

Zusammenfassung der Ergebnisse des Interreg VA-Projekts „EnergiewabenGR“

Compte rendu des résultats du projet Interreg VA « Cellules énergétiques GR »

Nach der Modellierung der vier Energiewaben für die Regionen Metz, Ostbelgien, Remich und Trier und deren Weiterentwicklung bis zum Jahr 2030, wurden verschiedene Simulationen mit realen Erzeugungs- und Verbrauchsdaten durchgeführt, um Rückschlüsse auf den optimalen Einsatz verschiedener Flexibilitätsoptionen zu erzielen. Die verschiedenen Zeitreihen wurden in 15-Minuten-Schritten in ein eigens auf das Projekt zugeschnittenes Energie- und Bilanzkreismanagement übertragen und in das vorhandene Leitsystem der Stadtwerke Trier integriert. Die Funktionen der verwendeten Energie- und Bilanzkreismanagementsoftware mussten an die spezifischen Bedürfnisse des Projekts angepasst werden (Simulationen und deren Fortschreibung in die Zukunft), da die Originalversion vom Hersteller lediglich für den operativen Einsatz konzipiert war. Der Schwerpunkt der Simulationen konzentrierte sich auf das Bilanzkreismanagement, die Steuerung der unterschiedlichen Einheiten und orientierte sich am Fahrplanmanagement, um Bilanzkreisdifferenzen so gering wie möglich zu halten. Oberstes Ziel war es den Bezug von Ausgleichsenergie zu reduzieren, den regional nutzbaren Anteil erneuerbarer Energien (EE) zu erhöhen und die einzelnen Energiewaben damit planbarer zu machen.

Après avoir modélisé les quatre cellules énergétiques pour les régions de Metz, de l'Est de la Belgique, de Remich et de Trèves et leur développement à l'horizon 2030, diverses simulations ont été réalisées avec des données de production et de consommation réelles afin de tirer des conclusions sur l'utilisation optimale des différentes options de flexibilité. Les différents profils de charge ont été transmis par plages de 15 minutes à un système de gestion de flux d'énergie et de gestion de périmètre d'équilibre qui a été intégré dans le poste de commande et de contrôle de la Régie de Trèves. Le logiciel utilisé a été spécialement adapté au besoin du projet (simulations et leur extrapolation dans l'avenir) car l'éditeur du logiciel l'avait conçu pour un usage uniquement opérationnel. Les simulations ont été principalement axées sur la gestion des périmètres d'équilibre¹, le contrôle des différentes unités et elles étaient orientées afin de permettre de maintenir au plus proche l'équilibre du bilan énergétique. L'objectif principal est de réduire l'achat d'énergie, d'augmenter la part des énergies renouvelables (EnR) utilisables au niveau régional et d'équilibrer au mieux les différentes cellules énergétiques.

¹ Chaque cellule énergétique représente un périmètre d'équilibre.

Ausgangsszenario: Jede Wabe regelt sich selbst aus

Scénario du départ: Chacune des cellules s'équilibre elle-même

Zunächst wurde eine Simulation für jede individuelle Energiewabe mit den erfassten Daten und theoretisch verfügbaren Flexibilitätsoptionen der Basisjahre (2012-2014) durchgeführt, um aufzuzeigen, welche potentiellen Optimierungsmöglichkeiten in den Basisjahren bereits möglich gewesen wären. Die individuelle Bilanzkreisoptimierung erfolgte in zwei Schritten mit dem Ziel jede Energiewabe für sich auszuregeln. Dabei wurde jeweils ein erster Bilanzkreisausgleich mit Prognosedaten für den nächsten Tag durchgeführt, indem zunächst ein Abgleich über den Strommarkt erfolgte. Dies hat zur Folge, dass die prognostizierte Erzeugung und die zugekaufte oder verkaufte Energie dem prognostizierten Verbrauch am Folgetag entsprechen. Damit wurde der Bilanzkreis zunächst glatt gestellt. Im zweiten Schritt wurde dann der Prognosefehler vom Vortag am Liefertag durch die vorhandenen Flexibilitätsoptionen in jeder Energiewabe ausgeglichen und der Bilanzkreis erneut glatt gestellt.

Tout d'abord, une simulation a été réalisée pour chaque cellule énergétique individuelle avec les données collectées et les options de flexibilité théoriquement disponibles des années de référence (2012-2014) afin de montrer quelles options d'optimisation potentielles auraient déjà été possibles au cours des années de référence. L'optimisation des périmètres d'équilibre est réalisée en deux étapes afin d'équilibrer chaque cellule énergétique individuellement. En partant des données prévisionnelles pour le lendemain (J+1), un premier équilibrage du périmètre est réalisé en achetant de l'énergie sur le marché de l'électricité (Day Ahead). En conséquence, la production prévue et l'énergie achetée ou vendue correspondent à la prévision de consommation du lendemain (J+1) assurant l'équilibre du périmètre. Dans un deuxième temps, l'erreur de prévision est corrigée le jour de la livraison (J) en utilisant les options de flexibilité disponibles dans chaque cellule énergétique et ainsi assurer l'équilibre du périmètre.

