbare Energienrichtlinie² und deren Umsetzung in nationale Richtlinien wie das Energieliberalisierungsgesetz³, welches sich aus Elektrizitätswirtschafts- und –organisationsgesetz, Regulierungsbehördengesetz und dem Verrechnungsstellengesetz zusammensetzt, und das Ökostromgesetz⁴ haben sich in den letzten Jahren die Rahmenbedingungen der Elektrizitätsmärkte und somit auch für die dezentrale Stromeinspeisung entscheidend verändert.

Durch im Ökostromgesetz festgelegte Mindestpreise und der Abnahmeverpflichtung von Strom auf Basis erneuerbare Energieträger gab es einen verstärkten Anreiz für Investitionen in dezentrale Energieerzeugungsanlagen. Diese Anreize fehlen jedoch zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeit (Stand März 2006), da sich die Regierungsparteien noch nicht auf eine Novelle des Ökostromgesetzes einigen konnten (Die festgelegten Mindestpreise gelten nur für Anlagen die bis 31.12.2004 genehmigt wurden).

Die E-Control GmbH als österreichische Regulierungsbehörde arbeitet Vorschläge für Marktregeln aus und stellt diese den Marktteilnehmern zur Verfügung. Die Marktregeln umfassen alle Vorschriften, Regelungen und Bestimmungen, die Marktteilnehmer im Elektrizitätsmarkt – und somit auch dezentrale Einspeiser und Netzbetreiber – einzuhalten haben, um ein geordnetes Funktionieren dieses Marktes zu ermöglichen und zu gewährleisten. Die Marktregeln werden unterteilt in:

- Allgemeine Geschäftsbedingungen (AGB)
- Technische und organisatorische Regeln (TOR)

Die Allgemeinen Geschäftsbedingungen werden von der Energie-Control-Kommission genehmigt. In den Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Verteilnetzbetreiber wird unter anderem der Netzzugang (Anschluss sowie Einspeisung und Entnahme) geregelt. Dieser beinhaltet:

- den Anschluss der Anlage des Netzbenutzers an das Netz (Netzzutritt);
- die Einspeisung elektrischer Energie in das Netz des Netzbetreibers;
- die Entnahme elektrischer Energie aus dem Netz des Netzbetreibers.

¹ Richtlinie 2003/54/EG

² Richtlinie 2001/77/EG

³ BGBl. I Nr. 121/2000

⁴ BGBl. I Nr. 149/2002

Die technischen und organisatorischen Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen (TOR) stellen ein, von der Energie-Control GmbH in Zusammenarbeit mit den Netzbetreibern, erarbeitetes technisches Regelwerk dar. Für den Anschluss und Betrieb von dezentralen Energieerzeugungsanlagen sind dabei besonders der Teil D: „Besondere technische Regeln“ und darin wiederum die Hauptabschnitte D4: „Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen mit Verteilernetzen“ sowie der Hauptabschnitt D2: „Richtlinie zur Beurteilung von Netzzrückwirkungen“ (Kapitel 9: Erzeugungsanlagen) von Bedeutung.

Die Analyse der Rahmenbedingungen für dezentrale Energieerzeuger in Österreich und ein Vergleich mit internationalen Rahmenbedingungen zeigten, dass diese zum Teil nicht transparent und nicht harmonisiert sind und auch in Österreich wenig Anreize für dezentrale Erzeuger liefern.

2. Messkampagne

Im Rahmen der umfangreichen Messkampagne an zehn Standorten mit dezentraler Energieerzeugung im Verteilernetz wurden neben stationären PQ- Phänomenen (wie Harmonische, Flicker oder Spannungsschwankungen) auch kurzzeitige Ereignisse (Spannungseinbrüche und -überhöhungen, Unterbrechungen, usw.) die charakteristisch für die Qualität von Spannung und Versorgung sind, mit Hilfe moderner Power Quality Analyser gemessen und mit geeigneter zum großen Teil selbst entwickelter Software ausgewertet. Eine ständige begleitende Auswertung und Plausibilitätskontrolle ergänzte dabei die praktischen Messungen.

Ereignisse:

An den verschiedenen Standorten wurden während der Messungen Ereignisse, meist in Form von Spannungseinbrüchen oder auch Langzeitunterbrechungen, erfasst. Diese Ereignisse wurden jedoch durch Fehler oder Schalthandlungen im vorgelagerten Netz verursacht und nicht durch die einspeisende Anlagen.

