



Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung am Oberrhein

Vers un système d'énergie décarboné dans le Rhin supérieur

Das Interreg-Projekt RES-TMO, das von der Professur für Fernerkundung und Landschaftsinformationssysteme (FeLis) und dem Zentrum für Erneuerbare Energien (ZEE) der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg initiiert und getragen wurde, hat das Potenzial der erneuerbaren Energien am Oberrhein aufgezeigt. Synergien, die auf der Komplementarität von Erzeugung, Bedarf und Speicherung beruhen, sowie Energieinitiativen werden in dieser Ausgabe vorgestellt, zusammen mit politischen Empfehlungen zur Beschleunigung der Energiewende.

Le projet Interreg RES-RMT, initié et porté par la chaire de télédétection et de systèmes d'information paysagère (FeLis) et le centre pour les énergies renouvelables de l'université Albert-Ludwig de Freiburg, a révélé le potentiel des énergies renouvelables dans le Rhin supérieur. Des synergies fondées sur la complémentarité de production, de demande et de stockage ainsi que des initiatives énergétiques sont présentées dans ce numéro, accompagnées de recommandations politiques afin d'accélérer la transition énergétique.

Regionale nachhaltige und resiliente Energiesysteme in der TMO Systèmes d'énergies durables et résilients dans la RMT	→ 2
Potenziale der erneuerbaren Energieerzeugung Potentiels de production d'énergie renouvelable	→ 3-6
Wirtschaftspolitik für Erneuerbare Energien am Oberrhein Politique économique pour les renouvelables dans la région du Rhin supérieur	→ 7
Modellierung und Szenarioentwicklung des TMO-Energiesystems Modélisation et développement de scénarios du système énergétique de la RMT	→ 8-9
Soziokultureller Bedingungen und Integration von Stakeholder-Perspektiven Conditions socioculturelles et intégration des points de vue des acteurs	→ 10-11
Regulatorischer Rahmen für Erneuerbaren Energien am Oberrhein Cadre réglementaire pour les énergies renouvelables dans le Rhin supérieur	→ 12-14
Datensicherheit in Microgrids Sécurité des données en micro-réseau	→ 15
Die Teilnehmer/innen des Interreg-Projektes Les participant.e.s au projet Interreg	→ 16



EFRE – Europäischen Fonds für regionale Entwicklung
 FEDER – Fonds européen de développement régional





Wasserkraftwerk Bremgarten-Zufikon an der Reuss, installierte Leistung von 20 MW.

Centrale hydroélectrique de Bremgarten-Zufikon sur la Reuss, puissance installée de 20 MW.

Mehr Infos / Plus d'infos : www.res-tmo.com

Das Projekt RES-TMO steht im Zusammenhang mit der Erfüllung des Pariser Abkommens und den klimapolitischen Zielen der EU, ihre Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80-95% gegenüber 1990 zu reduzieren. Im Legislativvorschlag „Saubere Energie für alle Europäer“ von 2016 stellte die Europäische Kommission das Potential regionaler Energieräume vor und forderte regionale Lösungen, insbesondere in Grenzgebieten.

In der Trinationalen Metropolregion Oberrhein (TMO) geht es insbesondere darum, eine stabile und zuverlässige Energieversorgung zu sichern und die Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen („Renewable Energy Sources“ - RES) zu steigern. Die Umsetzung eines 100% regionalen, auf erneuerbaren Energien basierenden Energiesystems erfordert ganzheitliche Ansätze und die intelligente Nutzung komplementärer Potenziale.

Das Projekt RES-TMO untersuchte die Synergien, Hebel und Hemmnisse für eine regionale Erzeugung und Speicherung von erneuerbaren Energien im Hinblick auf die Entwicklung eines dekarbonisierten und resilienten Energiesystems, sowie die rechtlichen, sozialen, gesellschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen dieser Transformation. Anhand der Analysen wird eine Roadmap, mit Konzepten, Szenarien, Tools und Handlungsempfehlungen für Entscheidungsträger, zur optimalen Nutzung komplementärer Potentiale und einer grenzüberschreitenden Integration erneuerbarer Energien in der TMO entwickelt.

Le projet RES-RMT s'inscrit dans la poursuite des objectifs posés par l'accord de Paris et l'UE qui s'est fixée de réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 80-95 % d'ici 2050 par rapport à 1990. Dans son paquet législatif, „Une énergie propre pour tous les Européens“ de 2016, la Commission européenne a reconnu le potentiel des systèmes énergétiques régionaux et a appelé à des solutions régionales, notamment dans les zones frontalières.

Dans la Région Métropolitaine Trinationale du Rhin Supérieur (RMT / TMO), il s'agit en particulier d'assurer un approvisionnement énergétique stable et fiable, tout en augmentant la production d'énergie à partir de sources renouvelables („Renewable Energy Sources“ - RES). La mise en œuvre d'un système énergétique 100 % régional basé sur les énergies renouvelables nécessite une approche globale et une utilisation intelligente de potentiels complémentaires.

Le projet RES-RMT examine les synergies, les leviers et les obstacles pour une production et un stockage régionaux des énergies renouvelables dans la perspective du développement d'un système énergétique décarboné et résilient, ainsi que les conditions juridiques, sociales, sociétales, techniques et économiques de cette transformation. Sur la base de ces analyses, une feuille de route est élaborée, comprenant concepts, scénarios, outils et recommandations politiques pour mobiliser de façon optimale des potentiels régionaux complémentaires et assurer une intégration transfrontalière des énergies renouvelables.

Zu den verschiedenen erneuerbaren Energiequellen gehören: Wind, Sonne, Biomasse, Wasserkraft und Geothermie. Die Aufgabe von der Arbeitsgruppe 2 bestand darin, das Erzeugungspotenzial dieser erneuerbaren Energien abzuschätzen. Es ist wichtig, zunächst zu definieren, was mit den verschiedenen Arten von Potenzialen gemeint ist. Die Abbildung und die Definitionen (siehe folgende Abbildung) beschreiben die Potenzialhierarchie, wie sie von Jäger et al. (2016) definiert wurde.

- Das *theoretische Potenzial* ist die Energiemenge, die theoretisch in einer bestimmten Region zu einem bestimmten Zeitpunkt von Wind oder Sonne geliefert wird.
- Das *geografische Potenzial* beschreibt die nutzbare Fläche für die Erzeugung erneuerbarer Energie. Es berücksichtigt konkurrierende Flächennutzungen wie städtische Ballungsräume oder Naturschutzgebiete sowie rechtliche Einschränkungen je nach regionalem Recht.
- Das *technische Potenzial* berücksichtigt zusätzlich technische Beschränkungen, die den theoretischen Energieertrag begrenzen, wie z.B. Umwandlungswirkungsgrade von PV-Modulen und Windturbinen.
- Das *wirtschaftliche Potenzial* ist das technische Potenzial, das innerhalb einer bestimmten Region und eines bestimmten Zeitraums wirtschaftlich realisierbar ist.
- Das *realisierbare Potenzial* berücksichtigt die organisatorische und soziale Dimension.

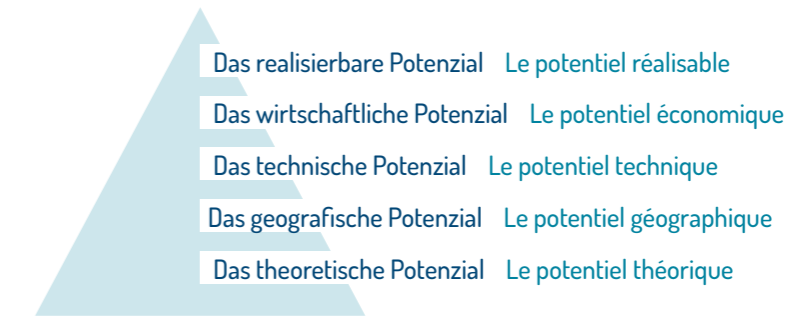
Mit dem Übergang vom theoretischen zum realisierbaren Potenzial nimmt die Komplexität der Berechnung des potenziellen Outputs schrittweise zu. Die Berechnung des geografischen Potenzials war in der Oberrheinregion aufgrund der Trinationalität und der unterschiedlichen Vorschriften eine besondere Herausforderung. Selbst innerhalb ein und desselben Landes variieren die Vorschriften manchmal aufgrund der föderalen Struktur und Gesetzgebung. Die Potenzialabschätzung von Arbeitsgruppe 2 bleibt auf der Ebene des technischen Potenzials stehen, da das wirtschaftliche und realisierbare Potenzial in der Regel eher von Fall zu Fall berechnet wird.

Parmi les sources d'énergie renouvelable, on compte : le vent, le soleil, la biomasse, la force hydraulique et la géothermie. La mission confiée au groupe de travail 2 était l'étude du potentiel de production de ces énergies renouvelables. Il convient tout d'abord de définir ce que l'on comprend sous les types de potentiels. Le schéma et les définitions (voir le graphique ci-dessous) décrivent la hiérarchie des potentiels, telle que présentée dans l'ouvrage de Jäger et al. (2016).

- Le *potentiel théorique* est la quantité d'énergie qui, en théorie, peut être livrée par le soleil ou le vent dans une région déterminée à un moment donné.
- Le *potentiel géographique* décrit la surface utilisable pour la production d'énergie renouvelable. Il prend en considération les utilisations concurrentielles des sols comme les agglomérations urbaines ou les réserves naturelles ainsi que les contraintes juridiques selon le droit régional.
- Le *potentiel technique* prend en considération les contraintes techniques, qui limitent le potentiel de production théorique tel que les rendements de conversion des modules PV et des éoliennes.
- Le *potentiel économique* correspond au potentiel technique réalisable d'un point de vue économique, dans une région définie et sur une durée déterminée.
- Le *potentiel réalisable* prend en compte les dimensions organisationnelles et sociales.

Lorsque l'on passe du potentiel théorique au potentiel réalisable, on augmente progressivement la complexité du calcul des résultats potentiels. Le calcul du potentiel géographique présentait dans le Rhin Supérieur un défi de taille, en raison de son caractère trinational et de ses multiples réglementations. Même au sein d'un seul et même pays, les règles varient parfois en raison de la structure fédérale et des différents niveaux de législation. L'étude de potentiel du groupe de travail 2 s'arrête à l'échelle du potentiel technique, car les potentiels économique et réalisable sont en règle générale plutôt étudiés au cas par cas.