Für den zweiten Schritt wurden für die Simulation bereits existierende, (theoretisch) steuerbare Erzeuger (BHKW) und Verbraucher (Wärmepumpen) genutzt, um den Prognosefehler des Vortags auszugleichen. Der Prognosefehler ergibt sich aus der Vorhersage der Produktion erneuerbarer Energien und des voraussichtlichen Verbrauchs am Vortag und der tatsächlich aus EE erzeugten Energie sowie dem realen Verbrauch am Liefertag. Es wurde angenommen, dass in beiden Fällen die Erzeugungs- und Verbrauchseinheiten mit entsprechenden Wärmespeichern ausgestattet sind, damit die Wärmeerzeugung vom Wärmeverbrauch entkoppelt werden und diese flexibel in das Bilanzkreismanagement integriert werden konnte. Da in den Basisjahren jedoch nur ein sehr geringer Anteil an Flexibilität (nur BHKW, ein geringer Anteil Wärmepumpen, keine E-Mobilität etc.) vorhanden war, war die Wirkung der Optimierung noch begrenzt. Denn diese stand entweder einem relativ hohen Anteil an bilanzieller EE-Erzeugung (z.B. Wabe Trier ca. 76 %) gegenüber, oder ein geringer bilanzieller EE-Anteil (z.B. Wabe Metz ca. 20 %) traf auf einen geringen Anteil an Flexibilitätsoptionen.

Dans cette deuxième étape, la simulation réalise l'équilibrage de l'erreur de prévision en agissant sur les producteurs (théoriquement) pilotables (unités de cogénération) et les consommateurs (pompes à chaleur) existants. L'erreur de prévision résulte de l'écart entre la prévision de la production d'énergie renouvelable et la consommation prévue à J-1 et l'énergie effectivement produite à partir de sources d'énergie renouvelables et la consommation réelle le jour de la livraison (J).

Il a été supposé que dans les deux cas, les unités de production et de consommation sont équipées des moyens de stockage thermiques appropriés. Ainsi, elles peuvent être intégrées dans la gestion du périmètre d'équilibre d'une manière très flexible. Cependant, comme il n'y avait qu'une très faible capacité de flexibilité dans les années de référence (seulement la cogénération et une petite proportion de pompes à chaleur, pas de voitures électriques, etc.), l'effet de l'optimisation est limité. La simulation c'est heurtée soit à une proportion relativement élevée de production d'EnR intégré au bilan (par exemple à Trèves, environ 76 %), soit à une proportion d'EnR faible (par exemple à Metz environ 20 %) que les faibles options de flexibilités ne peuvent pas compenser.

Szenarien 1-4: Die Situation im Jahr 2030

Scénarios 1 à 4: La situation en 2030

Die Anlagenprofile² der Basisjahre 2012-2014 dienten als Grundlage für die Szenarien in 2030. Dabei wurden vorab für jede Energiewabe die Entwicklung bzw. der Ausbau der verschiedenen EE-Erzeuger, der Speichertechnologien und der Verbrauchergruppen festgelegt. Anschließend konnten die verschiedenen Profile aus den Basisjahren weiterentwickelt und so eine Situation im Jahr 2030 abgebildet werden, in der teilweise deutlich höhere EE-Erzeugung und vermehrtes Potenzial für Flexibilitätsoptionen vorhanden waren. Für das Jahr 2030 wurden vier Szenarien definiert und simuliert.

Les profils des installations³ des années de référence 2012-2014 ont servi de base aux scénarios en 2030. Chaque cellule énergétique a réalisé un travail prospectif sur le développement de la production d'EnR, des moyens de stockage et des groupes de consommateurs. Sur cette base, les différents profils des années de référence ont été extrapolés afin d'obtenir une situation projetée en 2030 dans laquelle, dans certains cas, la production d'EnR était nettement plus élevée et le potentiel d'options de flexibilité accru. Quatre scénarios ont été définis et simulés pour l'année 2030.

In jedem Szenario gleichen die Wabenverantwortlichen ihren jeweiligen Wabenbilanzkreis zunächst über die Energiebörse Epex Spot via Day-Ahead-Handel

² Hierbei handelt es sich um die ¼ Std.-Profile z.B. von PV- und Windanlagen auf der Erzeugungsseite und z.B. Elektroautos oder Wärmepumpen auf der Verbrauchsseite.

³ Il s'agit des profils au pas de temps 15 minutes, par exemple, des installations photovoltaïques et des éoliennes au niveau de la production et des véhicules électriques ou des pompes à chaleur au niveau de la consommation.

aus (erster Schritt). Das Ziel ist, die jeweiligen Bilanzkreise bereits am Vortag der Lieferung wie oben beschrieben auszugleichen. Sobald die genaueren Intraday-Prognosen feststehen, werden die verschiedenen Flexibilitätsoptionen genutzt (zweiter Schritt), um kontinuierlich Verbrauch und Erzeugung auszugleichen. Abschließend können nicht genutzte Flexibilitäten oder Energieüberdeckung bzw. -unterdeckung in einem grenz- und wabenüberschreitender Energiehandel ausgetauscht werden (dritter Schritt). Alle Szenarien 1-4 hatten unterschiedliche Schwerpunkte in Bezug auf die Flexibilitätsoptionen, die Einstellungen der Software und bei den Optimierungsschritten.

Dans chaque scénario, les responsables d'équilibre des cellules équilibrent d'abord leur périmètre respectif via le négoce interjournalier à la bourse d'énergie Epex Spot (Day Ahead) (premier étape). L'objectif est d'équilibrer les périmètres d'équilibre dès la veille de la livraison, comme décrit ci-dessus. Dès que des prévisions intrajournalières plus précises sont disponibles, les différentes options de flexibilité sont utilisées (deuxième étape) pour équilibrer en permanence la consommation et la production. Enfin, les flexibilités non utilisées ou les excédents/déficits énergétiques peuvent être échangés dans le cadre d'un commerce transfrontalier entre les cellules énergétiques (troisième étape). Chaque scénario (1 à 4) a testé des options de flexibilité, de paramètres logiciels et des étapes d'optimisation différents.