Effektivwert der Spannung:

Die Spannung lag vor allem im Niederspannungsnetz an den meisten erfassten Standorten über der Nennspannung. Die Werte liegen aber dennoch, auch innerhalb der Anlagen, eindeutig innerhalb des Bereiches $U_N \pm 10\%$. Die nach TOR D2 zulässigen Spannungsanhebungen (2% im Mittelspannungsnetz und 3% im Niederspannungsnetz) wurden erwartungsgemäß an keinem der Standorte überschritten. Die Spannungsanhebung ist jener Parameter der Versorgungsqualität der bei der Anschlussbeurteilung entscheidend ist. Wird diese bei der Anschlussbeurteilung überschritten, müssen Maßnahmen zur Einhaltung der Grenzen gesetzt werden.

Aus den Messwerten wurde die tatsächliche Spannungsanhebung aufgrund der Einspeisung der Anlagen errechnet. Bei einzelnen Anlagen lag die tatsächliche Spannungsanhebung deutlich unter den aus den Netz- und Anlagedaten errechneten Werten. Die Ursache liegt vor allem im gleichzeitigen Betrieb von Verbrauchern an den Anschlusspunkten. Für die Berechnung der Spannungsanhebung bei der Anschlussbeurteilung durch den Netzbetreiber werden „worst case“ Annahmen getroffen (d.h. minimale Last und maximale Erzeugung), die in der Praxis oft nur selten auftreten.

Bei den dezentralen Anlagen mit dargebotsabhängigen Primärenergieträgern (Photovoltaik und Wind) erfolgte zu Abschätzung des Einflusses von Leistungsschwankungen aufgrund der Dargebotsabhängigkeit auf die Schwankungen der Spannung an den Messstellen. Dazu wurden jeweils die Änderungen von einem auf den nächsten 10min-Mittelwert gegenübergestellt. Die Analysen zeigen, dass ein Grossteil der Änderungen in einem im Vergleich zur Nennleistung der Anlagen kleinen Leistungsbereich liegen.

Es konnte zumeist kein direkter Zusammenhang zwischen der Höhe der Spannungsänderungen und der Höhe der Änderungen der eingespeisten Leistung erkannt werden. Die Schwankungen der Spannungseffektivwerte werden vorwiegend durch Laständerungen im vorgelagerten Netz verursacht.

Oberschwingungen:

Der Oberschwingungspegel der Spannung an den erfassten Standorten kann generell als gering bezeichnet werden. Die Verläufe des THDU-Pegels (Total Harmonic Distortion der Spannung) im Netz zeigen einen deutlichen Zusammenhang mit dem Betrieb der Unterhaltungselektronik in den späten Abendstunden. Durch die Verwendung von Zweiweggleichrichtern in den Netzteilen dieser Verbraucher erhöht sich der THDU-Pegel im Netz zu diesen Zeiten.

Es konnte im Rahmen der Messungen auch gezeigt werden, dass Wechselrichter und Umrichter bei dezentralen Energieerzeugungsanlagen, die dem Stand der Technik entsprechen, keinen negativen Einfluss auf den THDU-Pegel haben.

Flicker:

Der Einfluss der Erzeugungsanlagen auf den Flickerpegel ist im Allgemeinen sehr gering. Lediglich bei einer PV-Anlage kam es durch einen schlecht eingestellten Hauptschutz und damit verbundenen Abschaltungen der Anlage zu einem erhöhten Flickerpegel. Mit der Neufassung der Norm IEC 61000-4-30 würde es in diesem Fall zu keiner Erhöhung des Flickerpegels kommen, da das dort festgelegte „Markierungskonzept“ (flagging) vermeidet, dass ein einzelnes Ereignis mehrfach in unterschiedlichen Größen berücksichtigt wird.

Bei der erfassten stallgeregelten Windkraftanlage mit direkt gekoppeltem Asynchrongenerator konnte nur ein leichter Anstieg des Flickerpegels im oberen Leistungsbereich der Anlage erfasst werden. Dies kann die vielfach in der Literatur dargestellten Probleme mit signifikant erhöhten Flickerpegeln bei derartigen Anlagen nicht bestätigen.