Die Potenzialhierarchie nach der Definition von Jäger und al. (2016)
La hiérarchie de potentiels selon la définition de Jäger et al. (2016)



Prof. Dr. Barbara Koch



Leiterin der Arbeitsgruppe 2 – Analyse von Erzeugungs- und Speicherpotenzialen
Professur für Fernerkundung und Landschaftsinformationssysteme,
Zentrum für Erneuerbare Energien (ZEE),
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Coordonnatrice du groupe de travail 2 – Analyse des potentiels de production et de stockage
Chaire de Télédétection et de systèmes d'information sur le paysage, Centre pour les énergies renouvelables, Université Albert-Ludwig de Freiburg

« Die Oberrheinregion hat das Potential eine europäische Integrationsregion hin zu mehr Nachhaltigkeit zu werden. Das umfassende regionale Know-how in Wissenschaft und Praxis erlaubt es gerade der Oberrheinregion, mit seinen starken Industrieclustern, europäischen Transportstrukturen und bestehenden transnationalen Netzwerken, Innovationen voran zu treiben. »

« La région du Rhin supérieur a le potentiel de devenir une région d'intégration européenne vers plus de durabilité. Le vaste savoir-faire régional en matière de science et de pratique permet justement à la région du Rhin supérieur, avec ses puissants clusters industriels, ses structures de transport européennes et ses réseaux transnationaux existants, de faire avancer les innovations. »

Wichtige Erkenntnisse über Energieproduktionspotenziale

Conclusions principales sur les potentiels de production d'énergie

Laut Fraunhofer ISE (Hrsg. 2020) gelten PV und Windkraft als Säulen der zukünftigen Energieversorgung. Daher konzentrierte sich der Großteil der Forschung auf diese beiden Quellen. Sie stellen auch den größten Teil des Potenzials in der Region dar. Die wichtigsten Ergebnisse der Arbeitsgruppe werden nun aufgezeigt:

Solar-Photovoltaik (PV)

Das Potenzial für Solar-PV (211,5 TWh/Jahr) ist das größte in der Oberrheinregion. Solar-PV wurde in zwei Kategorien unterteilt, um das technische Potenzial zu berechnen: Hausdach-PV und Freiflächen-PV. Die Freiflächen-PV wurde außerdem in zwei Unterkategorien unterteilt, die von der Landnutzung der Ackerflächen abhängen: Landwirtschaftliche (Agri)-PV und Freiflächen-PV.

- **Hausdach-PV:** Das technische Potenzial von Hausdach-PV wurde auf 52 TWh/Jahr geschätzt. Die nachstehende Abbildung zeigt das Hausdach-PV-Potenzial pro Gemeinde, unabhängig von der nutzbaren Fläche, um die Gemeinden zu zeigen, die mehr Hausdach-Potenzial haben als andere.

- **Freiflächen-PV:** Das technische Potenzial der Freiflächen-PV wird in zwei Unterkategorien unterteilt: Agri-PV und GM-PV („ground-mounted“ PV). Agri-PV berücksichtigt die Doppelnutzung von Ackerland für die Energie- und Nahrungsmittelproduktion, während GM-PV dies nicht tut. Das Potenzial für Agri-PV (91,5 TWh/Jahr) wurde als größer eingestuft als das Potenzial für GM-PV (68 TWh/Jahr).

Das gesamt geschätzte technische Potenzial für Freiland-PV (159,5 TWh/Jahr) ist das größte, könnte aber aufgrund von Umwelt- und gesellschaftlichen Aspekten, die nicht berücksichtigt werden konnten, noch begrenzt sein. In der Potenzialhierarchie sind das wirtschaftliche und das realisierbare Potenzial begrenzter als das technische Potenzial (siehe oben).

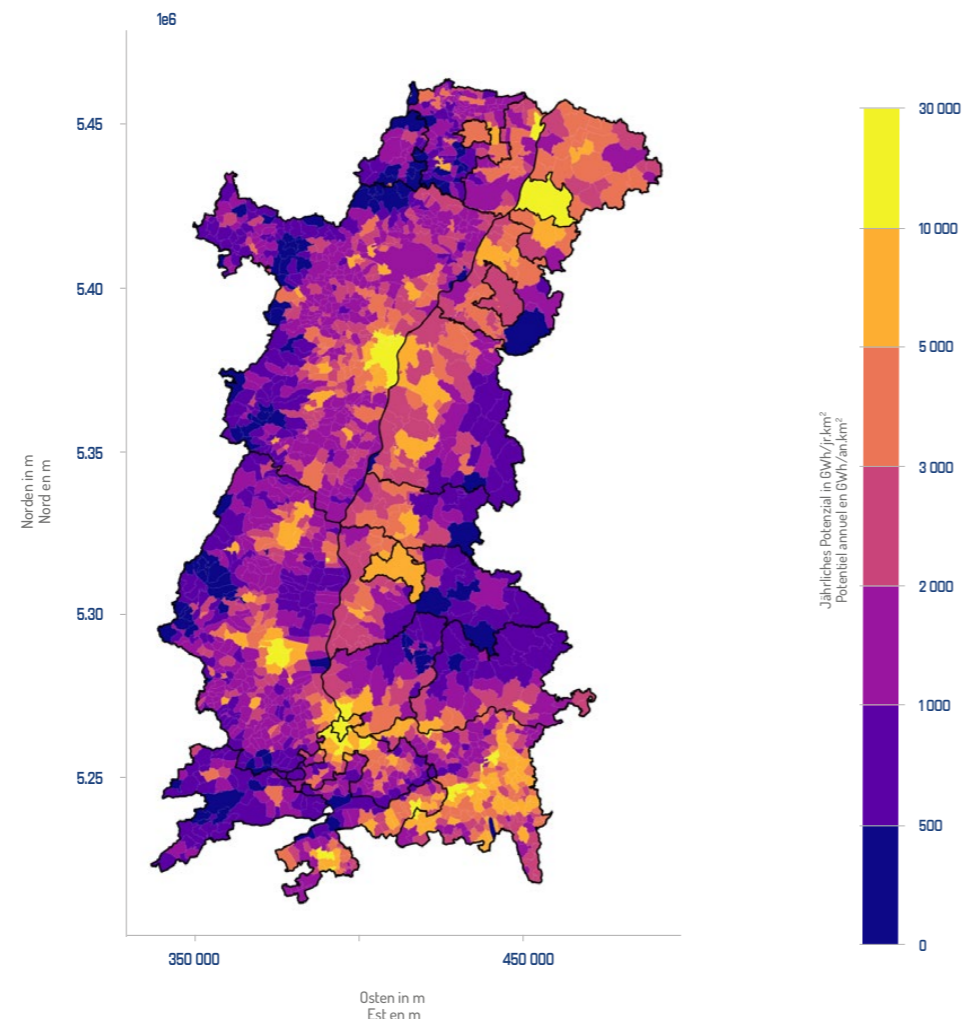
Hausdach-PV-Potenzial pro Gemeinde
Potentiel de PV-sur bâti par commune

Le photovoltaïque et l'éolien sont considérés comme les piliers de l'approvisionnement énergétique futur selon Fraunhofer ISE (ed. 2020). La majeure partie de cette recherche s'est donc concentrée sur ces deux sources qui représentent également le plus grand potentiel de la région. Ci-dessous sont exposés les résultats principaux du groupe de travail :

Photovoltaïque solaire (PV)

Le potentiel du photovoltaïque (211,5 TWh/an) est le plus important de la région du Rhin-supérieur. On a relevé deux catégories pour calculer le potentiel technique : le PV sur bâti et celui au sol. Ce dernier a lui-même été divisé en deux sous-catégories dépendant de l'utilisation des terres : l'agricolaire et les centrales PV au sol.

- **PV sur bâti :** le potentiel technique du PV sur bâti a été estimé à 52 TWh/an. La carte



ci-après montre le potentiel du PV sur bâti par commune, sans prise en considération de la surface utilisable pour indiquer les communes qui ont un potentiel plus important que d'autres.

- **PV au sol :** le potentiel technique du PV au sol est subdivisé en deux sous catégories : l'Agri-PV et le GM-PV (« Ground-Mounted » PV, panneaux montés au sol). Contrairement au GM-PV, l'Agri-PV prend en compte la double utilisation de terres arables pour la production d'énergie et de denrées alimentaires. Le potentiel de l'Agri-PV (91,5 TWh/an) a été estimé plus important que celui du GM-PV (68 TWh/an).

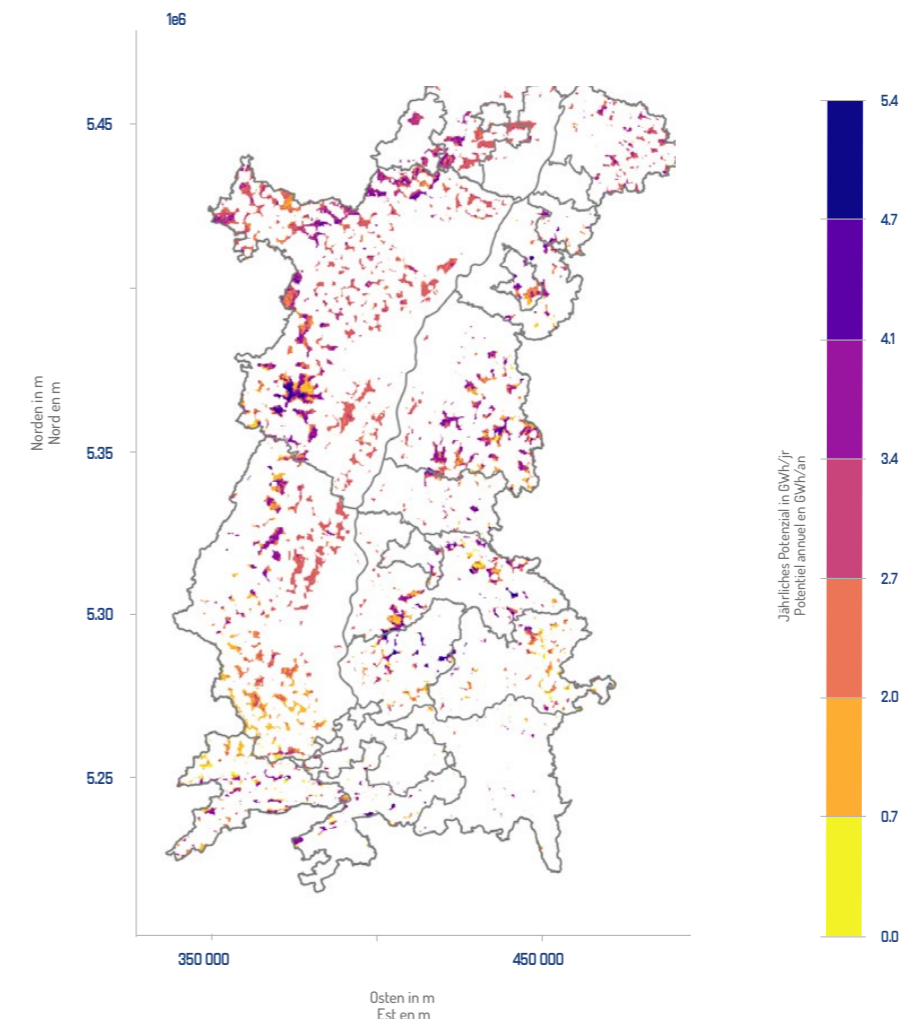
Le potentiel total estimé du PV au sol (159,5 TWh/an) est le plus important. Il pourrait cependant encore être limité en raison d'aspects environnementaux et sociétaux n'ayant pas pu être pris en considération. Les potentiels économique et réalisable sont dans la hiérarchie de potentiels plus limités que le potentiel technique (voir ci-dessus).