Szenario 1: Der Bilanzkreisausgleich wird für jede Wabe individuell vorgenommen, indem zunächst ein Abgleich über den Strommarkt (bis einschließlich Day-Ahead Handel) erfolgt und der Prognosefehler vom Vortag am Liefertag durch eigene Flexibilitätsoptionen ausgeglichen wird.

Scénario 1: L'équilibrage du périmètre est effectué individuellement pour chaque cellule par le biais d'un premier alignement via le marché de l'électricité jusqu'au négoce interjournalier inclus tout en compensant l'erreur de prévision de la veille le jour de la livraison au moyen d'options de flexibilité propres.

Szenario 2: Hierfür wurde die gleichen Simulationen wie in Szenario 1 durchgeführt mit dem zusätzlichen Optimierungsschritt eines grenzüberschreitenden Stromaustauschs zwischen den Waben.

Scénario 2: Dans un premier temps, les mêmes simulations que dans le scénario 1, mais en plus d'un échange transfrontalier d'électricité entre les cellules.

Szenario 3: Auch hier wird der Bilanzkreisausgleich für jede Wabe individuell wie in Szenario 1 vorgenommen, jedoch in Ergänzung eines zusätzlichen Online-Reglers. Hierbei handelt es sich um einen sehr flexiblen Energiespeicher, dessen Hauptaufgabe die Ausregelung von Prognosedifferenzen innerhalb einer Viertelstunde ist. Die Online-Regler jeder Wabe unterscheiden sich wie folgt: In Metz und Remich wurde ein Nahwärmenetz integriert, in Ostbelgien werden Batterien und Power-to-Gas-Anlagen vorgesehen und in Trier wird ein Pumpspeicherkraftwerk eingesetzt.

Scénario 3: Au départ, les mêmes simulations que dans le scénario 1 sont effectuées, mais en plus d'un régulateur en ligne supplémentaire. Il s'agit d'un système de stockage d'énergie très flexible qui est utilisé pour l'ajustement décentralisé des différences de prévisions au pas de temps 15 minutes. Les régulateurs en ligne de chaque cellule se distinguent comme suit : à Metz et Remich, un réseau de chaleur local, dans l'Est de la Belgique, des batteries et des centrales « Power to Gas » et à Trèves, une STEP (Station de Transfert d'Énergie par Pompage).

Szenario 4: Hierfür wurden die gleichen Simulationen wie in Szenario 3 durchgeführt mit dem zusätzlichen Optimierungsschritt eines grenzüberschreitenden Stromaustauschs zwischen den Waben.

Scénario 4: Dans un premier temps, les mêmes simulations que dans le scénario 3 ont été effectués, mais en plus d'un échange transfrontalier d'électricité entre les cellules.

Die Ergebnisse der Szenarien

Les résultats des scénarios

Die Ergebnisse der Simulationen haben gezeigt, dass sich mit dem Konzept der Energiewabe ein Teil der Differenzen zwischen prognostizierter Erzeugung aus fluktuierenden erneuerbaren Energien und deren tatsächlicher Erzeugung mit Flexibilitäten ausgleichen lässt, ohne dass Versorgungslücken in anderen Sektoren, etwa bei der Wärmeversorgung, entstehen.

Les résultats des simulations ont montré qu'avec le concept de la cellule énergétique, il est en effet possible de compenser une partie des différences entre les prévisions de la production d'énergies renouvelables et leur production réelle à l'aide de flexibilités, sans créer de déficit d'approvisionnement dans d'autres secteurs, comme celui de l'approvisionnement en chaleur par exemple.

Wenn beispielsweise in der Wabe Trier das politische Ziel, den Stromverbrauch bis zum Jahr 2030 bilanziell zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energien zu decken, erreicht werden soll, kann mit dem Energiewabenkonzept dazu beigetragen werden, dass dieser Strom auf 15 Minuten genau ausgeregelt für einen bestimmten Tag zur Verfügung steht⁴. Das Konzept konnte den Prognosefehler zwischen der Prognose vom Vortrag und den realen Erzeugungs- und Verbrauchsprofilen am Liefertag auf durchschnittlich ca. 0,3 % reduzieren. Ohne den Einsatz von Flexibilitätsoptionen würde der Prognosefehler des Bilanzkreises in den hier aufgestellten Szenarien für 2030 durchschnittlich bei ca. 3 % liegen.

⁴ Der kurzfristige Handel an der Strombörse ist in 15 Minuten-Intervallen möglich, um so die fluktuierende Erzeugung aus EE möglichst gut abzubilden.

Si, par exemple, l'objectif politique de couvrir 100 % de la consommation électrique de la cellule énergétique de Trèves au niveau bilan par le biais des énergies renouvelables d'ici 2030 doit être atteint, le concept de cellule énergétique peut contribuer à un équilibrage au pas de temps 15 minutes⁵ pour la consommation électrique d'une journée précise. Le concept a permis de réduire l'erreur de prévision entre la prévision de la veille et les profils de production et de consommation réels le jour de la livraison à une moyenne d'environ 0,3 %. Sans l'utilisation des options de flexibilité, l'erreur de prévision du périmètre d'équilibre dans les scénarios présentés ici serait d'environ 3 % en moyenne pour 2030.

In der durchschnittlichen absoluten Leistungsabweichung des Bilanzkreises bedeutet dies eine Reduzierung von ca. 9 MW auf ca. 1 MW für die Wabe Trier. Die Einsparung von 8 MW Ausgleichsenergie kann seitens des Energieversorgers dazu genutzt werden, den Strompreis zu stabilisieren und auf Strompreiserhöhungen zu verzichten. Die folgende Tabelle stellt den prozentualen Anteil an EE in den unterschiedlichen Szenarien 1-4 dar, die verschiedene Flexibilitätsoptionen auf der Erzeuger- und Verbraucherseite berücksichtigen. Es zeigt sich, dass durch deren Nutzung im Jahr 2030 durch die Optimierungen innerhalb der Wabe Trier selbst und den grenzüberschreitenden Ausgleich mit anderen Waben bereits nahezu der gesamte mögliche Anteil an EE erreicht werden kann (rund 81 %).