Unsymmetrie:

Auch bei zum Teil unsymmetrischer Einspeisung der Anlagen kam es in keinem Fall zu einer signifikanten Erhöhung der Spannungsunsymmetrie.

Die Messkampagne an Standorten mit dezentraler Energieerzeugung für die Analyse der derzeitigen Situation in Bezug auf die Versorgungsqualität in ausgewählten Netzpunkten ergab, dass es bis auf die mit der Einspeisung verbundene Spannungsanhebung im Allgemeinen zu keinem signifikanten negativen Einfluss der dezentralen Erzeugungsanlagen auf die Parameter der Versorgungsqualität kommt. Für eine höhere Dichte an dezentrale Energieerzeugungsanlagen stellt die Spannungsanhebung die entscheidende technische Barriere dar. Es ist daher nötig, mit innovativen Lösungen die Anlagen aktiv in die Spannungsregelung zu integrieren oder konservativ die Kurzschlussleistung im Verknüpfungspunkt durch einen Netzausbau zu erhöhen. Dieser Netzausbau ist bei den derzeitigen Rahmenbedingungen in Österreich durch den Anlagenbetreiber abzugelten. Dadurch ist an vielen Standorten ein Anschluss der gewünschten Leistung aus wirtschaftlichen Gründen nicht ermöglicht.

3. Konzepte zur Verbesserung der Versorgungsqualität und Simulationen

Die Simulationen der dezentralen Stromeinspeisung zeigten, dass es bei entsprechend hoher Dichte an dezentralen Erzeugern zu einer unzulässigen Spannungsanhebung aufgrund der Einspeisung kommt. Als Gegenmaßnahme wurde ein aktiver Filter MARS (Mains Active Restoring System) des Projektpartners VA Tech ELIN EBG Elektronik in die Simulation integriert. Es konnte gezeigt werden, dass die Spannungsanhebung im Verknüpfungspunkt der Anlage mit dem Netz deutlich reduziert werden konnte.

Der praktische Einsatz des MARS wurde anhand des Beispiels Tauernwindpark Oberzeiring demonstriert. Aufgrund der spezifischen Auslegung des Gerätes zu Filterung von Zwischenharmonischen und dem geringen Einfluss der Windkraftanlage auf die Parameter der Versorgungsqualität konnte kein signifikanter Beitrag des MARS zur Verbesserung der übrigen Parameter der Spannungsqualität ermittelt werden.

Im Rahmen des Projektes konnte dargestellt werden, dass es Technologien zur Verbesserung der Versorgungsqualität gibt und diese auch funktionieren. Aufgrund der organisatorischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen spielen derzeit dezentrale Energieerzeuger jedoch keine relevante Rolle in Hinsicht der Erbringung von Netzdienstleistungen.

4. Feasibility Studie

Folgende Punkte für einen zukünftigen Beitrag von dezentralen Erzeugungsanlagen zur Verbesserung der Versorgungsqualität werden aus der Feasibility Studie „**Hindernisse und Chancen bei der aktiven Erbringung von Netzdienstleistungen durch dezentrale Erzeugungsanlagen basierend auf erneuerbaren Energieträgern**“ herausgestrichen:

- Die Diskussionen mit Experten ergab als größtes Potential für die Erbringung von Netzdienstleistungen mit dezentralen Erzeugungsanlagen die **Bereitstellung von Blindleistung bzw. Spannungsregelung**. Die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit dezentraler Energieerzeugungsanlagen wurden als kritische technische Herausforderungen erkannt. Dementsprechend können diese Faktoren ein Hindernis für eine breite Akzeptanz darstellen.
- Mit der zunehmenden Integration dezentraler Energieerzeugung in europäischen Verteilnetzen sind in einigen Ländern bereits Initiativen in Richtung Erbringung von **Netzdienstleistungen durch dezentrale Erzeugungsanlagen** entstanden. Beispiel dafür ist die Blindleistungsbereitstellung und Kompensation von Spannungseinbrüchen wie sie in Spanien umgesetzt wurde.
- Beim Einfluss der technischen Rahmenbedingungen werden die **Fortschritte im Bereich Leistungselektronik** eine wichtige Rolle spielen, da sie neue Möglichkeiten und entsprechende Flexibilität bieten. Insbesondere sind Verbesserungen in der Zuverlässigkeit, Effizienz, Modularität aber auch bei den Kosten der Bauteile zu erwarten. Da die Koordination zwischen Einheiten die Netzdienstleistungen erbringen eine sehr wichtige Rolle spielt, werden die Fortschritte die im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologien erzielt werden mit entscheidend sein.
- Die Kosten integrierter Einrichtungen zur Verbesserung der Versorgungsqualität stark von der Entwicklung der Preise für die Leistungselektronik beeinflusst. Eine **Halbierung der Leistungselektronikpreise** wird seitens Wechselrichterhersteller bis 2010 prognostiziert.
- Während eigenständige Einrichtungen zur Verbesserung der Versorgungsqualität noch nicht wirklich einen großen Markt gefunden haben, gibt es ein **Potential für die Verbreitung von Zusatznutzung für dezentrale Energieerzeuger**. Ein Zeichen dafür, ist die Entscheidung mehrerer Wechselrichterhersteller, Entwicklungen in diese Richtung zu forcieren.
- In den europäischen Rahmenbedingungen für dezentrale Energieerzeuger wird teilweise ein Beitrag zur Erbringung von Netzdienstleistung ermöglicht, aber Aufgrund **unklarer Regeln und Anforderungen** ist dieser nur schwer umzusetzen.
- Die wichtigste Voraussetzung für die Erbringung von Netzdienstleistungen durch dezentrale Energieerzeugung ist die **Verfügbarkeit adäquater organisatorischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen**.

Schlussfolgerungen

Die aktive Integration von DEA könnte einen wesentlichen Beitrag zu einer Verbesserung der Versorgungsqualität leisten. Dafür fehlt aber derzeit neben den nötigen Rahmenbedingungen vor allem das Vertrauen in die Funktionsfähigkeit und Zuverlässigkeit von innovativen Konzepten und aktiven Integration von dezentralen Erzeugern seitens der Netzbetreiber. Es ist daher notwendig deren Funktion im Rahmen eines breiten Einsatzes in realen Netzabschnitten zu demonstrieren und ihre Praxistauglichkeit nachzuweisen.

8. Zusammenfassung Projekt EE+PQ (Langfassung in Englisch)

Motivation

The increased integration of ecological power generation based on renewable resources like wind, sun, biomass or water leads to fundamental changes in Austria's power supply system: the former central structures are now being converted to a distributed system where unidirectional power flows are now reversed under the influence of small distributed generation units feeding in at low voltage levels of the network.

With increasing share of distributed generation elementary issues, like capacity planning, stability, protection strategies and mainly the quality of supply (Power Quality – PQ) come to the fore again. In particular the power quality takes focus of interests due to increasing sensibility of customers and the fear that quality and reliability of electricity supply will be jeopardised by a higher share of distributed generation. The issue of reliability will become an increasing barrier for the planned ambitious design of an ecological electricity generation and therefore jeopardise the achievement of important environmental and energy policy targets.

Content

The work undertaken within the project EE+PQ has been divided into four parts:

- Basic analysis and formulation of criteria for the assessment of power quality problems in networks with a high share of distributed generation
- Analysis of the current situation regarding power quality at different network nodes, communication with network and distributed generation unit operators and the partner from the industry for identification of the influence of distributed generation on the quality of supply
- Simulation and demonstration of one forward-looking concept for active improvement of power quality at a selected site. This site fulfils the criterion of a high share of distributed generation
- Illustration of the results and analysis of the future potential for the delivery of ancillary services by distributed generation within a feasibility study based on the results of the project

Objectives

The main focus of the project lies on the following questions:

- What are the impacts of distributed generation on the network, depending on technology and penetration (case studies)
- Which concepts and solutions for the improvement of power quality are available today, and are they suitable for distributed applications?
- Which is the potential for non-energy services delivered by distributed generation?
- Which regulatory frameworks and incentives could be considered for the improvement of power quality by distributed generation?

Approach

To reach the project targets the work was divided into three main steps:

Step 1 – Evaluation of the state of the art

This step included theoretical investigations and surveys and measurements

Step 2 – Empirical analysis

Through case studies an analysis of the power quality and security of supply has been carried out thanks to the following tools:

- Network analysis
- Simulation
- Analytical monitoring

Formulation of scenarios for optimization

Step 3 – Demonstration of the feasibility

Based on the previous results the feasibility will be demonstrated and future market potential of these technologies and the impact of regulatory framework on a future deployment will be investigated.