Wind

Das technische Potenzial für die Windenergieerzeugung in der Oberrheinregion wird auf 128 TWh/Jahr geschätzt. Dies ist das zweitgrößte Potenzial in der Region. Die folgende Abbildung zeigt das Windenergiepotenzial in der Oberrheinregion. Wie zu erkennen ist, sind die Sperrgebiete (weiß dargestellt) viel größer als die Flächen, die für die Ausbreitung der Windenergie genutzt werden können. Die Sperrgebiete werden auf der Ebene des geografischen Potenzials berücksichtigt, und Flächen wie Biosphärenreservate, Gewässer, Städte und Gebäude, Infrastruktur, geschützte Wälder usw. werden aus der Gesamfläche herausgerechnet.

Éolien

Le potentiel technique pour la production d'énergie éolienne dans la région du Rhin-supérieur est estimé à 128 TWh/an. C'est le deuxième potentiel le plus important de la région. Le graphique ci-après met en avant le potentiel éolien de la région. Comme on peut le voir, les zones restreintes (représentées en blanc) sont beaucoup plus grandes que les zones pouvant être utilisées pour l'extension de l'énergie éolienne. Les zones réglementées sont prises en compte au niveau du potentiel géographique et les surfaces telles que les réserves de biosphère, les cours d'eau, les villes et les bâtiments, les infrastructures, les forêts protégées, etc. sont exclues de la superficie totale.



Wasserkraft

Das Projekt kam zu dem Schluss, dass die Wasserkraftressourcen der Region bereits weitgehend genutzt und nahezu erschöpft sind. Diese Aussage wurde von französischen, deutschen und schweizerischen Energieexperten bestätigt, die betonten, dass der Schwerpunkt auf der Steigerung der Effizienz der bereits bestehenden großen Wasserkraftwerke liegen sollte. Möglicherweise haben auch kleinere Wasserkraftwerke in dieser Region ein erhebliches Potenzial. Der Beitrag der Wasserkraft liegt derzeit bei 13,6 TWh/Jahr.

Hydraulique

Le projet est arrivé à la conclusion que les ressources hydrauliques de la région sont déjà largement utilisées et quasi épuisées. Cette affirmation a été validée par des experts français, allemands et suisses qui soulignent que l'accent doit être mis sur l'augmentation de l'efficacité des grandes centrales hydrauliques existantes. Les petites centrales peuvent également avoir un grand potentiel. Actuellement l'hydraulique contribue 13.6 TWh/an.

Biomasse

Die Schätzung des Biomassepotenzials stütze sich auf das kürzlich durchgeführte Projekt *Biomass Ovi*, in dem das Biomassepotenzial derselben Region eingehend untersucht wurde. Das geschätzte Biomassepotenzial beträgt 5,2 TWh/Jahr.

Biomasse

Les estimations du potentiel de biomasse s'appuyaient sur le projet récemment mis en œuvre *Biomass Ovi*, au cours duquel le potentiel de biomasse de la région a été étudié extensivement. Le potentiel estimé est de 5,2 TWh/an.

Windenergiepotenzial und nutzbare Fläche
Potentiel éolien et surfaces utilisables

Wichtige Erkenntnisse über Energieproduktionspotenziale

Conclusions principales sur les potentiels de production d'énergie

Geothermie

Bei den geothermischen Energiequellen kann zwischen Technologien unterschieden werden, die den flachen Untergrund (10 bis 100 m Tiefe) nutzen, und Methoden, die den tiefen Untergrund (1000 m Tiefe) zur Energiegewinnung nutzen.

- Die oberflächennahe Geothermie wird in der Regel zur Bereitstellung von Heiz- oder Kühlenergie genutzt. Die oberflächennahe Geothermie birgt in der Oberrheinregion ein erhebliches Potenzial, wenn man bedenkt, dass derzeit, vor allem in Deutschland und der Schweiz, 10.000 Haushalte mit Erdwärmepumpenanlagen ausgestattet sind; diese Zahl kann jedoch auf 100.000 erhöht werden, wenn mehr Häuser und Gebäude auf diese Technologie setzen. In diesem Fall wird es zu einer drastischen Verringerung der Emissionen kommen, die durch das Heizen und Kühlen von Gebäuden entstehen.

- Die Tiefengeothermie kann sowohl zur Stromerzeugung als auch zur Raumheizung genutzt werden. Derzeit sind in der TMO-Region neun Geothermieanlagen in Betrieb oder im Bau, die 22 MWel und 101 MWth produzieren (TRION-Climate e.V., 2019). Die theoretisch gewinnbare Wärme in den Gesteinen, die im Oberrheingraben in einer Tiefe von weniger als 7000 m liegen, liegt in der Größenordnung von 2x10¹² MWh (GeORG-Projektteam, 2013). Obwohl nur ein Bruchteil dieser Energie technisch gewinnbar ist, besteht ein enormes Potenzial für die Wärme- und Stromerzeugung aus tiefen geothermischen Kraftwerken in der TMO-Region.

Géothermie

Dans les sources d'énergie géothermiques on peut distinguer les technologies de surface (10 à 100 m de profondeur) et les méthodes exploitant le sous-sol profond (1000 m de profondeur) pour la production d'énergie.

- La géothermie de surface sert en règle générale à la production d'énergie de chauffage ou de refroidissement. La géothermie de surface représente un potentiel de taille pour la région du Rhin-Supérieur lorsque l'on considère qu'actuellement, principalement en Allemagne et en Suisse, 10 000 ménages sont équipés de systèmes de pompe à chaleur géothermique. Ce chiffre peut augmenter à 100 000, si plus de maisons et bâtiments misent sur cette technologie. Cela mènerait à une réduction drastique des émissions liées au chauffage et refroidissement de bâtiments.

- La géothermie profonde peut servir à la fois à la production d'électricité et au chauffage de locaux. Actuellement neuf installations géothermiques sont en service ou en construction dans la RMT, produisant 22 MWel et 101 MWth (TRION-Climate e.V., 2019). La chaleur récupérable, en théorie, dans les roches du fossé Rhénan, situées à une profondeur de moins de 7 000 m, s'élève à un ordre de grandeur de 2x10¹² MWh (Equipe du projet GeORG 2013). Bien que seul une infime partie de cette énergie est techniquement récupérable, un potentiel énorme existe pour la production de chaleur et d'électricité par centrales de géothermie profonde dans la RMT.

Technische Potentiale

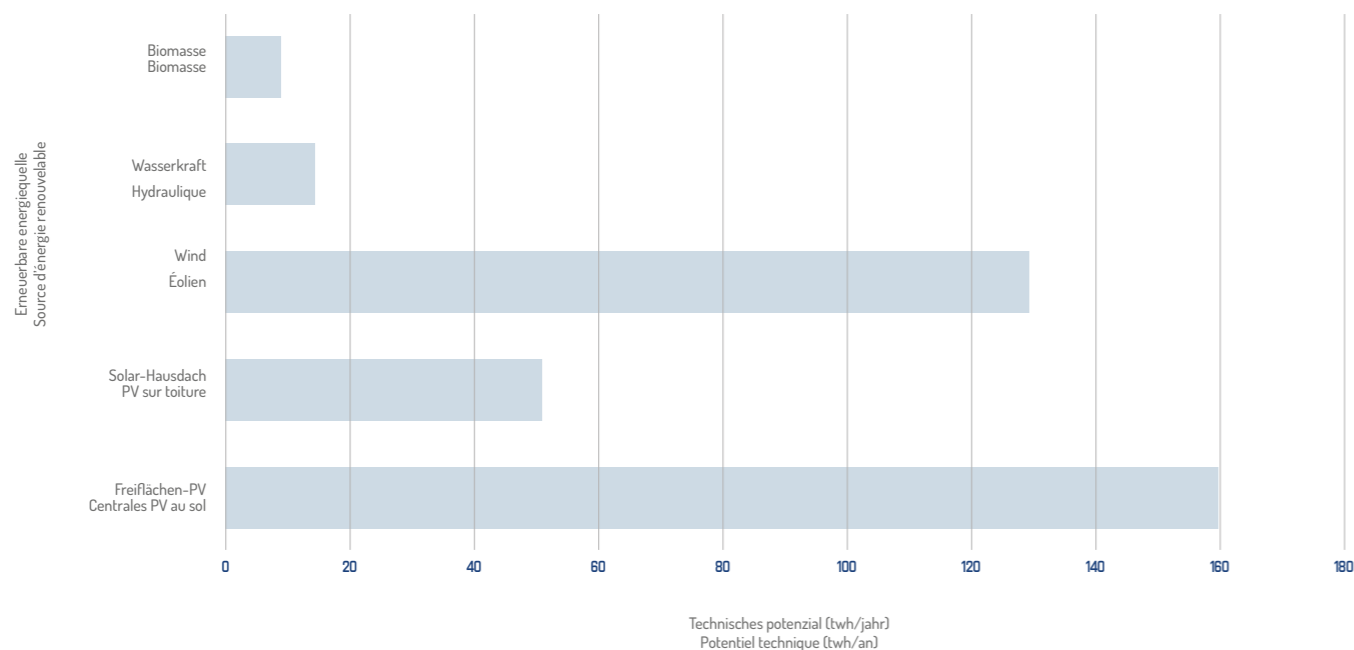
Die technischen Potenziale für Wind, Photovoltaik, Wasserkraft und Biomasse sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Das geothermische Potenzial wurde nicht berücksichtigt, da es sich um das theoretische Potenzial und nicht um das technische Potenzial handelt. Wie aus der Abbildung ersichtlich ist, liegt das größte Potenzial in der Freiflächen-Photovoltaik, gefolgt von der Windkraft und der Hausdach-Photovoltaik.