Ce qui se traduit par une réduction de l'erreur de prévision d'environ 9 MW à environ 1 MW pour la cellule de Trèves. L'amélioration des coûts d'équilibrage peut permettre au fournisseur d'énergie de stabiliser ses niveaux de prix de l'électricité et éviter des augmentations. Le tableau suivant indique la part en pourcentage des EnR dans les différents scénarios 1 à 4, qui tiennent compte des différentes options de flexibilité au niveau des producteurs et des consommateurs. Il est démontré que d'ici 2030, la quasi-totalité de la part possible des EnR peut déjà être atteinte (environ 81 %) grâce aux optimisations au sein même de la cellule de Trèves et à l'équilibrage transfrontalier avec d'autres cellules énergétiques.

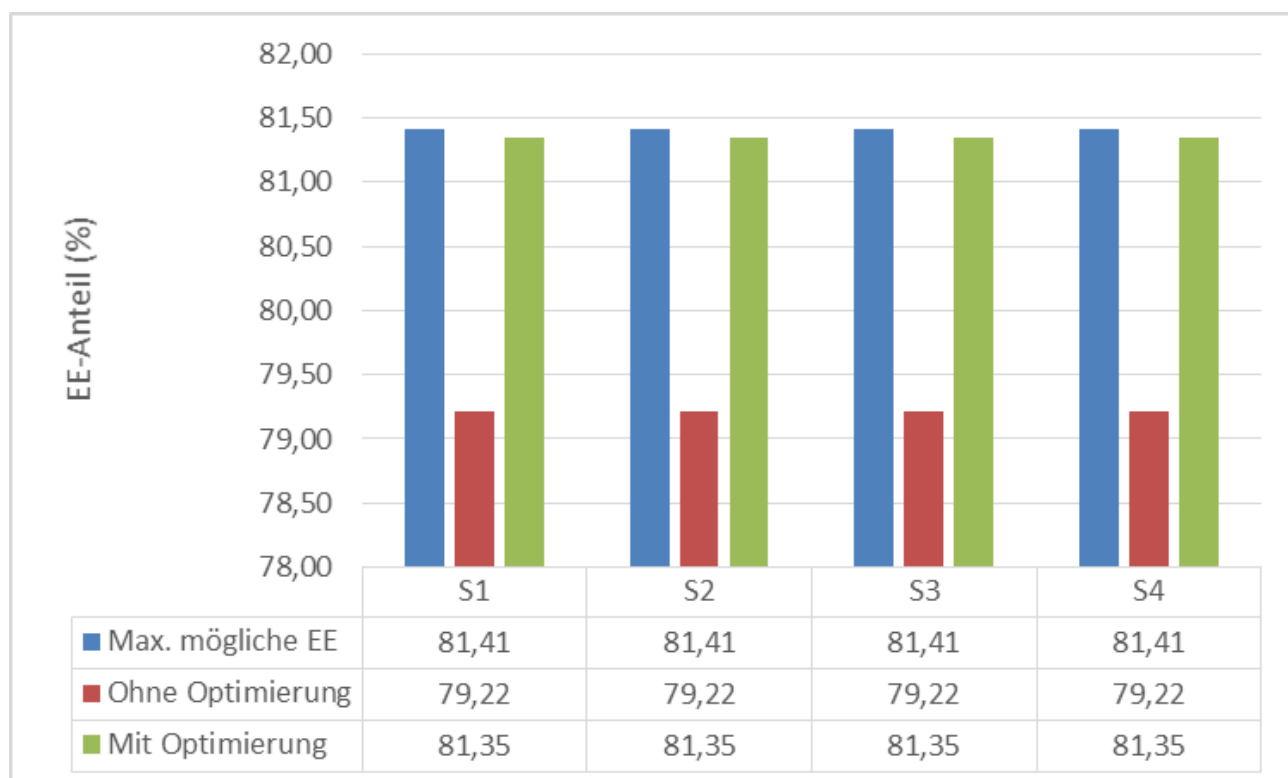
Dass der gesamte mögliche Anteil an EE lediglich bei ca. 81 % und nicht bei 100 % liegt, liegt daran, dass am Vortag (Day-Ahead Abgleich) bereits ein Teil der regional erzeugten EE verkauft wurde und daher der real verfügbare Anteil an EE auf durchschnittlich ca. 81 % sank. In der Energiewabe Trier ist im Zuge der Auswertung aufgefallen, dass sich der Prognosefehler der einzelnen Erzeugungseinheiten (insbesondere Wind und Photovoltaik) gegenläufig verhalten hat und so den durchschnittlichen Prognosefehler deutlich reduzierte. Wurde z.B. am Vortag mit hoher PV-Einspeisung und wenig Windleistung kalkuliert, am Liefertag stellte sich jedoch eine niedrige PV-Einspeisung und hohe Windleistung ein, so glichen sich Defizite und Überschüsse in der Erzeugung der EE-Anlagen in gewisser Weise aus, was den Prognosefehler verringerte.

⁵ Le négoce à court terme à la bourse d'électricité se fait au pas de temps 15 minutes pour mieux intégrer la production intermittente des EnR.