Results

1. Regulatory Framework

The inception of the Directive for Common Rules for the Internal Market in Electricity¹ as well as the Directive on the Promotion of Electricity Produced from Renewable Energy Sources in the Internal Electricity Market² and the implementation in national law like the Energieliberalisierungsgesetz³, which consists of the Elektrizitätswirtschafts- und –organisationsgesetz, Regulierungsbehördengesetz and the Verechnungsstellengesetz, and the Ökostromgesetz⁴ lead to fundamental changes of the framework for the electricity market and thus also for distributed generation in the last years.

Thanks to the specified minimum price and the obligation to accept electrical power based on renewable energy resources set in the Ökostromgesetz, incentives for investment in distributed generation have been created. Because of the missing agreement of the Austrian governing parties for an amendment of the law these incentives are currently missing (Status March 2006). The minimum prices only apply for units approved before 31.12.2004.

The Austrian regulatory authority E-Control Ltd. is responsible for drawing up proposals for market rules and making them available for all market participants. The market rules include all the statutory and contractual rules, regulations and provisions which must be observed by all market participants – also by distributed generation units and network operators – in order to ensure a good functioning of the electricity market. The market rules are divided into the following sections:

- General Terms and Conditions (GTC)
- Technical and Organisational Rules (TOR)

The General Terms and Conditions are approved by the E-Control Commission. In the General Terms and Conditions for distribution network operators, amongst others, the access to the distribution network is regulated (connection, feeding-in, consumption). The GTC for network operators include:

- The connection of network users units to the network of the distribution network operator
- The feeding of electrical power into the network of the distribution network operator
- The consumption of electrical power from the network of the distribution network operator

¹ Richtlinie 2003/54/EG

² Richtlinie 2001/77/EG

³ BGBl. I Nr. 121/2000

⁴ BGBl. I Nr. 149/2002

The “Technical and Organisational Rules for Operators and Users of Networks (TOR)” are a regulatory document/guideline drawn up by the E-Control Ltd. For the connection and the operation of distributed generation units mainly the part D of the TOR is relevant and within the part D the section D4 “Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen in Verteilnetzen” (parallel operation of generation units in distribution networks) and the section D2 “Richtlinie zur Beurteilung von Netzrückwirkungen” (guideline for the assessment of system disturbances, chapter 9: generation units).

The analyses of the framework for distributed generation showed that the rules are not transparent and not harmonised and they provide poor incentives for distributed generation.

2. Measurement Campaign

In addition to steady state PQ-phenomenon (like harmonics, flicker or voltage fluctuations), short time events (voltage dips, - swells, interruptions...), which are characteristic for the voltage quality, were measured within a wide measurement campaign at ten sites with distributed generation in the distribution network. The measurements have been made with a modern Power Quality Analyser and analysed by specially developed software. An accompanying evaluation and validity check completed the measurements.

Events

During the measurements at the different sites events including voltage dips and interruptions were recorded. The events were caused by faults and switching events in the network and not due to the distributed generation units.

R.M.S value of the Voltage

Mainly at the low voltage level the value of voltage was above the nominal voltage at most of the investigated sites. However the values were within the band of $U_N \pm 10\%$. As expected the permitted voltage rise effect according to TOR D2 (3% at low voltage level and 2% at medium voltage level) was not exceeded. The voltage rise effect is usually the most critical power quality parameter within the process of connection assessment. When the voltage rise effect exceed the limits, arrangements for compliance with the limits must be set.

The voltage rise effect due to the feeding of the distributed generation units was calculated with the measurement data. Because of the simultaneous operation of loads connected to the point of common coupling, in several units the effective voltage rise effect was clearly below the voltage rise effect calculated with the parameter of the network and the unit. The calculation during the connection assessment by the network operator is based on worst case conditions (min. load and max. generation). In practice these conditions are uncommon.

For units using fluctuating primary energy resources (photovoltaic and wind) an estimation of the influence of the power fluctuations on the voltage was investigated. For this purpose the change from one 10min-mean-value to the next was compared. The analysis show that most of the power fluctuations are small compared to the nominal power of the units.

Mostly there was no direct connection between the level of voltage fluctuation and fluctuation of the power generation. The voltage fluctuations are predominantly caused by load changes in the network.