Potentils techniques

Les potentiels techniques pour l'éolien, le photovoltaïque, l'hydraulique et la biomasse sont représentés dans le graphique suivant. Le potentiel géothermique n'a pas été pris en compte puisqu'il s'agit d'un potentiel théorique et non technique. Le graphique met en avant que le potentiel le plus important est celui des centrales PV au sol, suivi de l'éolien et du PV sur toiture.

Zitierte Quelle / Source citée :

Jäger et al. (2016): Jäger T., McKenna R. & Fichtner W. (2016), The Feasible Onshore Wind Energy Potential in Baden-Württemberg: A Bottom-up Methodology Considering Socio-Economic Constraints, Renewable Energy, 96: 662-675, doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.05.013>.



Wirtschaftspolitik für Erneuerbare Energien am Oberrhein

Politique économique pour les renouvelables dans la région du Rhin supérieur



Windenergiepark Prechtaler Schanze in der Ortenau.
Parc éolien « Prechtaler Schanze » dans l'Ortenau.

Die Strommärkte in Europa sind heute in großen Teilen grenzüberschreitend verbunden. Energiepolitische Entscheidungen wirken sich über die nationalen Grenzen hinaus auf andere Staaten aus. Dabei unterscheiden sich bereits die energiepolitischen Strategien und Energiemixe zwischen den Ländern am Oberrhein erheblich. Das führt mitunter zu nationalen Entscheidungen, die aus gesamt-europäischer Sicht suboptimal und ineffizient sind. Um die nationalen Strommärkte zu einem europäischen Strommarkt zusammenzufassen sind wirtschaftspolitische Entscheidungen notwendig, die eine kostengünstige Integration erneuerbarer Energien ermöglichen und gleichzeitig eine sichere Stromversorgung aufrecht erhalten.

Unsicherheit und asymmetrische Aufteilung der Entwicklungskosten verzögern die Expansion eines grenzüberschreitenden nachhaltigen Strommarktes. Eine faire Aufteilung der Ausbaukosten sowie glaubwürdige Ausgleichszahlungen zwischen den Ländern würden eine Organisation der Versorgungssicherheit unterstützen. Unterschiede bei energiepolitischen Präferenzen und öffentlicher Akzeptanz neuer Anlagen könnte ein Governance-System der Energieunion so koordinieren, dass ein höherer Informationsstand die Implementierung von Versorgungsverbänden ermöglicht.

In Befragungen und Experimenten konnte gezeigt werden, dass ein Zusammenhang zwischen Informationsstand über Anlagentechnik und Beteiligungsbereitschaft an Genossenschaften bei Bürgern besteht. Es zeigen sich zudem keine Korrelationen zwischen individuellem Einkommen und Beteiligung an gemeinsamen Energiegenossenschaften. Unter diesen Voraussetzungen besteht die Chance, dass Energiegenossenschaften, die grenzüberschreitend zusammenarbeiten, effektiv einen Beitrag zur Erreichung internationaler Dekarbonisierungsstrategien, sowie einer Intensivierung demokratischer Werte innerhalb des Wirtschaftssystems leisten können.

Les marchés de l'électricité européens sont aujourd'hui en grande partie liés par-delà les frontières. Les décisions de politique énergétique ont des répercussions en dehors du territoire national sur d'autres États. Dans ce contexte, les stratégies de politique énergétique et les mix énergétiques diffèrent déjà considérablement entre les pays dans la région du Rhin supérieur. Cela conduit parfois à des décisions nationales qui sont peu optimales et inefficaces d'un point de vue européen. Afin de regrouper les marchés nationaux de l'électricité en un marché européen de l'électricité, il est nécessaire de prendre des décisions de politique économique qui permettent d'intégrer les énergies renouvelables à moindre coût tout en maintenant un approvisionnement fiable en électricité.

L'incertitude et la répartition asymétrique des coûts de développement retardent l'expansion d'un marché transfrontalier de l'électricité durable. Une répartition équitable des coûts de développement et des compensations financières véritables entre les pays soutiendraient une organisation de la sécurité d'approvisionnement. Un système de gouvernance de l'Union de l'énergie pourrait coordonner les différences de préférences en matière de politique énergétique et l'acceptation par le public de nouvelles installations, de sorte qu'un niveau d'information plus élevé permette le déploiement d'unions d'approvisionnement.

Des enquêtes et des expériences ont montré qu'il existe un lien entre le niveau d'information sur les techniques d'installation et la volonté des citoyens de participer à des coopératives. De plus, il n'y a pas de corrélation entre le revenu individuel et la participation à des coopératives énergétiques communes. Dans ces conditions, il est possible que les coopératives énergétiques, qui travaillent ensemble sur des projets transfrontaliers, puissent contribuer efficacement à la réalisation de stratégies internationales de décarbonation ainsi qu'à l'intensification des valeurs démocratiques au sein du système économique.

Prof. Dr. Bernhard Neumärker



Leiter der Arbeitsgruppe 6
- Wirtschaftlicher Rahmen und Anreizstrukturen
Professor für Wirtschaftspolitik und Direktor der Götz Werner Professur für Wirtschaftspolitik und Ordnungstheorie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Coordinateur du groupe de travail 6
- Cadre économique et structures d'incitation
Professeur de politique économique et directeur de la chaire Götz Werner de politique économique et de théorie de l'organisation, Université Albert-Ludwig de Freiburg

« National unterschiedliche energiepolitische Strategien führen gesamt-europäisch zu suboptimalen Ergebnissen. Ein Governance-System der Energieunion könnte zur Erreichung internationaler Dekarbonisierungsstrategien beitragen. »

« Des politiques énergétiques différentes au niveau national conduisent à des résultats peu optimaux au niveau européen. Un système de gouvernance de l'Union de l'énergie pourrait contribuer à la réalisation de stratégies internationales de décarbonation. »



Installation de biogaz, Westheim, Biogutvergärung Bietgheim GmbH.
Biogasanlage, Westheim, Biogutvergärung Bietgheim GmbH.

Joris Dehler-Holland



Leiter Arbeitsgruppe 3 – Modellierung und Szenarioentwicklung des TMO-Energiesystems
 Gruppenleiter Energiepolitik, KIT
 Coordinateur du groupe de travail 3 – Modélisation et développement de scénarios du système énergétique de la RMT
 Responsable du groupe politique énergétique, KIT

« Um die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, muss die europäische Stromversorgung so schnell wie möglich auf erneuerbare Energien umgestellt werden. Jede Region in Europa kann dazu einen Beitrag leisten. »

« Pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, l’approvisionnement européen en électricité doit passer le plus rapidement possible aux énergies renouvelables. Chaque région d’Europe peut y contribuer. »

Die für das Funktionieren unserer modernen Gesellschaft notwendige Energieerzeugung, wird zu einem großen Teil durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe sichergestellt, was zu Treibhausgasemissionen in die Atmosphäre führt. Es ist mittlerweile wissenschaftlich erwiesen, dass diese Emissionen einen globalen Klimawandel induzieren. Es wird dringend notwendig, fossile Brennstoffe durch weniger umweltschädliche Energiequellen zu ersetzen. Die Nutzung erneuerbarer Energien aus Wind, Sonne und Wasser zur Stromerzeugung ist ein wirksames Mittel zur Verringerung der Emissionen. In Europa ist es von entscheidender Bedeutung, dass jede Region ihren Beitrag leistet, indem sie die ihr zur Verfügung stehenden erneuerbaren Ressourcen bestmöglich nutzt.

Ziel der Arbeitsgruppe 3 war es, möglichst effiziente Strategien zur Stromerzeugung zu entwickeln, um die Treibhausgasemissionen der Oberrheinregion zu reduzieren. Ausgehend von einer Analyse der Hauptmerkmale des Elektrizitätssystems der Oberrheinregion, wie z.B. der Stromnachfrage und dem Potenzial für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen, haben wir Szenarien entwickelt und bewertet, um zukünftige Entwicklungen besser zu verstehen und politischen Entscheidungsträgern Instrumente für ihre politischen Entscheidungen an die Hand zu geben. Zu diesem Zweck wurden zwei mathematische Modelle verwendet: PERSEUS-EU und REPM.

La production d’énergie nécessaire au fonctionnement de notre société moderne est assurée en très grande partie par la combustion de carburants fossiles, ce qui entraîne l’émission de gaz à effet de serre dans l’atmosphère. Il est maintenant scientifiquement prouvé que ces émissions induisent un changement climatique global. Il devient urgent de remplacer les carburants fossiles par des sources d’énergie renouvelables fournies par le vent, le soleil et l’eau afin de générer de l’électricité est un moyen efficace de réduire les émissions. En Europe, il est essentiel que chaque région apporte sa contribution en exploitant au mieux les ressources renouvelables dont elle dispose.

L’objectif du groupe de travail 3 était de développer les stratégies de production électrique les plus efficaces possibles afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre de la région du Rhin supérieur. En nous basant sur une analyse des principales caractéristiques du système électrique de la région du Rhin supérieur, telles que la demande et le potentiel de production à partir de sources renouvelables, nous avons développé et évalué des scénarios afin de mieux comprendre les évolutions futures et de fournir aux décideurs politiques des outils pour prendre des décisions politiques. Deux modèles mathématiques sont utilisés à cet effet : PERSEUS-EU et REPM.



Das PERSEUS-EU-Modell

PERSEUS-EU ist ein Modell des europäischen Stromsystems, in dem die Stromnetze verschiedener Länder als miteinander verbundene Knotenpunkte dargestellt werden. Die Oberrheinregion wurde als autonome Region in das Modell aufgenommen. Wir haben Szenarien bis zum Jahr 2050 untersucht, in denen die EU-Klimaziele für den Stromsektor erreicht werden. Neben den erneuerbaren Energien haben wir auch Stromspeichertechnologien in unsere Analysen einbezogen.