Le fait que la part totale des EnR ne soit que de 81 % environ et non de 100 % est dû au fait qu'une partie de leur production régionale est vendue la veille (négoce Day Ahead) et que la part des EnR réellement disponibles est donc tombée à 81 % environ en moyenne. Dans la cellule de Trèves, il est apparu au cours de l'évaluation que l'erreur de prévision des différentes unités de production (en particulier l'éolien et le photovoltaïque) pouvaient se compenser, ce qui a permis de réduire considérablement l'erreur de prévision moyenne. Si, par exemple, une forte alimentation photovoltaïque et une faible puissance éolienne avaient été calculées la veille du jour de fourniture, mais que le jour de la livraison une faible alimentation photovoltaïque et une forte puissance éolienne avaient été enregistrées, les déficits et les excédents de production des installations EnR s'effaçaient dans une certaine mesure, ce qui réduisait l'erreur de prévision.

Tabelle 1: Durch unterschiedliche Optimierungsstrategien erreichbare EE-Anteile in der Wabe Trier im Jahr 2030 in den Szenarien S1-S4 (in %)

Tableau 1: Parts des EnR possibles au maximum dans les différents scénarios d'optimisation S1 à S4 pour la cellule de Trèves (en %)



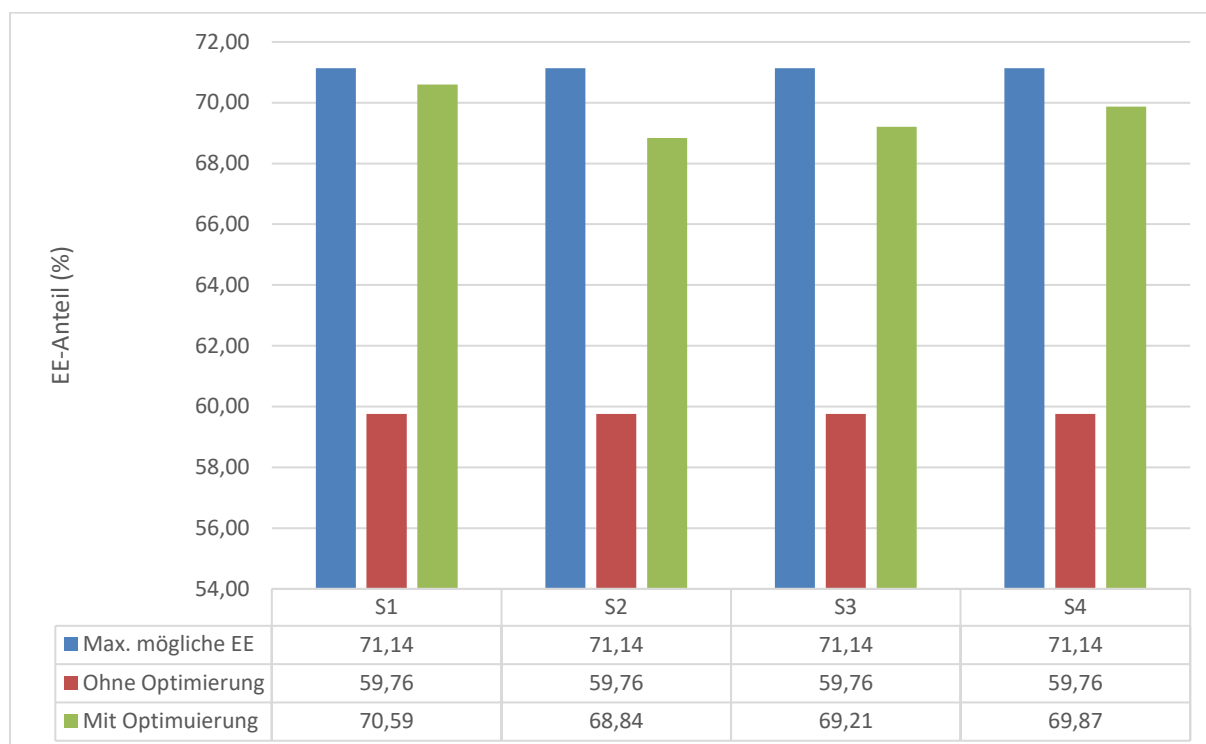
Der bilanzielle EE-Anteil in der Wabe Ostbelgien beträgt nach der Entwicklung bis 2030 ca. 80 %. Auch in Ostbelgien wird ein Teil dieser EE-Erzeugung am Vortag, bedingt durch eine prognostizierte Überdeckung, via Day Ahead Handel verkauft, sodass der maximal verfügbare EE-Anteil auf durchschnittlich 71 % sinkt. In der Wabe Ostbelgien kann durch die in den Szenarien 1-4 durchgeführten Optimierungen ein hoher Anteil an EE genutzt werden. Dies liegt vor allem an einem hohen Anteil an geeigneten Flexibilitätsoptionen im Jahr 2030, mit denen der Prognosefehler ohne Optimierung von durchschnittlich ca. 11 %, auf unter ca. 0,5 % bis 2 % reduziert werden kann. An flexiblen Erzeugern werden hier vor allem Blockheizkraftwerke

(BHKW) angenommen, verbrauchsseitig können Elektrofahrzeuge und Batterien eingesetzt werden. Als Online-Regler wurde eine Kombination aus Power to Gas (PtG)-Anlagen und Batterien verwendet. Auch in Belgien könnte damit der geringere Bedarf an Ausgleichsenergie zur Stabilisierung des Strompreises herangezogen werden.

Selon les projections en 2030, la part des énergies renouvelables dans la cellule énergétique de la Belgique Orientale sera d'environ 80 %. Ici aussi, une partie de cette production d'énergie renouvelable est vendue la veille par le biais de négoce à court terme (Day-ahead) en raison d'une prévision de surproduction, de sorte que la part maximale disponible d'énergie renouvelable tombe à 71 % en moyenne. Dans la cellule belge, une part élevée d'EnR peut être utilisée grâce aux optimisations réalisées dans les scénarios 1 à 4. Cela est principalement dû à une forte disponibilité d'options de flexibilité appropriées en 2030, qui peuvent réduire l'erreur de prévision sans optimisation d'une moyenne d'environ 11 % à une fourchette allant de 0,5 % à 2 %. On suppose que les producteurs flexibles sont principalement des centrales de cogénération, tandis que les véhicules électriques et les batteries seraient utilisés au niveau de la consommation. Une combinaison des systèmes (Power to Gas (PtG)) et de batteries a été utilisée comme régulation en ligne. En Belgique aussi, l'amélioration des coûts d'équilibrage pourrait être utilisée pour éviter des augmentations de prix de l'électricité.

Tabelle 2: Durch unterschiedliche Optimierungsstrategien erreichbare EE-Anteile in der Wabe Ostbelgien im Jahr 2030 in den Szenarien S1-S4 (in %)

Tableau 2: Parts des EnR possibles au maximum dans les différents scénarios d'optimisation S1 à S4 pour la cellule de la Belgique Orientale (en %)



Der bilanzielle EE-Anteil in der Wabe Remich beträgt im Jahre 2030 ca. 16 %. Dass dieser so gering ausfällt, liegt vor allem daran, dass in der Stadt Remich nur geringe Flächenpotenziale für einen EE-Ausbau vorhanden sind und so bspw. keine Errichtung von Windkraftanlagen möglich ist. Dadurch, dass der EE-Anteil so gering ist, wird dieser in der Wabe Remich nicht am Day-Ahead-Markt verkauft und der maximal mögliche EE-Anteil bleibt bei 16 %. Da die Wabe Remich bedingt durch den geringen EE-Anteil keine Überdeckung aufweist und einen sehr geringen Prognosefehler generiert, muss in der Optimierung auch nur ein geringer Anteil ausgeglichen werden. In den Szenarien mit einem grenzüberschreitenden Stromaustausch verschlechterte sich die Bilanz der Energiewabe Remich deutlich. Der Grund für diese Verschlechterung der Bilanz liegt im grenzüberschreitenden Optimierungsmechanismus, der eine Bilanzkreisoptimierung nach der installierten Leistung durchführt und keine Gewichtung der Energiewaben untereinander vornimmt.

La part des EnR dans le bilan de la cellule énergétique de Remich sera d'environ 16% en 2030. La principale raison pour laquelle cette part est si faible est qu'il y a peu de potentiel d'expansion des EnR sur le territoire de Remich. Il n'est pas possible de construire des centrales éoliennes, par exemple. Cette faible production des énergies renouvelables ne sera pas vendue sur le marché et la part maximale possible des énergies renouvelables reste donc à 16 %. Étant donné que la cellule de Remich ne présente pas de production excédentaire en raison de sa faible puissance installée en EnR et qu'il génère une très faible erreur de prévision, seule une petite partie doit être

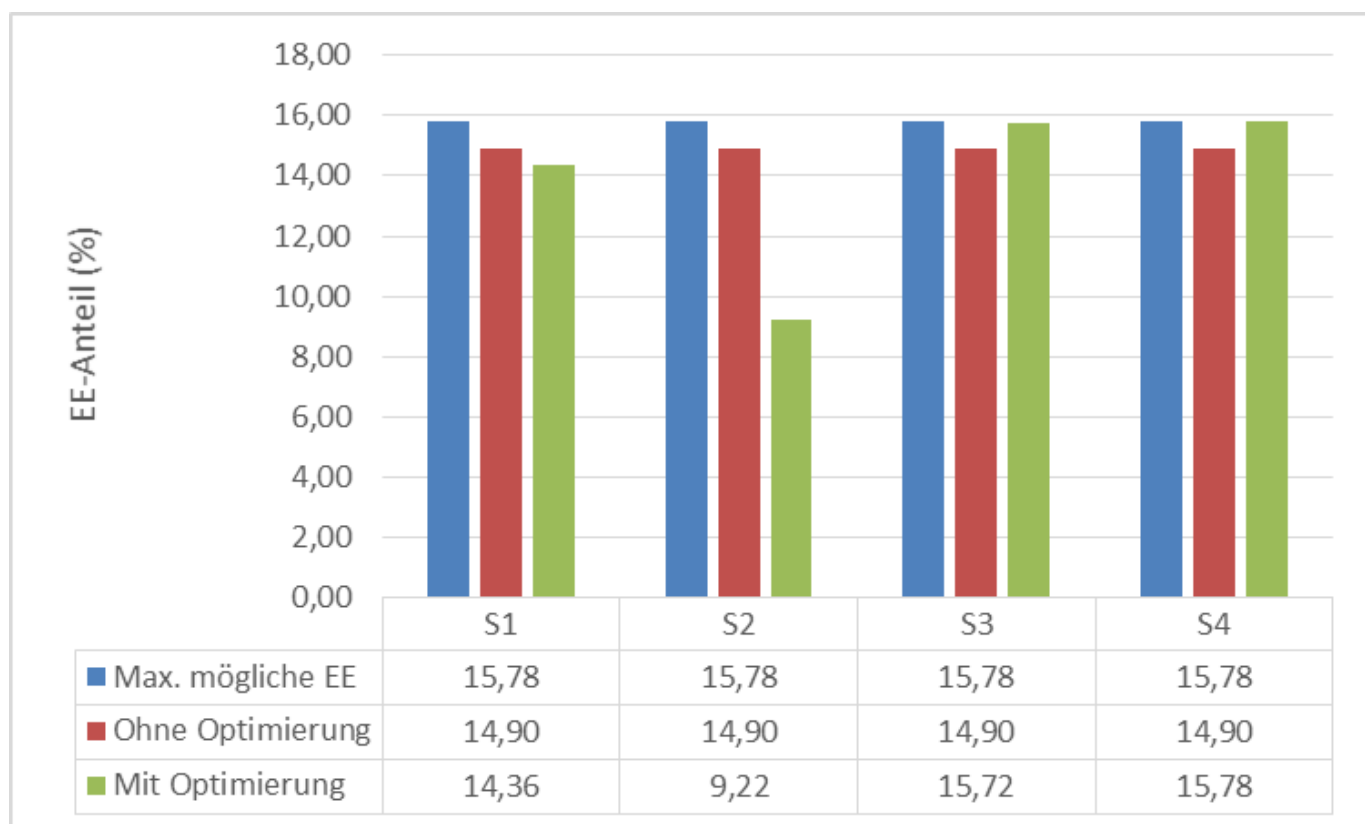
équilibrée dans l'optimisation. Dans les scénarios avec échange d'électricité transfrontalier, le bilan de la cellule énergétique de Remich s'est considérablement détérioré. La raison de cette détérioration du bilan est liée au mécanisme de l'optimisation transfrontalière qui n'effectue qu'une optimisation du périmètre en fonction de la capacité installée en négligeant une pondération des cellules énergétiques entre elles.