Harmonics

Generally the harmonic level of the voltage at the investigated sites was small. The courses of the THDU-Level (Total Harmonic Distortion of the voltage) in the network show a direct connection with the use of consumer electronics late in the evening. Due to the use of double-way-rectifier in the consumer electronics the THDU-level increases at this time.

Generally no significant influence of the distributed generation units on the harmonics level was observed.

Through the measurements it was possible to show that state of the art inverters and converters in distributed generation units have no negative influence on the harmonic level of the voltage.

Flicker

In general the impact of the distributed generation units on the flicker level was small. An inappropriate setting up of the main protection caused only at PV-unit an increase of the flicker level due to a periodic switching of the unit. With the “flagging” concept prescribed in the new formulation of the standard IEC 61000-4-30 there would not be an increase of the flicker. The flagging avoids that one event is considered in several parameters.

At the investigated stall controlled wind turbine with direct coupled induction generator only a small increase of the flicker level at high power output was observed. That does not confirm the problems with increased flicker level for wind turbines of this type described in the literature.

Unbalance

Also at site with unbalanced power injection no significant increase of unbalance of the voltage was observed.

The measurement campaign at sites with distributed generation showed that apart from the voltage rise effect there is generally no significant influence of the distributed generation units on the parameters of power quality. For a higher share of distributed generation the voltage rise effect is the most critical technical barrier. It is necessary to actively integrate the units with innovative solution or to increase the short circuit power at the point of common coupling in a conservative way by network reinforcement. With the current framework in Austria the operator of the unit has to pay the network reinforcement. Thus at many sites a connection of the desired power of the unit is not possible due to economic reasons.

3. Concept for Enhancement of Power Quality and Simulations

The simulations of distributed generation units pointed out that there is an unacceptable voltage rise at high penetration levels. As a counter measure the active filter MARS (Mains Active Restoring System) developed from the project partner VA Tech Elin EBG Elektronik was integrated into the simulation. It was possible to reduce voltage rise effect at the point of common coupling.

The practical use of the MARS was demonstrated by a case study at Tauernwindpark Oberzeiring. Due to the specific dimensioning of the unit for filtering interharmonics and to the small impact of the wind park on the parameters of power quality no significant contribution of the MARS to an improvement of the other parameter of power quality was observed.

4. Feasibility Study

Within the project it was illustrated that technologies for improvement of power quality are available and that they are working. Due to the current organisational and economic framework these technologies still do not play any relevant role concerning the delivery of ancillary services.

From the feasibility study “Obstacles and opportunities for active delivery of ancillary services by distributed generation based on renewable energy resources” following issues can be pointed out:

- The discussions with experts showed that the main potential for a contribution to ancillary services for distributed generation units is the supply of reactive power and accordingly voltage control. The availability and reliability of distributed generation units was pointed out as a critical technical challenge and thus as a barrier for a wide acceptance.
- With the increasing integration of distributed generation in European distribution networks incentives for ancillary services provision by distributed generation were developed in a few countries. One example is the supply of reactive power and the compensation of voltage dips in Spain.

- For the technical framework the improvement of power electronics will be crucial. Power electronics will offer new possibilities and enhanced flexibility. There will be an improvement in term of reliability, efficiency, modularity and also in the costs of devices. The coordination between units that deliver ancillary services is important, thus developments in the area of communication technologies will also be crucial.
- The costs for integrated units for enhancement of power quality will strongly depend on the trend of costs for power electronics. A decrease of about 50% of the price for power electronics is expected until 2010 from inverter manufacturers.
- Stand alone units for the enhancement of power quality have not found a broad market yet, but there is a clear potential for the integration of additional functions such as power quality improvement into distributed generators. A confirmation of this is that some inverter manufacturers force developments in this way.
- Within the European framework for distributed generation the delivery of ancillary services by distributed generation is partially possible. Due to unclear rules and requirements it is difficult to implement.
- The most important condition for an active role of distributed generation in ancillary services provision is the availability of an adequate organisational and economic framework.

Conclusions

The active integration of distributed generation units could contribute to the improvement of power quality. In addition to the necessary framework which is currently missing, the confidence of network operators in this concept of integrated distributed generation providing ancillary services is lacking. Therefore it is necessary to address this lack of confidence and demonstrate the feasibility within a broad implementation of such concepts in real networks.