Die Berechnungen zeigen, dass besonders die solare Stromerzeugung günstige Bedingungen vorfindet. Für die Nutzung der Windenergie, die in den Berechnungsmodellen ebenfalls eine wichtige Rolle spielt, bieten die Standorte außerhalb des Untersuchungsgebiets der Oberrheinregion noch bessere Voraussetzungen, weshalb der Windenergieausbau im Wesentlichen dort erfolgt. Um den dort erzeugten Strom effektiv nutzen zu können, sind wir jedoch auf einen Ausbau des Stromnetzes angewiesen. Deshalb haben wir in einem zweiten Schritt die Bandbreite möglicher Szenarien mit einem ausgewogeneren Mix der Stromerzeugung aus Wind- und Solarenergie und deren Einfluss auf den regionalen Bedarf an Stromspeichern und regelbaren Erzeugungskapazitäten analysiert. Zu diesem Zweck wurde das REPM-Modell verwendet.

Das REPM-Modell

Das REPM-Modell („Regional Energy Planning Model“) ist darauf ausgelegt, alle möglichen Stromerzeugungsszenarien in einer Region zu generieren. Dazu variiert es den Anteil der intermittierenden Energien (Solar- und Windkraft), die in den Energiemix eingebracht werden, und berechnet dann die Energiemenge, die gespeichert und/oder durch steuerbare Ressourcen ergänzt werden muss, um sicherzustellen, dass die Stromnachfrage jederzeit gedeckt wird. Alle vom Modell generierten möglichen Szenarien wurden in verschiedenen Kategorien eingeteilt, um eine kleine Anzahl von ihnen auszuwählen: die repräsentativsten. Schließlich ordnet das Modell verschiedene Arten von Technologien zur Energieerzeugung und -speicherung zu, um die Hauptmerkmale der ausgewählten Szenarien zu berechnen: die verschiedenen Kosten, die Treibhausgasemissionen, die benötigte Fläche usw. Die Entscheidungsträger verfügen somit über Informationen zu einer reduzierten Anzahl von Szenarien, die sich ausreichend voneinander unterscheiden, um leicht ausgewählt werden zu können.

Die Anwendung des REPM-Modells bestätigte die Ergebnisse von PERSEUS unter sehr spezifischen Bedingungen der Speicherbeschränkung. Bei weniger Speicherbeschränkungen verwenden die REPM-Szenarien mit den niedrigsten Kosten weniger steuerbare Ressourcen und neigen dazu, die Speicherung zu verringern, indem sie die Windenergieproduktion auf Kosten der Solarproduktion erhöhen.

Le modèle PERSEUS-EU

PERSEUS-EU est un modèle du système électrique européen, dans lequel les systèmes électriques des différents pays sont représentés sous forme de nœuds interconnectés. La région du Rhin supérieur a été intégrée dans le modèle en tant que région autonome. Nous avons étudié des scénarios jusqu’en 2050, dans lesquels les objectifs climatiques de l’UE sont atteints dans le secteur de l’électricité. Outre les énergies renouvelables, nous avons également inclus dans nos analyses les technologies de stockage de l’électricité.

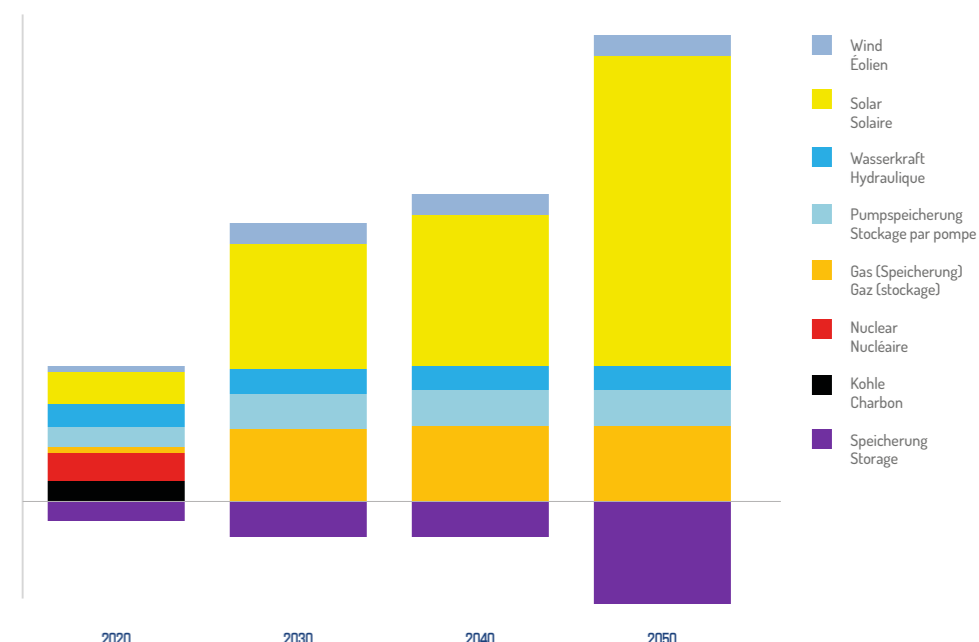
Les calculs montrent que la production d’électricité solaire bénéficie de conditions favorables. Pour l’utilisation de l’énergie éolienne, qui joue également un rôle important dans les modèles de calcul, les sites situés en dehors de la zone d’étude de la région du Rhin supérieur offrent des conditions encore plus favorables, raison pour laquelle le développement de l’énergie éolienne s’y fait essentiellement. Pour pouvoir utiliser effectivement l’électricité qui y est produite, nous sommes toutefois tributaires d’une extension du réseau électrique. C’est pourquoi, dans un deuxième temps, nous avons analysé les différents scénarios possibles avec un mix plus équilibré de production d’électricité à partir de l’énergie éolienne et solaire, ainsi que leur influence sur les besoins régionaux en matière de stockage d’électricité et de capacités de production contrôlables. Le modèle REPM est utilisé à cet effet.

Le modèle REPM

Le modèle REPM (« Regional Energy Planning Model ») est conçu pour générer l’ensemble des scénarios de production électrique possibles dans une région. Pour cela, il fait varier la proportion d’énergies intermittentes (solaires et éoliennes) introduites dans le mix énergétique, puis en calcule la quantité à stocker et/ou à compléter par des ressources pilotables afin que la demande en électricité soit assurée à chaque instant. Tous les scénarios possibles générés par le modèle sont alors regroupés en différentes catégories de façon à en sélectionner un petit nombre : les plus représentatifs. Enfin, le modèle affecte plusieurs types de technologies à la production et au stockage de l’énergie afin de calculer les principales caractéristiques des scénarios sélectionnés : les différents coûts, les émissions de gaz à effet de serre, la superficie requise, etc. Les décideurs disposent ainsi d’informations sur un nombre réduit de scénarios suffisamment différents les uns des autres pour faciliter le choix lors de la prise de décision.

L’application du modèle REPM a confirmé les résultats de PERSEUS dans des conditions très spécifiques de restriction de stockage. Avec moins de restrictions de stockage, les scénarios REPM les moins coûteux utilisent moins de ressources contrôlables et tendent à réduire le stockage en augmentant la production éolienne au détriment de la production solaire.

Beispielhafte Entwicklung der Erzeugungskapazitäten in der Oberrheinregion bis 2050.
 Modèle d’évolution des capacités de production dans la région du Rhin supérieur jusqu’en 2050.



Soziokultureller Bedingungen und Integration von Stakeholder-Perspektiven

Conditions socioculturelles et intégration des points de vue des acteurs

Prof. Dr. Philippe Hamman



Leiter der Arbeitsgruppe 4 – Analyse soziokultureller Rahmenbedingungen und Integration von Stakeholder-Perspektiven
Professor für Soziologie, Institut für Stadt- und Regionalplanung (IUAR), Sozialwissenschaftliche Fakultät, Universität Straßburg

Coordinateur du groupe de travail 4 – Analyse des conditions socioculturelles et intégration des perspectives des parties prenantes
Professeur de sociologie, Laboratoire SAGE, Institut d'urbanisme et d'aménagement régional, Faculté des Sciences sociales, Université de Strasbourg



OptimaSolar hat in September 2021 diese PV-Solaranlage auf dem Dach eines Gymnasiums in Gland, in der Schweiz, in Betrieb genommen. Sie wird von Bürgern finanziert und verwaltet.
OptimaSolar a mise en service en septembre 2021 cette installation solaire photovoltaïque sur le toit d'un collège de Gland, en Suisse. Elle est financée et gérée par des citoyens.

„ Projekte im Bereich erneuerbare Energien können drei Bedeutungen haben: Alternativen zu kohlenstoffhaltigen oder nuklearen Quellen, Relokalisierung der Energieversorgung für etablierte und neue Energieversorger, oder lokale Autonomie als Ausweg aus den Netzen.“

« Les projets d'énergies renouvelables peuvent avoir trois sens : alternative vis-à-vis des sources carbonées ou nucléaire, relocalisation de l'énergie pour les énergéticiens historiques et de nouveaux entrants, ou autonomie locale comme sortie des réseaux. »

Mehr Infos / Plus d'infos :
www.res-tmo.com

Auf den drei Fotos:
Installation Fotovoltaik auf kommunalen oder industriellen Dachflächen durch deutsche, französische und schweizerische Bürgerenergiekooperationen.

Sur les trois 3 photos :
Installations photovoltaïques sur des toitures communales ou industriels par des coopératives énergétiques citoyennes suisses, françaises et allemandes.

Die Arbeitsgruppe 4 betraf die soziologische Analyse der verschiedenen Akteure der erneuerbaren Energien der drei nationalen Parteien des Oberrheins. Es hob fünf Hauptergebnisse hervor, die für Entscheidungsträger und Bürger gleichermaßen aktuelle Herausforderungen darstellen:

- Sich über die Bedeutung der Energiewende zu verständigen: Geht es darum, sich zu verbessern, durch eine höhere technologische Effizienz, oder durch den Ersatz fossiler durch erneuerbare Energiequellen usw., oder die Herstellung und den Verbrauch von verringern, unter dem Motto Enthaltsamkeit?
- Den Energiekreislauf konkret zu gestalten, von der Quelle zum Endverbraucher, über die gängige Vorstellung hinaus die sich manchmal lediglich auf die Steckdose in der Unterkunft beschränkt.
- Alle territorialen Beteiligte (lokale Gebietskörperschaften, Unternehmen, Kollektive und Vereine, Bewohner...), und nicht nur die „traditionellen“ Akteure des Energiesektors (Erzeuger, Lieferanten, Netzbetreiber) in die Wende einbeziehen, ohne jedoch eine Autarkie gegenüber den letztgenannten anzustreben. Prosumer Logiken (Zusammenzug der Begriffe *Producer* und *Consumer*) werfen die Frage des Eigenverbrauchs und des Weiterverkaufs der erzeugten Energie (vollständig oder als Überschuss nach dem Eigenverbrauch) an das bestehende Verteilernetz - d. h. an die „traditionellen“ Energieversorger (EDF in Frankreich, EnBW, E.ON, RWE und Vattenfall in Deutschland usw.) - auf, zumal die Verbrauchszyklen und die intermittierenden bzw. saisonalen Zwänge der erneuerbaren Ener-

gien nicht vollständig übereinstimmen können.

- Gemeinsam über die Relokalisierung von Energie und Netzen nachdenken, d. h. sowohl die wirtschaftliche Tragfähigkeit der Projekte, die unabhängig von ihrer Größe (und mit oder ohne öffentliche Unterstützung je nach Land) unerlässlich ist, als auch die Solidarität zwischen den Gebieten angesichts der unterschiedlichen materiellen Gegebenheiten in Bezug auf das Potenzial zur Erzeugung erneuerbarer Energien (Sonnenschein, Wind, Wasserläufe...) und der konkreten Einflüsse wie Energiepreise und -transport.
- Bürgerinnen und Bürger sollen ermutigt werden, sich auf ihrer Ebene für die Energiewende zu engagieren, ohne dabei zu vergessen, dass sich die Handlungsfähigkeit auf die soziale Stellung bezieht: Wer zum Beispiel sein Haus mit Photovoltaikanlagen ausstatten möchte, muss Eigentümer und nicht Mieter sein, das Engagement in einer Bürgergenossenschaft ist gleichbedeutend mit dem Kauf von Anteilen, was voraussetzt, dass man ein Minimum an Mitteln hat, etc.

Letztendlich stellt sich eine gesellschaftliche Frage, sowohl auf politischer als auch auf ethischer Ebene: Woran, mit wem und mit welchem Ziel beteiligt man sich an Projekten zur Reterritorialisierung von Energie aus erneuerbaren Quellen? Von einer Initiative zur anderen kann der Cursor zwischen individueller Verantwortung - einschließlich der Colibri/Metapher: Jeder soll seinen Anteil leisten - und der gemeinsamen Nutzung von Ressourcen und/oder Infrastrukturen liegen, wobei es um ständige wirtschaftliche, technische, ökologische usw. Transaktionen geht, wenn es darum geht, die großen europäischen und nationalen Rahmenbedingungen in die Tat umzusetzen.



Installation von einer Photovoltaikanlage auf den Dächern von Industriegebäuden in Colmar, Frankreich, die 2015 vom grenzüberschreitenden Projekt Zusammen Solar Colmar in Betrieb genommen wurde, dass zwei Bürgerenergiekooperationen auf beiden Seiten des Rheins vereint.
Installation de panneaux photovoltaïques sur des toits de bâtiments industriels à Colmar en France, mise en service en 2015 par le projet transfrontalier Zusammen Solar Colmar qui réunit deux coopératives énergétiques citoyennes d'une part et d'autre du Rhin.

Le groupe de travail 4 a porté sur l'analyse sociologique des différents acteurs des énergies renouvelables dans les trois parties nationales du Rhin supérieur. Il a mis en avant cinq principaux résultats qui sont autant d'enjeux d'actualité pour les décideurs et les citoyens :

- S'entendre sur la signification de la transition énergétique : est-ce faire mieux, au sens de plus d'efficacité technologique, de remplacer des sources fossiles par des sources renouvelables, etc. ; ou moins, au sens d'une réduction de la production et de la consommation, avec un mot d'ordre de sobriété ?
- Rendre concret le circuit de l'énergie, de la ressource à l'usager, au-delà du sens commun qui se limite parfois simplement à la prise de courant électrique dans le logement.
- Associer à cette transition l'ensemble des parties prenantes territorialement (collectivités locales et structures en régie, entreprises, collectifs et associations, habitants...) et pas seulement les acteurs « historiques » du secteur énergétique (producteurs, fournisseurs, gestionnaires de réseau), mais sans non plus prétendre à une autarcie vis-à-vis de ces derniers. Les logiques de *prosumers* (contraction de *producteur* et *consommateur*) posent en effet la double question de l'auto-consommation et de la revente de l'énergie produite (totale ou en surplus après auto-consommation), au réseau de distribution existant - c'est-à-dire aux énergéticiens « traditionnels » (EDF en France, EnBW, E.ON, RWE et Vattenfall en Allemagne, etc.) -, d'autant que les cycles de consommation et les contraintes d'intermittence voire de saisonnalité des énergies renouvelables ne peuvent complètement coïncider.
- Penser ensemble la relocalisation de l'énergie et les réseaux, c'est-à-dire à la fois la viabilité économique des projets, indispensable quelle que soit leur taille (et avec des aides publiques ou non selon le pays), et aussi une solidarité entre territoires compte tenu de situations matérielles distinctes dans les potentiels de production d'énergie renouvelable (ensoleillement, vent, cours d'eau...) et des incidences concrètes comme le prix de l'énergie et son transport.

• Inciter le citoyen à s'engager dans la transition énergétique à son niveau, mais sans oublier que la capacité d'action renvoie aux positions sociales : par exemple, si l'on souhaite installer des panneaux photovoltaïques sur son logement, il faut être propriétaire et non locataire ; l'engagement au sein d'une coopérative citoyenne est synonyme d'achat d'actions, ce qui suppose d'en avoir un minimum les moyens, etc.

Au final, une question sociétale ressort, tant sur un plan politique qu'éthique : à quoi participe-t-on, avec qui et avec quelle visée dans des projets de reterritorialisation de l'énergie via des sources renouvelables ? D'une initiative à l'autre, le curseur peut être placé diversement entre mise en responsabilité individuelle - y compris la métaphore du colibri : faire chacun sa part - et mise en commun des ressources et/ou des infrastructures, suivant des transactions permanentes à la fois économiques, techniques, écologiques, etc., lorsqu'il s'agit de traduire en actes les grands cadres européens et nationaux.

Wir haben das Zusammenspiel der Akteure anhand der Funktionsweise der staatlichen Energiegenossenschaft Centrales Villageoises de Saverne Plaine et Plateau beobachtet. Die Interaktionen auf europäischer, nationaler und lokaler Ebene beim Aufbau und der Finanzierung des Projekts sowie bei der Realisierung der Solaranlagen wurden festgestellt. Dies zeigt die Komplexität des Zusammenspiels der Akteure, die an einer einzelnen Anlage für erneuerbare Energien in einem bestimmten Gebiet beteiligt sind.

Nous avons observé les jeux d'acteurs à partir du fonctionnement de la coopérative énergétique citoyenne des Centrales Villageoises de Saverne Plaine et Plateau. Des interactions aux différentes échelles européenne, nationale et locale dans le montage, le financement du projet et dans la réalisation des installations solaires ont été relevées. Cela atteste de la complexité des jeux d'acteurs impliqués au sein d'une seule installation d'énergie renouvelable sur un territoire spécifique.



Photovoltaik-Module, die im Dezember 2018 von der Fesa Energie Geno auf dem Dach des Unternehmens Duseba in Weisweil, Deutschland, installiert wurden.
Panneaux solaires photovoltaïques installés en décembre 2018 par la Fesa Energie Geno sur le toit de l'entreprise Duseba à Weisweil, en Allemagne.



Regulatorischer Rahmen für Erneuerbaren Energien am Oberrhein

Cadre réglementaire pour les énergies renouvelables dans le Rhin supérieur

Dr. CNRS Elisabeth Lambert



Leiterin der Arbeitsgruppe 5
- Analyse des regulatorischen Rahmens
Forschungsdirektorin am CNRS (SAGE, Unistra)

Diese Synthese ist das Ergebnis der gemeinsamen Arbeit aller Mitglieder der Arbeitsgruppe 5, denen Frau Lambert herzlich danken möchte. Die detaillierte vergleichende Analyse der Regulierungen befindet sich in der online Broschüre.

Coordinatrice du groupe de travail 5 - Analyse du cadre réglementaire.

Directrice de recherche au CNRS (SAGE, UNISTRA)

Cette synthèse est issue des travaux collectifs menés par tous les membres du groupe de travail 5 que Mme Lambert tient à remercier. Pour l'analyse comparée détaillée des réglementations, nous renvoyons à la brochure en ligne.

« Über den zentralisierten rechtlich-politischen Rahmen und der europäischen Top-down-Logik hinaus, fordern uns die erneuerbaren Energien dazu auf, lokal zu denken und zu handeln und somit in einer ökologisch verantwortungsvollen Logik zu regulieren! »

« Au-delà du cadre juridico-politique centralisé et de la logique européenne top-down, les énergies renouvelables nous invitent à penser, agir et donc réguler local dans une logique éco-responsable ! »

Mehr Infos / Plus d'infos : www.res-tmo.com

Der territoriale Charakter der Erzeugung und des Verbrauchs von Strom aus erneuerbaren Energiequellen stellt eine große Herausforderung auf regulatorischer Ebene dar. Denn die mit der Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit und der Energiesouveränität verbundenen Logiken gingen mit einem zentralisierten rechtlich-politischen Rahmen einher, in den sich die Top-down-Logik der Europäischen Union einfügen konnte. Die Studien, die im Rahmen der Arbeitsgruppe 5 zu regulatorischen Aspekten durchgeführt wurden, haben rechtliche Hemmnisse und Hebel aufgedeckt und fordern eine weitere Verbesserung der Regulierungen.

Rechtliche Hebel

Hinsichtlich der rechtlichen Hebel sind die Möglichkeiten der partizipativen Finanzierung, die Regulierung des individuellen und kollektiven Eigenverbrauchs, die Einrichtung von Energiekooperativen („Communités d'Énergies Renouvelables“ (CER) und „Communités Énergétiques Citoyennes“ (CEC)) zu loben, auch wenn die neue Möglichkeit der grenzüberschreitenden Beteiligung innerhalb der CER noch nicht in nationales Recht umgesetzt wurde, die rechtmäßig erneuerbare Energien produzieren, verbrauchen, speichern und verkaufen können. Ebenso sind finanzielle Förderungen (z. B. für Photovoltaik in Frankreich, für Solar- und Windenergie in Deutschland, für Solar- und Wasserkraft in den Schweizer Kantonen) wichtige Hebel.

Rechtliche Hemmnisse

Allerdings bestehen weiterhin rechtliche Bremsen: Begrenzung der Einspeisevergütungen (insbesondere in Frankreich und Deutschland für Photovoltaik), schwere und langwierige Verwaltungsverfahren (in der Schweiz für Photovoltaik bezüglich des Eigenverbrauchs, für Windkraft und Geothermie in Deutschland und Frankreich), zu geringe staatliche Beihilfen für den kollektiven Eigenverbrauch bei Photovoltaik in Frankreich, schädliche Auswirkungen der Ausschreibungen in Deutschland für Windkraft, die nur großen Investoren zugutekommen, Schwierigkeiten, Bankkredite für kleine Projekte zu erhalten.

Welche Herausforderungen für die Zukunft?

Der juristische Rahmen ist nach wie vor auf monopolistische Akteure ausgelegt, während kleine Projekte im Bereich erneuerbarer Energie benachteiligt werden. (z. B. durch prohibitive Kosten für den Netzanschluss). Die Vorschriften rund um die Biomasse müssen weiterentwickelt werden um eine nachhaltige Bewirtschaftung zu gewährleisten. Darüber hinaus müssen die Behörden die Rahmenbedingungen für die Entwicklung erneuerbarer Energien in Verbindung mit der konkurrierenden Landnutzung im Einklang mit

Le caractère territorial de la production et de la consommation d'électricité d'origine renouvelable représente un défi majeur au niveau réglementaire. En effet, les logiques liées au maintien de la sécurité d'approvisionnement et à la souveraineté énergétique sont allées de pair avec un cadre juridico-politique centralisé dans lequel la logique top-down de l'Union européenne pouvait s'emboîter. Les études menées dans le cadre du groupe de travail 5 consacré aux aspects réglementaires ont dévoilé des freins et leviers juridiques et appellent à améliorer encore les réglementations.

Des leviers juridiques

Concernant les leviers juridiques, il faut saluer les possibilités de financements participatifs, la régulation de l'autoconsommation individuelle et collective, la mise en place de coopératives énergétiques [« Communautés d'Énergies Renouvelables » (CER) et « Communautés Énergétiques Citoyennes » (CEC)], même si la possibilité nouvelle de participation transfrontalière au sein des CER n'est pas encore transposée dans les droits internes, lesquelles peuvent légalement produire, consommer, stocker et vendre des énergies renouvelables. De même, les aides financières (par exemple pour le photovoltaïque en France, pour le solaire et l'éolien en Allemagne, pour le solaire et l'hydraulique dans les cantons suisses) constituent des leviers importants.

Des freins juridiques

Cependant, des freins juridiques subsistent : limitation du tarif d'achat (notamment en France et Allemagne pour le photovoltaïque), poids et lenteur des procédures administratives (en Suisse pour le photovoltaïque concernant l'autoconsommation, pour l'éolien et la géothermie en Allemagne et en France), aides d'Etat trop faibles pour l'autoconsommation collective en photovoltaïque en France, effets néfastes des appels d'offre en Allemagne pour l'éolien qui ne profitent qu'aux gros investisseurs, difficultés à obtenir des prêts bancaires pour les petits projets.

Quels enjeux pour l'avenir ?

La réglementation demeure taillée pour les acteurs monopolistiques, tandis que les petits projets en énergies renouvelables sont défavorisés (par exemple par le coût prohibitif du tarif de connexion au réseau). La réglementation autour de la biomasse doit encore évoluer pour garantir une gestion durable. Par ailleurs, les pouvoirs publics doivent repenser l'encadrement du développement des énergies renouvelables en lien avec l'usage concurrencé des terres dans une logique de durabilité et de respect des générations futures. La simplification de la réglementation, leitmotiv depuis des années, ne doit pas



der Nachhaltigkeit und des Respekts für künftige Generationen überdenken. Die Vereinfachung der Vorschriften, die seit Jahren ein Leitmotiv ist, darf nicht auf Kosten einer unerlässlichen rigorosen Bewertung der Auswirkungen dieser Infrastrukturen auf die Gesundheit von Menschen und Tieren sowie auf die Umwelt gehen, auch nicht in einem grenzüberschreitenden Kontext. Darüber hinaus muss die Multi-Level-Governance vertieft werden, um alle lokalen Interessenvertreter direkt einzubinden. Die Nichtberücksichtigung außerrechtlicher Herausforderungen wäre ebenfalls ein Fehler; so kann die finanzielle Unterstützung der Geothermiebranche in der gesamten Oberrheinregion die zahlreichen Widerstände im Zusammenhang mit Erdbebenrisiken nicht ausgleichen. Aufgrund der mit der Europäischen Union geteilten Zuständigkeit müssen die Staaten die Governance und den Rahmen für die Produktion, die Verteilung und den Verbrauch von erneuerbaren Energien auf lokaler Ebene besser anpassen, insbesondere durch eine massive finanzielle Unterstützung kleiner Projekte. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die erneuerbaren Energien uns dazu auffordern, lokal zu denken und zu handeln und somit auch lokal zu regulieren!

se faire au détriment d'une indispensable évaluation rigoureuse des impacts sur la santé humaine, animale et environnementale de ces infrastructures, y compris dans un contexte transfrontalier. Par ailleurs, la gouvernance multi-échelles doit être approfondie pour engager directement tous les acteurs locaux parties prenantes. L'absence de prise en compte des enjeux extra-juridiques serait également une erreur ; ainsi, le soutien financier à la filière de la géothermie dans toute la région du Rhin supérieur ne saurait contrebalancer les oppositions nombreuses liées aux risques sismiques. Bénéficiaire de la compétence partagée avec l'Union Européenne, les États doivent ainsi mieux adapter la gouvernance et l'encadrement de la production, distribution et consommations à dimension locale des énergies renouvelables, particulièrement par un soutien financier massif aux petits projets. En conclusion, les ENRs nous invitent à penser, agir et donc réguler local !

- Land Baden-Württemberg Land de Bade-Wurtemberg
- Land Rheinland-Pfalz Land de la Rhénanie-Palatinat
- Kanton Basel-Landschaft Canton de Bâle campagne
- Kanton Basel-Stadt Canton de Bâle-ville
- Kanton Jura Canton du Jura



Entwicklung der Wasserstoffbranche?

Seit 2020 hat die Europäische Kommission eine Strategie für die Implementierung von grünem Wasserstoff festgelegt. In Frankreich werden Hersteller von kohlenstoffarmen Wasserstoff außergewöhnlich stark unterstützt. Hier gewährt die Verordnung n° 2021-167 vom 17. Februar 2021 das Recht auf einen Zugang zu Erdgasleitungen, erschafft das innovative System der Rückverfolgbarkeitsnachweise, sowie das bereits bekannte System der Herkunftsnachweise und legt Mechanismen für die Unterstützung von Unternehmen fest. Diese bahnbrechende Regelung unterscheidet erneuerbaren, kohlenstoffarmen und kohlenstoffhaltigen Wasserstoff anhand von zwei Kriterien: der Herkunft der verwendeten Primärquelle und den Treibhausgasemissionen. In Deutschland und der Schweiz gibt es noch einen lückenhaften normativen Rahmen, der die Entwicklung der Branche bremsen könnte.

Die Unterscheidung zwischen erneuerbarem Wasserstoff und kohlenstoffarmem (blauem) Wasserstoff und damit die Frage, was vorrangig zu fördern ist, wird im Zusammenhang mit der Frage der Technologieneutralität diskutiert. Die (dringende) Regulierung darf der Erforschung der Gefahren des Wasserstoffs nicht vorgreifen und die Unreife der Branche nicht überspielen. Auf europäischer und nationaler Ebene steckt die Regulierung noch in den Kinderschuhen, was bereits auf eine fehlende Harmonisierung der Definition von „erneuerbarem“ Wasserstoff zurückzuführen ist: Soll Wasserstoff nur aus erneuerbaren Energien hergestellt werden? Parallel dazu denkt die EU derzeit über ein europäisches Zertifikat (CertifHy) für kohlenstoffarmen und grünen Wasserstoff nach. Letztendlich muss die Regulierung der gesamten Wasserstoff-Wertschöpfungskette noch aufgebaut werden.

Ein Aspekt dieser Branche ist die Abhängigkeit von Wind- und Solarenergie, weshalb es umso wichtiger ist diese Energiequellen weiter zu entwickeln!

SWK-Regenerativ Solarpark 1/3 der Stadtwerke Karlsruhe.
Parc solaire 1/3 des régies communales de Karlsruhe.

Développement de la filière hydrogène ?

Depuis 2020, la Commission européenne a adopté une stratégie pour le déploiement de l'hydrogène vert. En France, où le soutien de la filière est exceptionnel, l'ordonnance n°2021-167 du 17 février 2021 donne le droit d'accès aux ouvrages de gaz naturel aux producteurs d'hydrogène bas carbone, crée le dispositif novateur des garanties de traçabilité et celui déjà connu de garanties d'origine et fixe des mécanismes d'aides aux entreprises. Cette réglementation pionnière distingue l'hydrogène renouvelable, bas carbone et carboné selon deux critères : l'origine en lien à la source primaire utilisée et les émissions de GES. L'Allemagne et la Suisse disposent encore d'un cadre normatif lacunaire susceptible de freiner le développement de la filière.

La différenciation entre hydrogène renouvelable et hydrogène bas carbone (bleu) et donc la question de savoir quoi soutenir prioritairement font débat en lien à l'enjeu de neutralité technologique. Réguler (urgemment) ne doit pas devancer les recherches liées aux dangers de l'hydrogène et évacuer l'immatrité de la filière. Aussi, aux niveaux européen et national, la réglementation n'en est qu'à ses prémices, en raison déjà d'un défaut d'harmonisation de la définition de l'hydrogène « renouvelable » : doit-on la cantonner à celle produite à partir d'ENRs uniquement ? Parallèlement, l'UE réfléchit actuellement à un certificat européen (CertifHy) d'hydrogène bas carbone et verte. Enfin, la réglementation de toute la chaîne de valeur de l'hydrogène reste à construire.

Un des avantages de cette filière est sa dépendance à l'éolien et au photovoltaïque et donc rappelle l'urgence de développer plus abondamment ces deux dernières filières, plus que jamais, aussi !

Datensicherheit in Microgrids

Sécurité des données en micro-réseau



Szenarien von Cyberangriffen auf Mikronetze wurden in einem OPAL-RT-Echtzeitsimulator nachgebildet, um der Realität so nahe wie möglich zu kommen.

Des scénarios de cyber-attaques sur des micro-réseaux ont été reproduits dans un simulateur temps réel OPAL-RT afin d'être le plus proche de la réalité.

Energiesicherheit und cyber-physische Sicherheit gehören heute zu den heißesten Themen im Energiesektor. In modernen intelligenten Stromnetzen (Smart Grids) nutzen die Betreiber den Informationsfluss, um die Energieflüsse zu optimieren. Die zwischen den verschiedenen Mess-, Verarbeitungs- und Kontrollpunkten übertragenen Informationen sind sehr nützlich, weil indem sie die erforderlichen Lastkapazitäten und die verfügbaren Ressourcen ermitteln. Dies führt zu einer höheren Genauigkeit bei der Vorhersage des Netzverhaltens, die für die Stabilität des Netzes erforderlich ist. Erneuerbare Energien und Speichereinheiten sind die Systeme mit den höchsten Anforderungen an die Datenkommunikation.

Die Nutzung dieser Art technologischer Hilfsmittel kann jedoch ein zweischneidiges Schwert sein, da diese Informationen gehackt, verändert und wieder in das System eingespeist werden können, um die ordnungsgemäße Funktion der Überwachungsgeräte des Stromnetzes zu beeinträchtigen.

Die Ergebnisse dieses Teils des Projekts tragen dazu bei, dass in der Oberrheinregion ein Paradigma für resiliente Mikronetze eingeführt wird. Ein Mikronetz wird nicht nur die Durchdringung der dezentralen Stromerzeugung erleichtern, indem es die Verwaltung kleiner und mittelgroßer erneuerbarer und nicht erneuerbarer Erzeugungs- und Speicherkapazitäten vereinfacht, sondern auch da es eine zentrale Rolle bei der Bewältigung von kaskadenartigen Ausfällen spielt, die sowohl auf natürliche Ursachen als auch auf Sabotageversuche zurückzuführen sind. Mikronetze fördern die Dezentralisierung und die regionale Autonomie.

Szenarien von Cyberangriffen auf Mikronetze wurden in einem OPAL-RT-Echtzeitsimulator nachgebildet, um der Realität so nahe wie möglich zu kommen. Es wurden Lernalgorithmen der künstlichen Intelligenz entwickelt, um Cyberangriffe zu erkennen und so den Rest des Stromnetzes zu schützen.

La sécurité énergétique et la sécurité cyber-physique sont parmi les sujets les plus brûlants du secteur de l'énergie aujourd'hui. Dans les réseaux électriques intelligents modernes (Smart Grids), les opérateurs utilisent les flux d'informations pour optimiser les flux d'énergie. Les informations transmises entre les différents points de mesure, de traitement et de contrôle rendent un grand service, en déterminant les capacités de charge nécessaires et les ressources disponibles. Il en résulte une plus grande précision dans la prédiction du comportement du réseau, nécessaire à sa stabilité. Les énergies renouvelables et les unités de stockage sont les systèmes les plus exigeants en termes de communication de données.

Toutefois, l'utilisation de ce type d'outils technologiques peut être une arme à double tranchant, car ces informations peuvent être piratées, modifiées et réinjectées dans le système afin de compromettre le bon fonctionnement des dispositifs de surveillance du réseau électrique.

Les résultats de cette partie du projet contribuent à l'adoption d'un paradigme de micro-réseaux résilients dans la région du Rhin Supérieur. Un micro-réseau facilitera non seulement la pénétration de la production distribuée en simplifiant la gestion des capacités de production et de stockage à petite et à moyenne échelle, renouvelables ou non, mais jouera également un rôle central dans la prise en compte des défaillances en cascade, qu'elles soient dues à des causes naturelles ou à des tentatives de sabotage. Les micro-réseaux favorisent la décentralisation et l'autonomie régionale.

Des scénarios de cyber-attaques sur des micro-réseaux ont été reproduits dans un simulateur temps réel OPAL-RT afin d'être le plus proche de la réalité. Des algorithmes d'apprentissage de l'intelligence artificielle ont été développés afin de détecter les cyberattaques et protéger ainsi le reste du réseau électrique.

Dr. HDR Djaffar Ould Abdeslam



Leiter der Arbeitsgruppe 7 – Datensicherheit in Smart Grids
Forscher, Künstliche Intelligenz angewandt auf die Energiequalität und die Senkung des Energieverbrauchs, Institut für Informatik, Mathematik, Automatik und Signal (IRIMAS), UHA

Coordinateur du groupe de travail 7 – Sécurité des données en micro-réseau
Enseignant-Chercheur, Intelligence Artificielle appliquée à la qualité de l'énergie et à la réduction des consommations, Laboratoire IRIMAS, UHA

„ Vernetzte Gegenstände verbessern die Stabilität des Stromnetzes, führen aber zu neuen Risiken durch Hackerangriffe. In diesem Projekt entwickeln wir KI-Algorithmen für einen besseren Schutz vor Cyberangriffen. ”

« Les objets connectés améliorent la stabilité du réseau électrique mais induisent de nouveaux risques de piratage. Nous développons dans ce projet des algorithmes de l'IA pour une meilleure protection contre les cyber-attaques. »

Les participant.e.s au projet Interreg

RES-TMO steht im Rahmen des trinationalen Universitätsverbunds EUCOR - The European Campus und ist ein Projekt des Oberrheinischen Clusters für Nachhaltigkeitsforschung - Upper Rhine Cluster for Sustainability Research (URCforSR). Über zehn Fachinstitute und Abteilungen aus Wissenschaft, Industrie, Politik und Verwaltung sind am Projekt beteiligt. Nachfolgende Personen haben einen Beitrag zur Umsetzung des Projektes geleistet.

Le projet RES-TMO fait partie du réseau d'universités trinational EUCOR - The European Campus et est un projet du Cluster de recherche en durabilité dans le Rhin Supérieur - Upper Rhine Cluster for Sustainability Research (URCforSR). Le projet comprend plus de dix instituts spécialisés et départements issus des sciences, de l'industrie, de la politique et de l'administration.

Mehr Infos / Plus d'infos :
www.res-tmo.com

Arbeitsgruppe 1 - Koordination

und Öffentlichkeitsarbeit

Groupe de travail 1 - Coordination et relations publiques

→ Albert-Ludwigs-Universität Freiburg,
Professur für Fernerkundung und
Landschaftsinformationssysteme (FeLis),
Zentrum für Erneuerbare Energien (ZEE):
Prof. Dr. B. Koch (Leitung/Direction),
I. Gavrilut (Koordination/Coordination)
→ TRION-climate e. V.: V. Parasote,
S. Husel, A. Rat

Arbeitsgruppe 2 - Potenzialanalyse

Groupe de travail 2 - Analyse du potentiel

→ Albert-Ludwigs-Universität Freiburg,
Professur für Fernerkundung und
Landschaftsinformationssysteme (FeLis),
Zentrum für Erneuerbare Energien (ZEE):
Prof. Dr. B. Koch, Z. Najjar, K. Izmailova,
F. Kytzia, J. Miocic, M. Kügel
→ Badenova: P. Majer

Arbeitsgruppe 3 - Energiesystem-Analyse

Groupe de travail 3 - Modélisation du système énergétique

→ KIT, Institut für Industriebetriebslehre und
industrielle Produktion (IIP): J. Dehler-Holland,
Prof. Dr. D. Keles, H. Ü. Yilmaz
→ Universität de Strasbourg, CNRS,
Laboratoire LIVE : Prof. Dr. A. Clappier,
Dr. N. Blond, A. Barth, M. Guevara

Arbeitsgruppe 4 - Soziokulturelle Analyse

Groupe de travail 4 - Analyse socioculturelle

→ Universität de Strasbourg, Laboratoire
SAGE: Prof. Dr. P. Hamman, S. Henck,
Dr. M. Mangold, C. Monicolle, P. Schneider,
Dr. M. Wintz, Dr. P. Zander, et l'appui de stagiaires
de master : A. Dziebowski, F. Lusson et M. Wingert

Arbeitsgruppe 5 - Regulatorische Analyse

Groupe de travail 5 - Analyse de la réglementation

→ Universität de Strasbourg, CNRS,
Laboratoire SAGE : Prof. Dr. E. Lambert,
Dr. M. Aras, Dr. S. Gambardella
→ Albert-Ludwigs-Universität Freiburg,
Institut für Medien- und Informationsrecht:
Prof. Dr. J.-P. Schneider, T. Hüscher
→ TRION-climate e. V.: F. Poirot, S. Starck

Arbeitsgruppe 6 - Wirtschaftliche Analyse

Groupe de travail 6 - Analyse économique

→ Albert-Ludwigs-Universität Freiburg,
Götz Werner Professur für Wirtschaftspolitik
und Ordnungstheorie: Prof. Dr. B. Neumärker,
D. Schröder, B. Blum, M. Franke

Arbeitsgruppe 7 -

Datensicherheit in Smart Grids

Groupe de travail 7 -

Cybersécurité des Smart Grids

→ Universität de Haute-Alsace,
Institut IRIMAS : Dr. D. Ould Abdeslam,
Dr. B. Colicchio, B. Canaan

Ko-finanzierende Partner Partenaires co-financeurs



Assoziierte Partner / Partenaires associés



Fabrikstraße 12 +49 (0)7851 4842580
DE - 77694 KEHL info@trion-climate.net

TRION-climate e.V. - Trinationales Netzwerk der Energie- und Klimaakteure am Oberrhein
Eintragung im Vereinsregister des Amtsgerichtes Freiburg. Register-Nummer 701243
TRION-climate e.V. - Réseau trinational des acteurs énergie-climat dans le Rhin supérieur
Inscrit au registre des associations du Tribunal de Freiburg. Numéro de registre 701243

Alle Rechte sind der Alberts-Ludwigs-Universität Freiburg
und TRION-climate e.V. vorbehalten.

Tous les droits sont réservés à l'université de Freiburg-im-Breisgau
et TRION-climate e.V.