Wenn dann die Wabe Remich (mit einer installierten Leistung von ca. 2 MW) z. B. einen Energieaustausch mit der Wabe Trier (mit einer installierten Leistung von ca. 2.000 MW) durchführt und beide Bilanzkreise eine Abweichung von ca. 1 MW aufweisen, so bedeutet das für Trier eine Bilanzkreisabweichung von ca. 0,3 % und für Remich von ca. 40%. Das zeigt, dass die Energiewaben für einen grenzüberschreitenden Stromaustausch eine ähnliche Größenordnung in Bezug auf Verbrauch und Erzeugung haben sollten. Nur im Szenario 3 kann tatsächlich der Anteil an EE durch eigene Flexibilitäten, in diesem Fall Batteriespeicher, erhöht werden. Denn hier findet kein grenzüberschreitender Austausch statt, sondern die Wabe Remich regelt sich selbst aus.

Si la cellule de Remich (avec une puissance installée d'environ 2 MW), par exemple, échange de l'énergie avec la cellule de Trèves (avec une puissance installée d'environ 2 000 MW) et les deux périmètre d'équilibre ont un écart d'environ 1 MW, Trèves aura donc un écart dans son périmètre d'environ 0,3 % et Remich d'environ 40 %. Cela montre que, pour un échange transfrontalier d'électricité, les cellules énergétiques en question devraient avoir à peu près les mêmes besoins en consommation et en production. Ce n'est que dans le scénario 3 que la part des EnR peut effectivement être augmentée par les propres flexibilités de la cellule (le stockage sur batterie). Car ici, il n'y a pas d'échange transfrontalier, mais la cellule de Remich s'auto-équilibrera.

Table 3: Durch unterschiedliche Optimierungsstrategien erreichbare EE-Anteile in der Wabe Remich im Jahr 2030 in den Szenarien S1-S4 (in %)

Tableau 3: Parts des EnR possibles au maximum dans les différents scénarios d'optimisation S1 à S4 pour la cellule de Remich (en %)



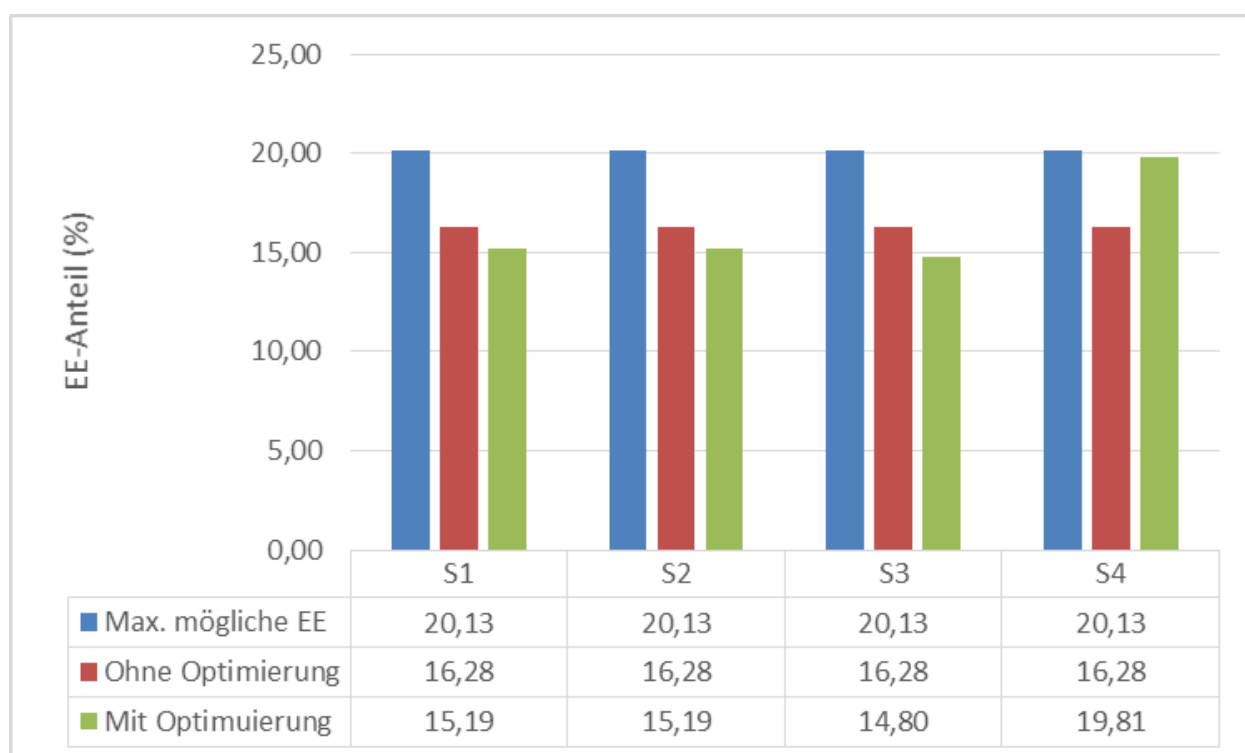
Die Wabe Metz ist zwar erheblich größer als Remich und verfügt über größere Flächen für EE-Erzeugung, jedoch beträgt der bilanzielle EE-Anteil nach der Weiterentwicklung bis zum Jahr 2030 dennoch lediglich ca. 20 %. Das liegt zum großen Teil daran, dass in Frankreich weiterhin auf zentrale Erzeugungsoptionen wie z.B. Atomkraftwerke gesetzt wird. Auch in der Wabe Metz wird am Vortag keine EE-Erzeugung veräußert (weil diese nur einen kleinen Anteil an der Gesamterzeugung hat) und der maximal nutzbare EE-Anteil beträgt somit 20 %. Da die Wabe Metz auch im Jahr 2030 kaum Flexibilitätsoptionen aufweist, ist das Optimierungspotenzial dort sehr gering, und die Wabe kann lediglich in Szenario 4 ihren Anteil an EE optimieren. Die geringe Flexibilität ist vor allem durch die Tatsache bedingt, dass die ins Wärmenetz einspeisenden Erzeugungsanlagen am Kapazitätsmarkt teilnehmen und daher nur eine sehr eingeschränkte flexible Fahrweise erlauben.

Bien que la cellule énergétique de Metz soit considérablement plus grande que celle de Remich et qu'elle dispose d'un territoire plus important pour la production d'EnR, la part des EnR dans le bilan à l'horizon 2030 ne sera toujours pas plus grande que 20 % environ. Cela est dû en grande partie au fait que les options de production centralisée telles que les centrales nucléaires continuent d'être utilisées en France. Dans la cellule de Metz, aucune production d'énergies renouvelables n'a été vendue la veille (car elle ne représente qu'une faible part de la production totale) et la part

maximale utilisable des énergies renouvelables reste donc de 20 %. Comme la cellule de Metz ne dispose pratiquement pas de possibilités de flexibilité même en 2030, le potentiel d'optimisation y reste très faible, et elle ne peut optimiser sa part d'énergies renouvelables que dans le scénario 4. La faible flexibilité est principalement due au fait que les centrales qui alimentent le réseau de chauffage participent au marché de capacités et ne permettent donc qu'une flexibilité très limitée.

Tabelle 4 Durch unterschiedliche Optimierungsstrategien erreichbare EE-Anteile in der Wabe Metz im Jahr 2030 in den Szenarien S1-S4 (in %)

Tableau 4: Parts des EnR possibles au maximum dans les différents scénarios d'optimisation S1 à S4 pour la cellule de Metz (en %)



Die Simulationen haben gezeigt, dass mit geeigneten Flexibilitätsoptionen hohe Anteile an EE-Erzeugung genutzt werden könnten. Allerdings reichen die angesetzten Flexibilitäten aktuell noch nicht aus, um eine vollständig ausgeglichene Bedarfsdeckung durch EE-Anlagen zu erzielen. Eine ausgeklügelte Steuerung, zusätzliche Flexibilitäten und eine bestmögliche Prognose bietet hier weiteres Verbesserungspotenzial. Die Ergebnisse haben jedoch auch gezeigt, dass das Ausregeln über die Grenzen hinweg nur sinnvoll ist, wenn die Waben über vergleichbare Erzeugungskapazitäten und Energieverbräuche verfügen. Im Projekt war beispielsweise die Energiewabe Remich gegenüber den anderen Waben zu klein gefasst. In Metz hat sich gezeigt, dass durch die Einführung eines französischen Kapazitätsmarktes für (fossile) Erzeugungsanlagen vor einigen Jahren die Nutzung von Flexibilität im Hinblick auf eine möglichst optimale Integration an EE in das lokale Stromsystem nur sehr eingeschränkt möglich ist.

Les simulations ont montré qu'avec des options de flexibilité appropriées, des parts élevées de production d'EnR pourraient être utilisées. Toutefois, les flexibilités

appliquées ne sont pas encore suffisantes pour parvenir à une couverture des besoins entièrement équilibrée et alimenté par les biais des centrales EnR. Une gestion plus performante, des flexibilités supplémentaires et les meilleures prévisions possibles offrent ici un potentiel d'amélioration supplémentaire. Toutefois, les résultats ont également montré que l'équilibrage transfrontalier n'a de sens que lorsque les cellules énergétiques ont des capacités de production et une consommation d'énergie comparable. Dans le projet, par exemple, la cellule énergétique de Remich était trop petite par rapport aux autres cellules. À Metz, il a été démontré que l'introduction d'un marché français de capacité pour les centrales (fossiles) il y a quelques années a limité l'utilisation de leur flexibilité par rapport à une meilleure intégration possible des énergies renouvelables dans le système électrique local.