9. Anhang

9.1. Deliverable D2: „Anforderungen an dezentrale Erzeugungsanlagen und berichtete Erfahrungen in Bezug auf den Einfluss von dezentralen Erzeugungsanlagen basierend auf erneuerbaren Energieträgern“

9.2. Deliverable D3: „Konzepte zur Verbesserung der Versorgungsqualität und Simulation des Einflusses von dezentralen Energieerzeugern auf die Parameter der Versorgungsqualität“

9.3. Deliverable D4: „Auswirkungen von dezentralen Erzeugungsanlagen auf die Versorgungsqualität – Übersicht der Messkampagne im Projekt EE+PQ“

9.4. Deliverable D5: „Feasibility Studie - Hindernisse und Chancen bei der aktiven Erbringung von Netzdienstleistungen durch dezentrale Erzeugungsanlagen basierend auf erneuerbaren Energieträgern“

9.5. Fragebogen für Anlagen- und Netzbetreiber

Fragebogen

Energiesysteme der Zukunft

Projekt EE+PQ:

**Verbesserung der Versorgungsqualität in Netzen mit dezentraler
Stromeinpeisung aus erneuerbaren Energieträgern**

Fragebogen für Anlagen- und Netzbetreiber

Kontakt:

DI Helfried Brunner

arsenal research

Geschäftsfeld Erneuerbare Energietechnologien

A-1030 Wien, Faradaygasse 3, Object 210

ph: +43 (0) 50550-6382

f: +43 (0) 50550-6390

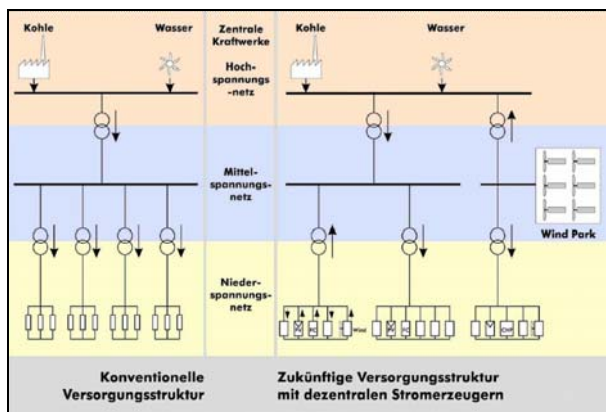
helfried.brunner@arsenal.ac.at

www.arsenal.ac.at

Das Projekt EE+PQ ist vom Österreichischen Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) für eine Dauer von 15 Monaten finanziert.

Hintergrund des Projektes

Die derzeitige Einspeisung erfolgt großteils basierend auf einer zentralen Versorgung durch Großkraftwerke in das Hochspannungsnetz. Durch die neuen energiepolitischen Rahmenbedingungen kommt es durch dezentrale Erzeugungsanlagen vermehrt zu einer Einspeisung in die unteren Spannungsebenen. Dies führt dazu, dass aus dem ursprünglich unidirektionalen Energiefluss ein bidirektionaler wird:



Mit zunehmender Dichte an dezentraler Erzeugung treten damit grundlegende Systemfragen wie Netzmanagement, Kapazitätsplanung, Stabilität, Schutzstrategien und vor allem die zukünftige Gewährleistung der Versorgungsqualität (auch als Power Quality – PQ bezeichnet) erneut in den Vordergrund.

Insbesondere letztgenannte Thematik steht in letzter Zeit im Mittelpunkt des Interesses, ausgelöst vor allem durch gesteigerte Sensibilität der Stromkunden und Befürchtungen, dass Qualität und Zuverlässigkeit der Elektrizitätsversorgung durch eine zu hohe Dichte an dezentraler Erzeugung gefährdet werden könnte.

Zentrale Fragestellungen im Rahmen des Projektes:

- Welche Auswirkungen (Fallstudien) haben Technologie und Dichte dezentraler Erzeugung auf das Verteilnetz?
- Welche Konzepte und technische Lösungen zur Verbesserung der Versorgungsqualität sind heute verfügbar und wie geeignet sind sie für die Anwendung in dezentral versorgten Netzen?
- Welches Potential besteht für die Lieferung nichtenergetischer Netzdienstleistungen durch dezentrale Stromerzeugungsanlagen?
- Wie können Anreize für eine aktive Verbesserung der Versorgungsqualität durch dezentrale Anlagen geschaffen werden?

