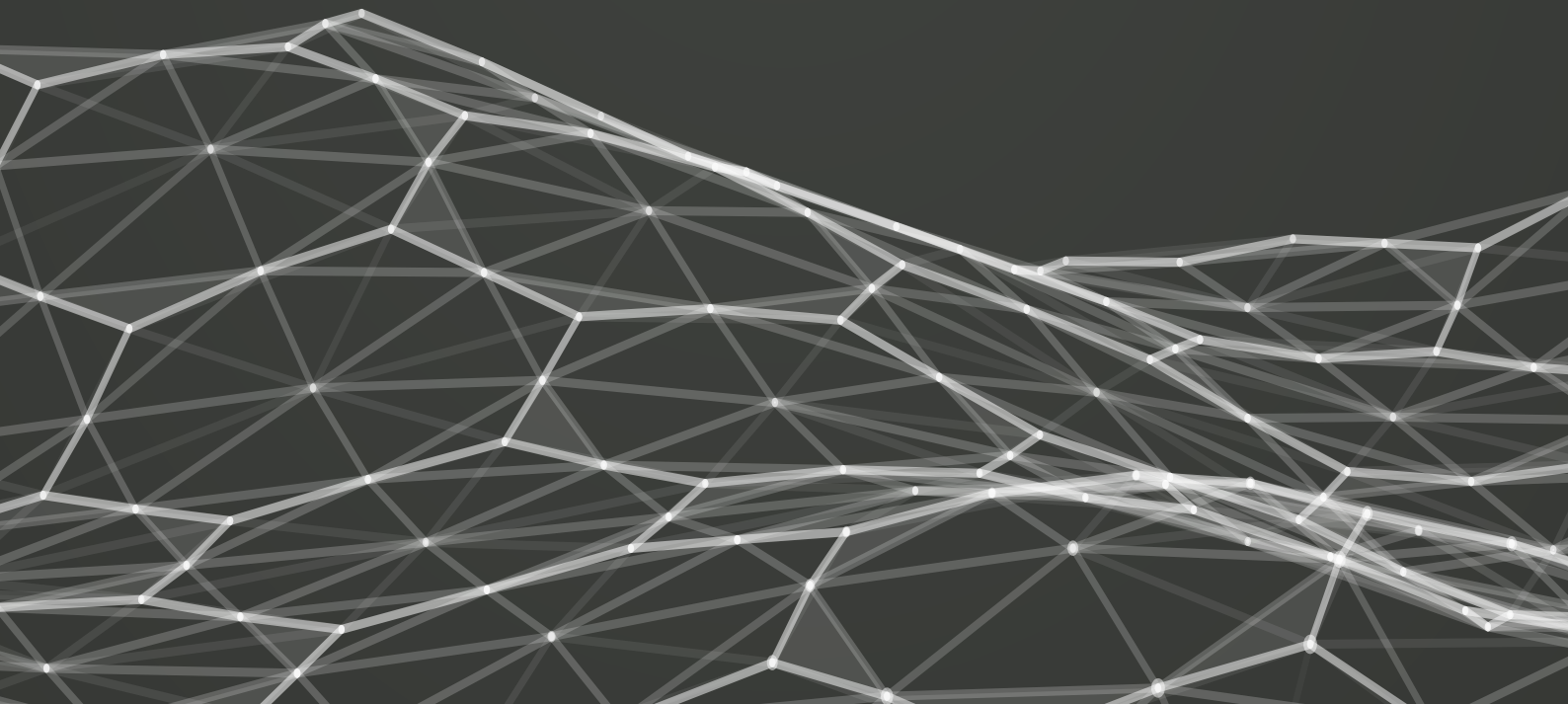


REGIONALES VIRTUELLES FLÄCHENKRAFTWERK FÜR VERSORGUNGSSICHERHEIT UND STROMNETZSTABILITÄT





DIE HERAUSFORDERUNG

Unser Alltagsleben und eine leistungsfähige Wirtschaft sind ohne eine stabil funktionierende Stromversorgung kaum noch denkbar. Die Gesamtsystemstabilität (Ausgleich von Energieerzeugung und -verbrauch) wird bisher ausschließlich durch die Übertragungsnetzbetreiber koordiniert und verantwortet, die diese in der Vergangenheit hauptsächlich über konventionelle Atom-, Gas- oder Kohlekraftwerkskapazitäten sicherstellten. Aspekte der Netzstabilität (z.B. Qualität der Versorgungsspannung) werden durch die lokal oder regional agierenden Verteilnetzbetreiber gewährleistet. Bis zum Jahr 2050 soll laut Bundesregierung der Anteil erneuerbarer Energien an der Bruttostromerzeugung in Deutschland auf 80 % ansteigen, was gleichbedeutend ist mit der weiteren Zunahme dezentraler Erzeugungsanlagen und dem vermehrten Ausscheiden konventioneller Großkraftwerke. In der Konsequenz bedeutet dies, dass für die zukünftige Sicherung der Stromnetzstabilität die in wachsendem Umfang auf Verteilnetz- und damit regionaler Ebene angesiedelten Stromerzeugungs- und -speicheranlagen einzeln und in ihrem Zusammenwirken befähigt werden müssen, stromsystemstützende Aufgaben zu erfüllen. Auch relevanten Stromverbrauchsanlagen kommt hierbei eine Schlüsselrolle zu. Andererseits bedeutet dies auch, dass die Verteilnetzbetreiber, in deren Netzen die Erzeugungs-, Speicher- und Verbrauchsanlagen angeschlossen sind, in eine neue Rolle hineinwachsen müssen und neben der Sicherung der

eigenen Stromnetze auch Verantwortung an der Stabilisierung des Gesamtsystems übernehmen müssen.

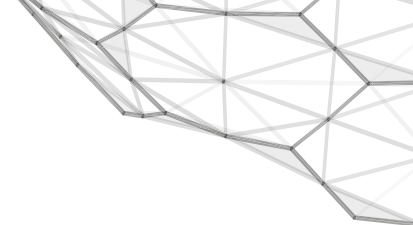
Ansatz

Ansatz des Projektes QUIRINUS ist es, dass die dezentral verteilte Flexibilität aus Erzeugungs-, Speicher- und Verbrauchsanlagen zu einem virtuellen Kraftwerk (VKW) gebündelt wird, um sie netz- und systemdienlich einzusetzen. Für den gezielten Einsatz dieser Flexibilität ist die effektive und wirtschaftliche Implementierung der folgenden beiden Faktoren von entscheidender Bedeutung:

- ◇ ein hohes Maß an Netztransparenz, d.h. die Erfassung des aktuellen Zustands aller relevanten Komponenten, das den heutigen Branchenstandard weit übersteigt,
- ◇ eine intelligente und dynamische Aggregation und Steuerung der verfügbaren Flexibilitätsressourcen.

Ziel

Ziel des Projekts QUIRINUS ist die Entwicklung und technische Demonstration einer neuen Generation von VKW im Sinne eines systemrelevanten, verteilnetzdienlichen und regional ausgerichteten virtuellen Flächenkraftwerks. Wir nennen dies „vkw++“. Das System wird vom industriell-gewerblich geprägten Rheinischen Revier im Rahmen des Projektes zunächst pilotiert, soll jedoch später ausgedehnt und in den Regelbetrieb überführt werden.



DIE SZENARIEN

Netzführung nach dem Ampelkonzept

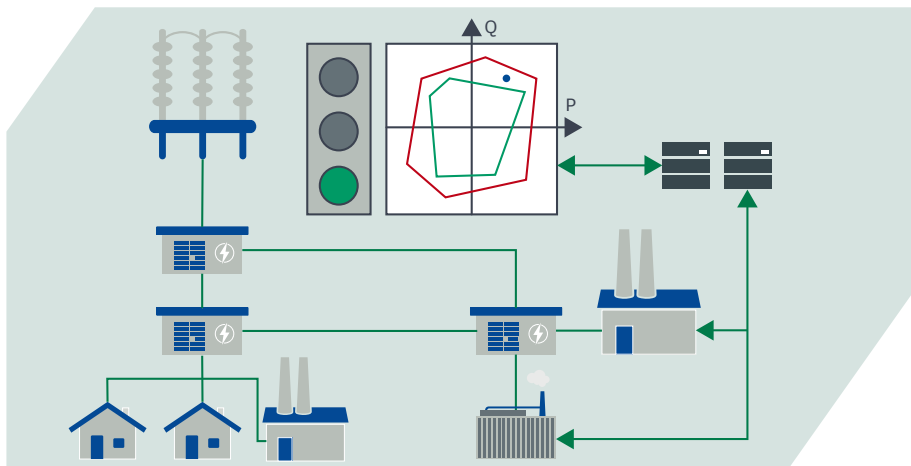
Bei der Netzführung auf Basis des Ampelkonzepts werden im Leitsystem die betrachteten Netzgebiete auf verschiedene kritische Betriebszustände hin überwacht und anhand des Ampelkonzepts dargestellt. Beim Auftreten eines kritischen Zustands werden Gegenmaßnahmen vorgeschlagen, die automatisiert oder manuell aus dem Leitsystem heraus durchgeführt werden können. Kritische Zustände werden nach Möglichkeit durch Maßnahmen behoben, die eine möglichst hohe Wirtschaftlichkeit aufweisen.

Flexibilität (Systemdienstleistung)

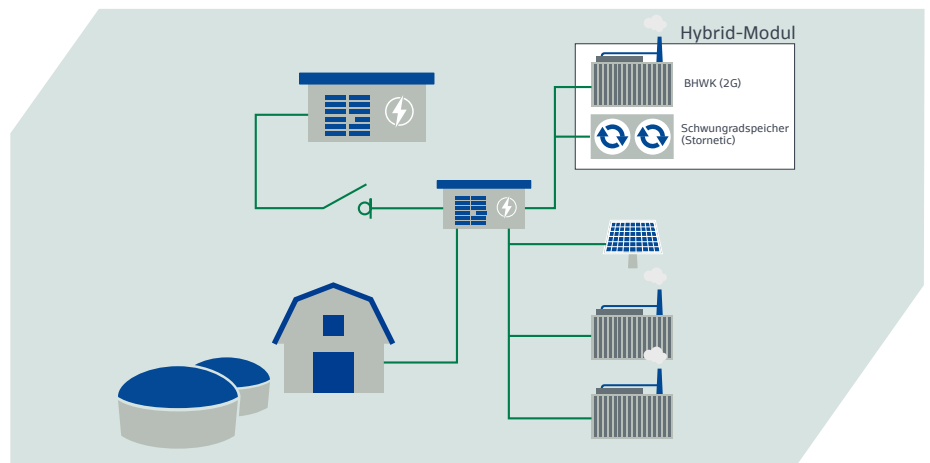
Dieses Szenario beschäftigt sich mit der Bewirtschaftung von Schnittstellen zu anderen Netzbetreibern (NB, i.d.R. der vorgelagerte NB). Die Flexibilität vieler Einzelanlagen wird zu Clustern aggregiert und unter Berücksichtigung von Netzengpässen zur Verfügung gestellt. Dabei wird die Übernahme von Verantwortung am elektrischen Gesamtsystem fokussiert.

Inselnetz

Das Inselnetz unterstützt in einem Blackout Fall den Netzwiederaufbau. Zum Zeitpunkt eines detektierten, systemrelevanten Fehlerfalls wird sich der ausgewählte lokale Netzbereich vom übrigen Verteilnetz trennen und in der Insel weiter stabil betrieben. Die so entstehende autarke Insel wird darüber hinaus aus der Verteilnetzebene den Wiederaufbau des übergeordneten Versorgungssystems aktiv unterstützen. Der Hybrid, eine Kombination aus BHKW und dynamischem Rotationspeicher stabilisiert die systemrelevanten Größen Frequenz und Spannung.



Schematische Darstellung: Ampelkonzept & Flexibilität



Schematische Darstellung: Inselnetz



DAS QUIRINUS CONTROL-CENTER

State Estimation & Lastfluss-Prognose

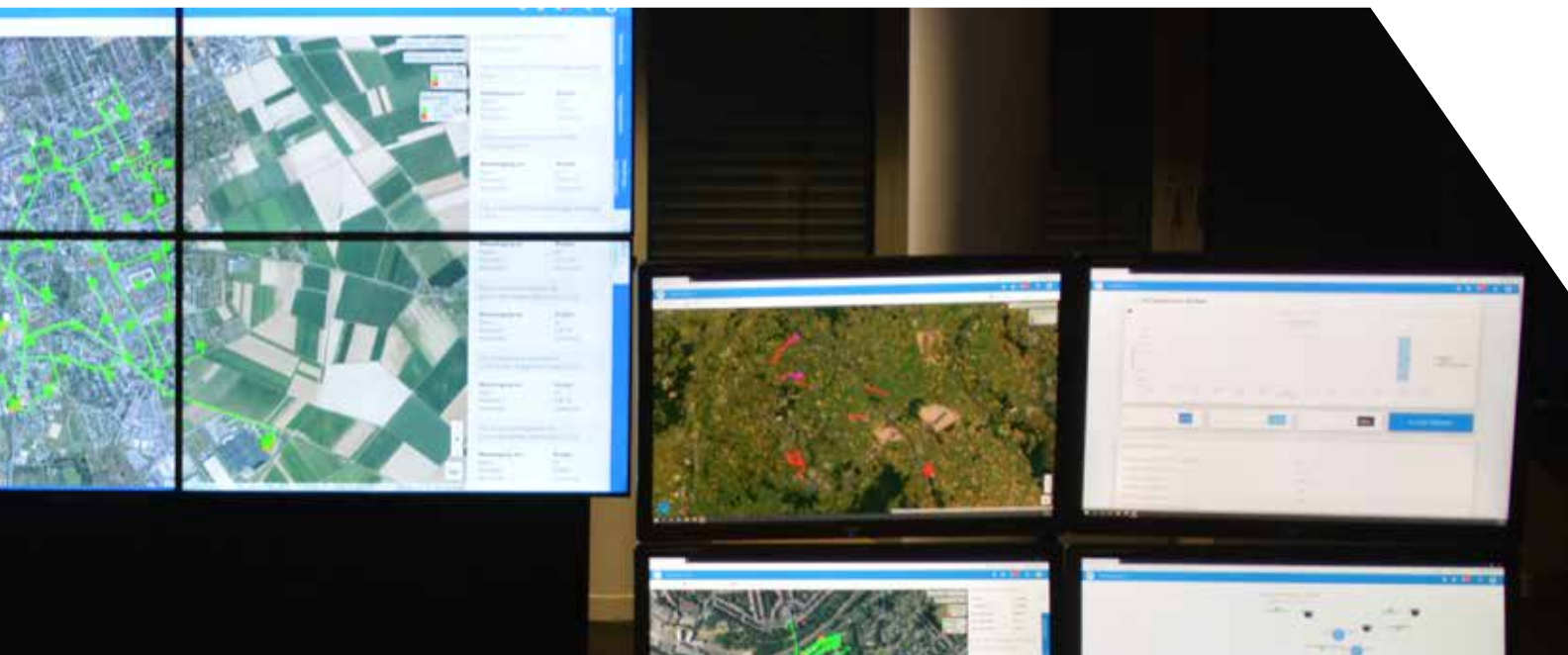
Im QUIRINUS Control-Center (CC) wird mit Hilfe von online-Messwerten, historischen Lastgängen, Prognosen und Lastprofilen der aktuelle und zukünftige Zustand eines Netzes ermittelt. Im Projekt wird zwischen der State-Estimation (Echtzeit) und der Lastfluss-Prognose unterschieden. Beide Berechnungen lassen sich mit Hilfe der QUIRINUS Ampel visualisieren. In der State-Estimation, in der der aktuelle Netzzustand in Echtzeit ermittelt wird, werden Leitungen und Knotenpunkte anhand der Farben Grün, Rot und Schwarz dargestellt. Grün bedeutet, dass kein Engpass vorliegt und sich die Spannungen sowie die Betriebsmittelauslastungen in definierten Grenzbereichen bewegen. Die Farbe Rot signalisiert eine Grenzüberschreitung und triggert gleichzeitig einen Lösungsvorschlag zur Behebung des jeweiligen Netzengpasses. Der Ausfall eines Netzabschnittes wird durch die Farbe schwarz kenntlich gemacht. In der Lastfluss-Prognose wird der Netzzustand der zukünftigen 24 Stunden anhand von Last- & Erzeugungsprognosen und historischen Daten errechnet. Da im Falle eines prognostizierten Engpasses noch Zeit bleibt diesen durch den Einsatz von Erzeugungs- und Verbrauchsflexibilität zu beheben, wird hier die Farbe Rot durch Gelb ersetzt. Die Grüne Ampelphase verhält sich analog zu der der State-Estimation.

Lastmanagement, Verbrauchs- & Erzeugungsprognose

Last- und Erzeugungsprognosen dienen dem CC als Input zur Berechnung des Netzzustandes. Die Erzeugungsprognosen werden vorwiegend mit Hilfe von Wetter- und Anlagenstammdaten errechnet. Das erwartete Verhalten von Blockheizkraftwerken, Wärmepumpen und Gewerbelasten im Netz wird anhand historischer Daten durch eine künstliche Intelligenz ermittelt. Ein weiteres Modul des CC beschäftigt sich mit der Flexibilisierung, also der Analyse und dem Management, industrieller Lasten von Pilotkunden, die im Rahmen des Projektes als Partner gewonnen werden konnten. Die Analyse befasst sich mit der Aufnahme und der Umwandlung von Produktionsfahrplänen in „Energiefahrpläne“ (Leistungsfahrpläne). Das Management errechnet aktiv Alternativfahrpläne, die dem CC vorgeschlagen werden. Dieses ermittelt dann den optimalen Fahrplan für die jeweilige lokale Netzsituation.

Flexibilitätsmonitor

Im Flexibilitätsmonitor werden die gewonnene Netztransparenz sowie die ermittelten Flexibilitätspotenziale so genutzt, dass vorgelagerten Netzbetreibern eine Indikation über die vorhandene Flexibilität des nachgelagerten Netzes bereitgestellt werden kann. So eröffnet sich die Möglichkeit auch Engpässe im vorgelagerten Netz durch Leistungsanpassungen zu bewirtschaften. Der Flexibilitätsmonitor visualisiert für die Nutzer des CC



den Anteil der im Verteilnetz am jeweiligen Connection Point (CP) befindlichen Flexibilität über ein PQ-Diagramm. Durch die potenzielle Flexibilität entsteht eine Punktwolke von möglichen Arbeitspunkten des CPs. Der Nutzer des CC kann durch Parametrierung des aktuellen Arbeitspunktes im Flexibilitätssbereich die notwendige Flexibilität aktivieren und so dem vorgelagerten Netzbetreiber eine aggregierte Leistungsanpassung am CP bereitstellen.

Informations- und Kommunikationstechnik (IuK)

Eine der Hauptaufgaben des QUIRINUS CC besteht in der Übertragung, der Aufnahme und der Verarbeitung von Daten aus verschiedensten Quellsystemen. Die Leitstellen und Datenbanken der Netzbetreiber übertragen Live-Messdaten aus dem Netz, mit Hilfe des Protokolls IEC 60870-5-104 und stellen Geoin-

formationen, historische Lastgangdaten sowie Schalterstellungen über SFTP-Server bereit. Prognose-, Produktions- und Anlagendaten werden von externen Datenbanken über online-Schnittstellen (z.B. REST API) eingebunden und entsprechend verarbeitet.

Simulativer Netzausbau

Neben dem Monitoring von Netzengpässen im aktuellen Bestandsnetz besteht im QUIRINUS CC die Möglichkeit, Netze simulativ auszubauen und das Verhalten zukünftiger Netztopologien zu simulieren. So können Einflussfaktoren wie die Elektromobilität, eine höhere Durchdringung von PV-Anlagen oder der Ausbau von Windkraftanlagen berücksichtigt und ihr Einfluss auf die zukünftige Netzstabilität ermittelt werden.

IT-Security Monitoring

Im Rahmen des IT-Security Monitorings wurde im QUIRINUS CC in Heppendorf ein Security Operations Center (SOC) aufgebaut. Nach einer Analyse des bestehenden Netzwerkes konnten erste Schwachstellen identifiziert und durch gezielte Härtings- und netztopologische Maßnahmen korrigiert werden. Für den kontinuierlichen Betrieb wurde ein lernfähiges Intrusion Detection System (IDS) installiert, dessen Aufgabe es ist, Angriffe zu erkennen, zu melden und Angriffsmuster zu ermitteln. Dazu werden alle Netzwerkpakete aufgezeichnet, analysiert und gegebenenfalls durch Filter und Angriffssignaturen als potenzielle Angriffe identifiziert. Ergänzend zum IDS wurde ein Security Information and Event Management System (SIEM) eingerichtet. Das System sammelt, speichert und visualisiert Informationen aus Logs in Echtzeit, die von den Netzwerkteilnehmern und Applikationen gesendet werden.

DIE WISSENSCHAFTLICHE BEGLEITFORSCHUNG

Simulationen

Mit Simulationsmodellen wird das vkw++ in den Verteilnetzen nachgebildet, um unter Berücksichtigung der Netzversuche Aussagen zur Wirksamkeit eines vkw++ hinsichtlich folgender Themen zu treffen:

- ◇ ökonomische und ökologische (regionale) Effekte
- ◇ Beschleunigung des Zubaus an Erneuerbaren Energien
- ◇ Treibhausgasminderungspotenzial
- ◇ Wechselwirkungen mit den übergeordneten Netzebenen
- ◇ Engpässe und Netzstabilität

Risikobewertung

Die Risikobewertung als Bestandteil des Risikomanagements schafft Transparenz über Art und Wirkungsketten der zu erwartenden Risiken und verdeutlichte den projektspezifischen Handlungsspielraum. Es wurden insgesamt 72 Einzelrisiken aus vier Risikoarten (technisch, rechtlich, organisatorisch und ökonomisch) identifiziert und entsprechende Sicherheitsmaßnahmen erarbeitet.

Technische Risiken
(z.B. Betriebsmittelausfall,
IT-Sicherheit)

Rechtliche Risiken
(z.B. Schäden, Haftung)

Organisatorische Risiken
(z.B. Ressourcen,
Kommunikation)

Ökonomische Risiken
(z.B. Budget, Haftung)

Motivation für wissenschaftliche Begleitforschung

Ergänzend zu den Pilotversuchen werden im Projekt QUIRINUS Simulationen im Verteil- und Übertragungsnetz durchgeführt, um die ökologischen und ökonomischen Effekte des vkw++ zu ermitteln. Darüber hinaus werden die regulatorischen und strategischen Rahmenbedingungen des vkw++ identifiziert und analysiert. Die vorliegenden Projektergebnisse stellen einen Zwischenstand im Dezember 2019 dar. Weitere Projektergebnisse werden im Laufe der Projektlaufzeit erzielt und in der ersten Jahreshälfte 2020 publiziert.



Systemanalyse

Aufgrund flexibler dezentraler Anlagen kann das vkw++, ähnlich wie ein Speicher, systemdienlich eingesetzt werden. Das vkw++ wird daher modellseitig als Speicher simuliert und im Knotenpreismodell integriert um den Systemnutzen eines VKW zu analysieren. Ein Teil der flexiblen Kapazitäten des VKW werden dabei für den verteilnetzdienlichen Einsatz reserviert, die freien Kapazitäten werden zur Verbesserung des Systemkostenoptimums genutzt.

Regulierungsdesign

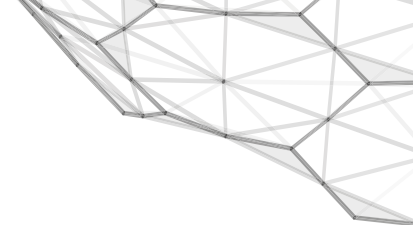
Die Analyse des regulatorischen Rahmens zeigt Hemmnisse für die Bereitstellung von Flexibilität und Durchführung eines VKW:

EnWG/Unbundling erschwert Einsatz von lokaler Flexibilität

Keine Anreize für Erschließung von lokaler Flexibilität

Strukturen für Vergütung von lokaler Flexibilität fehlen

Netzentgeltsystematik setzt Fehlanreize



DIE PROJEKTPARTNER



FH AACHEN
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
SIJ | SOLAR-INSTITUT JÜLICH



Ein Unternehmen von
STAWAG EWV



Energiewirtschaftliches Institut
an der Universität zu Köln



The Energy Storage Company



Lebensadern Deiner Stadt.



DAS PROJEKTLAYOUT



INTERNET AND SO AGENCY

DAS PROJEKTDISEIGN



Dieses Projekt wird durch die Europäische Union und das Land NRW gefördert.



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen





QUIRINUS Projekt
c/o SME Management GmbH
Am Schlehdorn 5-7
50189 Elsdorf-Heppendorf
Rhein-Erft-Kreis

Telefon +49 2271 5059-140
messe@quirinus-projekt.de
quirinus-projekt.de