Der Fragebogen:

Im Arbeitspunkt 1 des Projektes erfolgt eine Analyse vorhandener Studien, nationaler und internationaler Normen, sowie laufender EU-Projekte (DGFACTS, DISPOWER) hinsichtlich typischer PQ-Probleme. Die Auswirkungen der unterschiedlichen Energieträger und Erzeugungstechnologien auf die Power Quality sowie die technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen für dezentrale Stromerzeugung werden untersucht. Des Weiteren erfolgt in Arbeitspunkt 2 im Rahmen einer Messkampagne an ausgewählten Standorten mit dezentraler Einspeisung eine Bestandsaufnahme der Power Quality.

Der Fragebogen dient zur Evaluierung der befürchteten Auswirkungen von dezentralen Erzeugungsanlagen auf das Netz und die Power Quality und der tatsächlichen Auswirkungen durch die Erfahrungen beim Betrieb dieser Anlagen. Ein weiterer Aspekt im Rahmen der Befragung ist die Anwendung der technischen und organisatorischen Richtlinien zur Anschlussbeurteilung in der Praxis.

Vielen Dank für Ihre freundliche Unterstützung.

Fragebogen

1. Kontakt

Name

Unternehmen

Kontakt

2. Allgemeine Anlagendaten

Name

Adresse

Standort

Finanzierung

Planung

Errichter

Betreiber

Inbetriebnahmedatum

2.1 Primärenergieträger/Einspeisetechnologie

Primärenergieträger (PV, Biogas....)

Generator (Wechselrichter,
Asynchronmaschine...)

Nennleistung

Leistungsfaktor

2.2. Anschlusspunkt

Netzebene/Spannung

Netzumgebung (städtisches, ländliches Netz)

Kurzschlussleistung am Verknüpfungspunkt

Netzwinkel

Eigener Trafo (Ja/Nein)? Falls ja welcher Typ.

Eigene Leitung zum Trafo?

Gibt es Verbraucher am Anschlusspunkt (z.B. Industrie..)?

Warum wurde dieser Anschlusspunkt gewählt?

2.3 Schutzeinrichtungen, Entkupplungsstelle

Welche Schutzeinrichtungen werden verwendet (Spannungsanstiegs-Frequenzanstiegsschutz...)?

Einstellwert-EW (Schwellen, Zeiten) Spannungsrückgangsschutz

EW Spannungsanstiegsschutz

EW Frequenzrückgangsschutz

EW Frequenzanstiegsschutz

EW Vektorsprungrelais

Gibt es eine Leistungsbegrenzung, wenn ja auf welchen Wert?

Andere Schutzeinrichtungen und deren Einstellwerte

3. Anschlussbeurteilung und Auswirkungen auf die Power Quality und das Netz

3.1 Befürchtete Auswirkungen auf die Spannungsqualität oder auf das Verhalten des Netzes von Seiten des Netzbetreibers vor Inbetriebnahme der Anlage

Spannungsanhebung	
Schnelle Spannungsänderungen	
Flicker	
Harmonische	
Unsymmetrie	
Stabilität	
Sonstiges	

3.2 Anschlussbeurteilung

Nach Tor D2?	
Auf welche Punkte wurde bei der Anschlussbeurteilung besonders geachtet?	

3.3 Zusätzliche Anforderungen des Netzbetreibers

Gab es zusätzliche Anforderungen an die Anlage seitens des Netzbetreibers und wenn ja welche (z.B. Blindleistungskompensation, Filter..)?	
Erfolgte im Zuge des Anlagenanschlusses eine Leitungsverstärkung oder Erhöhung der Transformatorleistung?	

3.4 Tatsächliche Auswirkungen auf die Spannungsqualität und das Netz nach Inbetriebnahme der Anlage

Spannungsanhebung	
Schnelle Spannungsänderungen	
Flicker	
Harmonische	
Unsymmetrie	
Stabilität	
Sonstiges	

4. Monitoring/Steuerung

Wird Anlage vom Netzbetreiber ferngesteuert bzw. -überwacht?	
Welche Parameter werden gemessen?	
Werden Messdaten gespeichert und ausgewertet?	

5. Zusätzliche Dokumentationen (Wenn möglich gleich beifügen)

Detaillierte Beschreibung des Anschlusspunktes

Plan der umgebenden Netztopologie

Durchgeführte Messungen

Muster einer Übersichtsskizze:

