



# Umweltbericht

## Luft-Klima-Energie-Plan der Wallonie bis 2030

Mai 2019

in Zusammenarbeit  
mit:

Im Auftrag von:



**ICEDD**

**CLIMACT**



### Dokumenttitel

Bericht über die Auswirkungen des Luft-Klima-Energie-Plans 2020 – 2030 der Wallonie auf die Umwelt

### Autoren

Léo Coppens (ICEDD): übergreifende Kapitel und die Themen ‚Grund- und Oberflächenwasser‘

Quentin Malache (ICEDD): Thema ‚Biodiversität‘

Annick Lempereur (ICEDD): Thema ‚Luftqualität‘

Yves Marenne (ICEDD): Themen ‚Böden‘ und ‚Landschaften‘

Marion Latiers (CLIMACT): Themen ‚materielle Güter und Kulturerbe‘ und ‚Gesundheit‘

Catherine Debucquois (CLIMACT): Themen ‚Bevölkerung‘ und allgemeine Zusammenfassung

### Kontaktperson

Yves Marenne - [yves.marenne@icedd.be](mailto:yves.marenne@icedd.be) – 081/25.04.80



## Inhaltsverzeichnis

### TEIL A: Einführung und methodischer Rahmen 9

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 1. Einleitung .....                  | 10 |
| 2. Bewertungsmethode .....           | 10 |
| 3. Aufgetretene Schwierigkeiten..... | 13 |

### TEIL B: Beschreibung der Ziele des PACE, Verbindungen zu anderen Plänen und Programmen 16

|   |    |
|---|----|
| 1. Zusammenfassung des Inhalts und Beschreibung der Ziele des PACE .....                                      | 17 |
| 2. Verbindungen zu anderen Plänen und Programmen.....   | 19 |
| 2.1. Vorwort.....   | 19 |
| 2.2. Über die Integration in eine globale Strategie.....  | 19 |
| 2.2.1. In Bezug auf Klimaänderungen.....  | 19 |
| 2.2.2. In Bezug auf die Luftverschmutzung .....   | 19 |
| 2.2.3. Transversal .....  | 20 |
| 2.3. Einbettung in den EU-Gesetzgebungsrahmen.....  | 20 |
| 2.3.1. In Bezug auf den Klimawandel .....   | 20 |
| 2.3.2. In Bezug auf Luftverschmutzung .....   | 21 |
| 2.4. Einbettung in die belgischen Programme .....   | 21 |
| 2.4.1. In Bezug auf den Klimawandel .....   | 21 |
| 2.4.2. In Bezug auf Luftverschmutzung .....   | 21 |
| 2.5. Koordinierung mit den anderen wallonischen Programmen .....  | 22 |
| 2.5.1. PACE 2016-2022.....  | 22 |
| 2.5.2. Klimaverordnung vom 19. Februar 2014 (geändert durch das Programm-Dekret vom 17. Juli 2018) .....      | 22 |
| 2.5.3. Der Beschluss des wallonischen Parlaments zur Umsetzung einer wallonischen Klimapolitik von 2017. .... | 22 |
| 2.5.4. Das Gesetzbuch über die räumliche Entwicklung (GRE).....   | 22 |
| 2.5.5. Das Raumentwicklungsschema der Wallonie (RES).....   | 22 |
| 2.5.6. Die wallonische Strategie zur nachhaltigen energetischen Gebäuderenovierung .....                      | 23 |
| 2.5.7. Der ENVleS-Plan (Plan Umwelt-Gesundheit).....  | 23 |
| 2.5.8. Plan zur Armutsbekämpfung.....   | 23 |
| 2.5.9. Die Branchenvereinbarungen.....  | 23 |
| 2.5.10. Wallonische Strategie für nachhaltige Entwicklung .....   | 23 |
| 2.5.11. Der Plan Fahrradregion Wallonie .....   | 24 |
| 2.5.12. Der Regionale Mobilitätsplan (RMP) und die Vision FAST – Mobilität 2030.....                          | 24 |
| 2.5.13. Wallonisches Programm für ländliche Entwicklung 2014-2020 .....                                       | 24 |



|  |    |
|--|----|
| 2.5.14. Der Plan für nachhaltige Stickstoffbewirtschaftung .....   | 24 |
| 2.5.15. Bemerkungen zur Kohärenz von PACE 2030 mit COP21 und mit dem Beschluss des wallonischen Parlaments zur Umsetzung einer wallonischen Klimapolitik von 2017..... | 24 |

**3.Ziele für den Umweltschutz und Art und Weise, in denen den Umweltbelange berücksichtigt wurden .....** **27**

**TEIL C: Relevante Aspekte der Umweltsituation und ihrer Entwicklung für den Fall, dass der Plan nicht umgesetzt wird** **28**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1.Beschreibung der relevanten Aspekte und ihrer Entwicklung ohne den Plan.....</b> | <b>29</b> |
| 1.1. Klimaänderungen .....  | 29        |
| 1.2. Luftverschmutzung .....  | 31        |
| <b>2.Welche Alternativen zum PACE gibt es für den Zeitraum 2020 – 2030?.....</b>      | <b>31</b> |
| 2.1. Verlängerung der Laufzeit des Nuklearsektors .....                               | 31        |
| 2.2. Vermehrt lokale Stromerzeugung oder Import erneuerbarer Elektrizität .....       | 32        |
| 2.3. Begrenzte Nutzung von Biomasse .....   | 32        |
| 2.4. Geringere Energieeffizienz, mehr erneuerbare Energie.....                        | 33        |
| 2.5. CO2-Speicherung als letzter Ausweg.....  | 35        |
| 2.6. Auf Abruf handeln .....  | 35        |

**TEIL D: Ausgangszustand der Umwelt und Umweltmerkmale der Bereiche, die erheblich betroffen sein könnten** **37**

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| <b>1.Vorwort.....</b>          | <b>38</b> |
| <b>2.Luft .....</b>            | <b>38</b> |
| <b>3.Wasser .....</b>          | <b>39</b> |
| <b>4.Boden .....</b>           | <b>39</b> |
| <b>5.Fauna und Flora .....</b> | <b>39</b> |

**TEIL E: Analyse der Umweltauswirkungen** **41**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1.Auswirkungen auf die Luftqualität.....</b>  | <b>42</b> |
| 1.1. Einleitung .....  | 42        |
| 1.2. Entwicklung erneuerbarer Energien aus Biomasse .....  | 43        |
| 1.2.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....                                   | 43        |
| 1.2.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden .....  | 47        |
| 1.2.3. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen..... | 48        |
| 1.3. Reduzierung des Verbrauchs und der CO2-Emissionen von Gebäuden .....                                  | 48        |
| 1.3.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....                                   | 48        |
| 1.3.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden .....  | 49        |



|   |           |
|---|-----------|
| 1.3.3. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....  | 49        |
| <b>1.4. Begrenzung der Emission fluorierter Treibhausgase .....</b>   | <b>50</b> |
| <b>1.5. Entwicklung der Infrastrukturen in der Umgebung von Flughäfen.....</b>  | <b>50</b> |
| 1.5.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 50        |
| 1.5.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden .....   | 52        |
| 1.5.3. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....  | 52        |
| <b>2.Auswirkungen auf die Bevölkerung und die menschliche Gesundheit.....</b>   | <b>53</b> |
| <b>2.1. Einleitung .....</b>  | <b>53</b> |
| <b>2.2. Reduzierung der Emissionen von SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, VOC, PM<sub>2,5</sub> und von CO<sub>2</sub> von mobilen und stationären Quellen .....</b> | <b>54</b> |
| 2.2.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 54        |
| 2.2.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden .....   | 55        |
| 2.2.3. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....  | 55        |
| <b>2.3. Entwicklung der Straßen- und Schieneninfrastruktur sowie der Infrastrukturen in der Nähe von Flughäfen.....</b>   | <b>55</b> |
| 2.3.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 55        |
| 2.3.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden .....   | 57        |
| <b>2.4. Entwicklung erneuerbarer Energien (einschl. Biomasse und ausschl. Biomasse).....</b>  | <b>57</b> |
| 2.4.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 57        |
| 2.4.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden .....   | 58        |
| 2.4.3. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....  | 58        |
| <b>2.5. Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Gebäuden.....</b>   | <b>58</b> |
| 2.5.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 58        |
| 2.5.2. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....  | 59        |
| <b>2.6. Flexibilisierung des Verbrauchs und der Erzeugung von Elektrizität.....</b>   | <b>59</b> |
| 2.6.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 59        |
| 2.6.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden .....   | 61        |
| <b>3.Auswirkungen auf die biologische Vielfalt, die Fauna und Flora (einschließlich der Aspekte im Zusammenhang mit den Richtlinien 79/409/EWG und 92/43/EWG) .....</b>           | <b>61</b> |
| <b>3.1. Einleitung .....</b>  | <b>61</b> |
| <b>3.2. Reduzierung der Emissionen SO<sub>x</sub>-, NO<sub>x</sub>-, PM<sub>2,5</sub>- und CO<sub>2</sub> von mobilen und ortsfesten Quellen...</b>                               | <b>62</b> |
| 3.2.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 62        |
| <b>3.3. Reduzierung der NH<sub>3</sub>-Emissionen in der Landwirtschaft.....</b>  | <b>64</b> |
| 3.3.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 64        |
| 3.3.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden .....   | 65        |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>3.4. Entwicklung erneuerbarer Energien außer solcher aus Biomasse.....</b>   | <b>65</b> |
| 3.4.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 65        |
| A. A. Bau von Windparks.....  | 65        |
| B. Nutzung von Sonnenenergie.....   | 66        |
| C. Erzeugung von Wasserkraft.....   | 66        |
| D. Querschnittsmaßnahmen (Ausbau der Stromnetze).....   | 66        |
| 3.4.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden.....  | 67        |
| A. Bau von Windparks.....   | 67        |
| B. Querschnittsmaßnahmen (Ausbau der Stromnetze).....   | 67        |
| 3.4.3. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....              | 67        |
| A. Bau von Windparks.....   | 67        |
| B. Querschnittsmaßnahmen (Ausbau der Stromnetze).....   | 67        |
| <b>3.5. Entwicklung erneuerbarer Energien aus Biomasse.....</b>   | <b>68</b> |
| 3.5.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 68        |
| <b>3.6. Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO2-Emissionen von Gebäuden.....</b>                                  | <b>69</b> |
| 3.6.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 69        |
| 3.6.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden.....  | 69        |
| 3.6.3. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....              | 69        |
| <b>3.7. Entwicklung der Straßen- und Schieneninfrastruktur sowie der Infrastrukturen in der Nähe von Flughäfen.....</b> | <b>71</b> |
| 3.7.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 71        |
| <b>3.8. Entwicklung schiffbarer Wasserläufe (Anpassung der Breite durch Ausbaggerung).....</b>                          | <b>72</b> |
| 3.8.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 72        |
| <b>4. Auswirkungen auf die Böden.....</b>   | <b>72</b> |
| <b>4.1. Einleitung.....</b>   | <b>72</b> |
| <b>4.2. Entwicklung erneuerbarer Energien und Flexibilisierung des Stromverbrauchs und der Stromerzeugung.....</b>      | <b>73</b> |
| 4.2.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 73        |
| 4.2.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden.....  | 74        |
| 4.2.3. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....              | 74        |
| <b>4.3. Entwicklung der Straßen- und Schieneninfrastruktur sowie der Infrastrukturen in der Nähe von Flughäfen.....</b> | <b>74</b> |
| 4.3.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 74        |
| 4.3.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden.....  | 75        |
| 4.3.3. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....              | 77        |
| <b>4.4. Entwicklung erneuerbarer Energien (Tiefengeothermie).....</b>   | <b>77</b> |



|   |           |
|---|-----------|
| 4.4.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 77        |
| 4.4.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden .....   | 78        |
| 4.4.3. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....  | 79        |
| <b>4.5. Entwicklung erneuerbarer Energien aus Biomasse .....</b>  | <b>79</b> |
| 4.5.1. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden .....   | 80        |
| 4.5.2. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....  | 80        |
| <b>5. Auswirkungen auf das Grundwasser und die Oberflächengewässer .....</b>  | <b>81</b> |
| <b>5.1. Einleitung .....</b>  | <b>81</b> |
| <b>5.2. Reduzierung der SO<sub>x</sub>-, NO<sub>x</sub>-, PM<sub>2,5</sub>- und CO<sub>2</sub>-Emissionen mobiler und ortsfester Quellen .....</b>  | <b>81</b> |
| 5.2.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 81        |
| <b>5.3. Reduzierung der NH<sub>3</sub>-Emissionen in der Landwirtschaft.....</b>  | <b>82</b> |
| 5.3.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 82        |
| <b>5.4. Entwicklung der Straßen- und Schieneninfrastruktur sowie der Infrastrukturen in der Nähe von Flughäfen.....</b>                             | <b>82</b> |
| 5.4.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 83        |
| 5.4.2. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....  | 84        |
| <b>5.5. Entwicklung schiffbarer Wasserläufe (Anpassung der Breite durch Ausbaggerung).....</b>  | <b>84</b> |
| 5.5.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 84        |
| 5.5.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden .....   | 85        |
| 5.5.3. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....  | 85        |
| <b>5.6. Entwicklung erneuerbarer Energien außer solcher aus Biomasse.....</b>   | <b>85</b> |
| 5.6.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 85        |
| 5.6.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden .....   | 87        |
| 5.6.3. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....  | 87        |
| <b>5.7. Entwicklung erneuerbarer Energien aus Biomasse .....</b>  | <b>87</b> |
| 5.7.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 87        |
| 5.7.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden .....   | 89        |
| 5.7.3. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....  | 89        |
| <b>6. Auswirkungen auf Sachgüter und das Kulturerbe.....</b>  | <b>89</b> |
| <b>6.1. Einleitung .....</b>  | <b>89</b> |
| <b>6.2. Reduzierung von SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, PM<sub>2,5</sub> und CO<sub>2</sub>-Emissionen aus mobilen und stationären Quellen</b> | <b>91</b> |
| 6.2.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 91        |
| 6.2.2. Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden .....   | 91        |



|   |           |
|---|-----------|
| 6.2.3. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....  | 91        |
| <b>6.3. Reduzierung der NH3-Emissionen in der Landwirtschaft.....</b>   | <b>92</b> |
| 6.3.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 92        |
| <b>6.4. Straßen- und Schieneninfrastrukturentwicklung und Infrastrukturentwicklung in der Nähe von Flughäfen.....</b>                             | <b>92</b> |
| 6.4.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 92        |
| <b>6.5. Entwicklung erneuerbarer Energien.....</b>  | <b>92</b> |
| 6.5.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 92        |
| <b>6.6. Senkung des Energieverbrauchs und Reduzierung der CO2-Emissionen von Gebäuden und der Luftverschmutzung durch ortsfeste Quellen .....</b> | <b>93</b> |
| 6.6.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 93        |
| 6.6.2. Beschreibung der vorgesehenen Evaluierungsmethoden.....  | 93        |
| <b>7. Auswirkungen auf die Landschaft.....</b>  | <b>93</b> |
| <b>7.1. Einleitung .....</b>  | <b>93</b> |
| <b>7.2. Entwicklung erneuerbarer Energien.....</b>  | <b>94</b> |
| 7.2.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 94        |
| 7.2.2. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....  | 96        |
| <b>7.3. Flexibilisierung des Verbrauchs und der Erzeugung von Elektrizität.....</b>   | <b>96</b> |
| 7.3.1. Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen.....  | 96        |
| 7.3.2. Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen.....  | 97        |

**TEIL F: Nicht-technische Zusammenfassung 98**

|  |            |
|--|------------|
| <b>1. Ziele des PACE.....</b>  | <b>99</b>  |
| <b>2. Verbindungen zu anderen Plänen und Programmen</b>  | <b>100</b> |
| <b>3. Alternativen zum PACE.....</b>   | <b>101</b> |
| <b>4. Auswirkungen auf die Luftqualität.....</b>   | <b>102</b> |
| <b>5. Auswirkungen auf die Bevölkerung und die menschliche Gesundheit.....</b>   | <b>103</b> |
| <b>6. Auswirkungen auf die biologische Vielfalt, die Fauna und Flora (einschließlich Vogelschutz- und FFH-Richtlinie).....</b> | <b>104</b> |
| <b>7. Auswirkungen auf die Böden .....</b>   | <b>105</b> |
| <b>8. Auswirkungen auf das Grund- und Oberflächenwasser .....</b>  | <b>107</b> |
| <b>9. Auswirkungen auf Sachgüter und das Kulturerbe.....</b>   | <b>107</b> |
| <b>10. Auswirkungen auf die Landschaften</b>   | <b>108</b> |

**TEIL G: Literaturverzeichnis 109**





## Liste der Abbildungen

|  |     |
|--|-----|
| Abbildung 1: Treibhausgas-Emissionen gesamt: historische Emissionen, Ziel 2030, Ziel 2050, indikativer linearer Kurs (Wallonischer Klimarat 2019) .....                                      | 26  |
| Abbildung2: Verteilung der Schadstoffemissionen nach Ursache auf französischen Flughäfen .....   | 51  |
| Abbildung3: Vergleich der Zahl der getöteten Radfahrer pro gefahrenem Kilometer in Europa.....   | 56  |
| Abbildung 4: Wechselwirkung zwischen Umweltkompartimenten und den sich daraus entwickelnden Elementen, „Umweltchemie“ Bliefert und Perraud (2008) .....                                      | 62  |
| Abbildung 5: Gebiete in der Wallonie, die von Überschreitungen der kritischen Belastungen durch eutrophierenden Stickstoff betroffen sind; Daten aus VSD- und EMEP-Modellen; BZUW 2017 ..... | 64  |
| Abbildung 6: Beispiele für Materialien, die es Vögeln erleichtern sollen, Hochspannungsleitungen zu erkennen. ....   | 68  |
| Abbildung 7: Beispiel eines Dachgeschossplans für die Installation von Fledermausgruppen, Opération Combles et Clochés (2003).....   | 71  |
| Abbildung 8: Bedarf an gewissen Materialien, die 2007 benötigt wurden, um die Stromerzeugung in verschiedenen Energiemixen zu sichern - Quellen: (van der Voet et al. 2013) .....            | 74  |
| Abbildung 9: Ampeln zur seismischen Überwachung eines geothermischen Betriebs in El Salvador .....   | 78  |
| Abbildung10: Karte des belgischen Hochspannungsnetzes im Jahr 2017 .....   | 97  |
| Abbildung 11: Treibhausgas-Emissionen gesamt: historische Emissionen, Ziel 2030, Ziel 2050, indikativer linearer Kurs (Wallonischer Klimarat 2019) .....                                     | 101 |

## Liste der Tabellen

|   |    |
|---|----|
| Tabelle2: Zusammenfassung der PACE Maßnahmen, aufgeteilt in Makro-Maßnahmen und Evaluierung ihrer Auswirkungen auf die Umwelt (Teil 1)..... | 15 |
| Tabelle 3: Zentrale Ziele (ÖDW Energie und AWAC 2019).....  | 17 |
| Tabelle 4: Zusammenfassung der Reduzierungsziele und -prognosen für 2030 in absoluten Zahlen und Reduzierungsprozenten.....                 | 18 |
| Tabelle 5: Biomasse-Emissionen/fossile Brennstoffe. Quelle: (ADEME, 2007; N. ALLEMAND, CITEPA, 2003).....                                   | 44 |
| Tabelle 6: Emissionsfaktoren für verschiedene Arten von Verbrennungsanlagen (Tier 2 in g/GJ), EEA.....                                      | 45 |
| Tabelle7: Faktoren, die die Umweltverträglichkeit von Holzanlagen in privaten Haushalten beeinflussen (Quellen: INERIS) ...                 | 46 |
| Tabelle8: Vergleich der Emissionsfaktoren für häusliche Biomasse innerhalb der EU. ....   | 47 |
| Tabelle9: Emissionsfaktoren der LTO-Phasen für verschiedene Flugzeugtypen .....   | 52 |
| Tabelle 10: Entwicklung der wichtigsten Kategorien der Versiegelung bei der Nutzung des Bodens zwischen 1985 und 2018                       | 75 |
| Tabelle 11: Biomasse-Emissionen/fossile Brennstoffe. Quelle: (ADEME, 2007; N. ALLEMAND, CITEPA, 2003).....                                  | 88 |
| Tabelle 12: Hauptziele für 2030 in Bezug auf die Treibhausgasemissionen (ÖDW Energie und AWAC 2019).....                                    | 99 |
| Tabelle 13 : Reduzierungsziele für 2030 in Bezug auf Schadstoffemissionen .....   | 99 |



## TEIL A: Einführung und methodischer Rahmen

## Einleitung

Im Dezember 2015 wird mit dem Pariser Abkommen das erste weltweite Abkommen zum Kampf gegen die globale Erwärmung unterzeichnet. Ziel ist es, deutlich unter einem weltweiten durchschnittlichen Temperaturanstieg von 2 °C zu bleiben und weiterhin Maßnahmen durchzuführen, um diesen Temperaturanstieg auf 1,5 °C zu begrenzen. Belgien ist als Mitglied der Europäischen Union verpflichtet, einen PNEC (Nationalen Energie und Klimaplan) vorzuweisen. Da Energie in Belgien eine geteilte Zuständigkeit ist, muss jedes föderale Teilgebiet einen eigenen Plan haben.

In der Wallonie wurde der PWEC (wallonischer Energie und Klimaplan) durch einen Abschnitt Luftqualität ergänzt, da die Zusammenhänge zwischen den Maßnahmen, die zur Bekämpfung von Klima und Luftqualität ergriffen werden sollen, offensichtlich sind.

PACE 2030 (Plan Air Climat Energie/Luft-Klima-Energie-Plan) wurde daher in dieser doppelten Hinsicht erstellt, nämlich die Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen zu begrenzen. Das allgemeine Ziel und zugleich die Auswirkung aller im PACE vorgeschlagenen Maßnahmen ist es, die Umweltsituation in der Wallonie zu verbessern.

Allerdings sei daran erinnert, dass jede menschliche Aktivität Auswirkungen auf die Umwelt hat. Die im PACE vorgeschlagenen Maßnahmen bilden keine Ausnahme von dieser Regel. Die Produktion und der Verbrauch von sauberer Energie, die keinerlei Auswirkungen auf die Umwelt hat, ist ein Mythos. Die Ökonomen sagen *„there is no free lunch“* (es gibt kein kostenloses Essen/nichts ist umsonst): Jede Aktie und jedes Produkt wird letztendlich immer von einem Beitragszahler bezahlt werden müssen, sei er nun Konsument, Steuerzahler oder Aktionär. Wenn wir dieses Zitat etwas freier auslegen, könnten wir diesen Gedanken auf das Umweltmanagement ausweiten. Jede Aktion, die wir unternehmen, um die Situation zu verbessern, verursacht ihre eigenen Auswirkungen auf die Umwelt und ihre eigenen Umweltkosten, die gegebenenfalls vermieden, reduziert oder kompensiert werden müssen.

Diese Überlegung ist umso wichtiger, als dass die Energiewende, die notwendig ist, um bis 2050 unsere Kohleausgaben radikal zu senken, eine tief greifende Veränderung unserer Lebensweise erfordert. Der Verzicht auf fossile Energien wird sicherlich zu einer zunehmenden Nutzung erneuerbarer Energien führen. Er wird einen starken Einfluss auf unsere Art, Energie zu konsumieren und zu produzieren, haben.

Unter diesen Umständen hat die wallonische Regierung beschlossen, einen Umweltbericht (Rapport sur les Incidences Environnementales (RIE)) in Bezug auf PACE erstellen zu lassen, um die wesentlichen Umweltauswirkungen bei der Umsetzung des Plans zu ermitteln und, gemäß den Bestimmungen des Umweltgesetzes, Maßnahmen zur Verringerung, Beseitigung und Kompensierung negativer Auswirkungen vorzuschlagen. Gleich zu Beginn dieses Dokuments lässt sich feststellen, dass, soweit PACE 2030 Maßnahmen zur Reduzierung von Treibhausgasen und bestimmten Luftschadstoffen entwickelt, die Auswirkungen sowohl auf die Gesundheit als auch auf die Umwelt insgesamt sehr positiv sind.

## Bewertungsmethode

PACE 2030 beinhaltet eine große Anzahl von technischen, regulatorischen und wirtschaftlichen Maßnahmen, mit denen verschiedene große Ziele, wie z. B. die Entwicklung erneuerbarer Energien, erreicht werden sollen. Um diese großen Ziele zu erreichen, werden zahlreiche Maßnahmen vorgeschlagen, deren Aktivitäten sich gegenseitig ergänzen. Beim Lesen des PACE wurde schnell klar, dass die Analyse der Auswirkungen jeder einzelnen Maßnahme auf die Umwelt wenig Sinn macht oder Interesse weckt. Daher wurde beschlossen, die Umweltauswirkungen in Form von nachfolgend aufgeführten „Makro-Maßnahmen“ zusammenzufassen, statt jede Maßnahme einzeln zu untersuchen (siehe **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)

Artikel 56 § 4 des Umweltgesetzbuches sieht vor, dass die Umweltberichte eine Analyse der „Umweltprobleme, die mit dem Plan oder Programm zusammenhängen, insbesondere solche, die Gebiete von besonderer ökologischer Bedeutung betreffen, wie z. B. die gemäß den Richtlinien 79/409/C.E.E. und 92/43/C.E.E.E. ausgewiesenen,“ beinhalten. Ebenso listet § 6 desselben Artikels des Gesetzbuches die Umweltthemen auf, die in einen Umweltbericht aufgenommen werden müssen: ‚biologische Vielfalt, Bevölkerung, menschliche Gesundheit, Fauna, Flora, Boden, Wasser, Luft, Klimafaktoren, materielle Güter, Kulturerbe, einschließlich architektonisches und archäologisches Erbe, Landschaft sowie die Wechselwirkung zwischen diesen Faktoren‘. Um die Lesbarkeit des Umweltberichts zu gewährleisten, hielt es der Begleitausschuss für angemessen, die Themen im Zusammenhang mit der biologischen Vielfalt, der Fauna und Flora sowie die Themen im Zusammenhang mit den Richtlinien 79/409/C.E.E. und 92/43/C.E.E. zu einem einzigen Thema zusammenzufassen.

Die im Rahmen dieses Umweltberichts durchgeführten Analysen wurden zu wichtigen Umweltthemen (Biodiversität, Gesundheit, Luft, Boden, Wasser, materielle Güter und Erbe, Landschaften) durchgeführt. Für jedes Umweltthema wurden die Auswirkungen der ‚Makromaßnahmen‘ mit maximaler Objektivität auf der Grundlage von Informationen, wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Berichten, die zum Zeitpunkt der Erstellung des Umweltberichts zur Verfügung standen, geschätzt. Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Dokumentation der in diesem Umweltbericht durchgeführten Analysen gelegt. Die Liste aller abgerufenen Dokumente, auf denen die Analysen des Forschungsteams beruhen, ist am Ende dieses Umweltberichts aufgeführt (siehe 0).

Der Umweltbericht befasst sich mit den Maßnahmen, deren Auswirkungen auf die Umwelt erheblich sind. Man kann vernünftigerweise annehmen, dass bestimmte Maßnahmen bei bestimmten Umweltthemen von vornherein geringfügige oder keine Umweltauswirkungen haben. Um die Bemühungen auf die wichtigsten zu bewertenden Elemente zu konzentrieren, führte das Forschungsteam in Zusammenarbeit mit den Verantwortlichen der wallonischen Verwaltung eine Voranalyse durch, um die Umweltauswirkungen jeder ‚Makromaßnahme‘ auf einer fünfstufigen Skala qualitativ zu bewerten:

- ⊕ sehr ungünstig ‚-‘,
- ⊕ ungünstig ‚-‘,
- ⊕ gering oder null ‚0‘,
- ⊕ günstig ‚+‘,
- ⊕ sehr günstig ‚++‘.

Diese Klassifizierung der Maßnahmen wurde in mehreren Arbeitssitzungen vorgenommen und stützte sich auf die Expertise aller an der Umsetzung des Umweltberichts beteiligten Forscher und Verwaltungsmitarbeiter.

**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** zeigt diese Gruppierung von PACE-Maßnahmen in Makro-Maßnahmen und führt deren a priori geschätzten Auswirkungen bei verschiedenen Umweltthemen auf. Diese Tabelle kann daher als eine zweiseitige Zusammenfassung des Umweltberichts gelesen werden. In den Zeilen sind alle zu Makro-Maßnahmen zusammengefassten PACE-Maßnahmen und in den Spalten die 7 untersuchten Umweltthemen (Luft, Biodiversität, Bevölkerung und menschliche Gesundheit, Böden, Grund- und Oberflächenwasser, Sachgüter und Kulturerbe, Landschaften). Die qualitativen Bewertungen der Umweltauswirkungen der Maßnahmen werden am Schnittpunkt von Zeilen und Spalten vorgenommen. Die Makro-Maßnahmen, welche negative Umweltauswirkungen aufweisen, wurden detailliert analysiert. In diesen Fällen wurden sowohl die positiven als auch die negativen Auswirkungen geprüft. In der Tat kann ein und dieselbe Maßnahme gleichermaßen günstige und ungünstige Auswirkungen auf die Umwelt oder die Gesundheit haben.



Um die Lesbarkeit des Umweltberichts zu verbessern, sind die Maßnahmen zur Verringerung, Vermeidung oder Kompensierung negativer Umweltauswirkungen direkt in die Analyse der Makro-Maßnahmen von PACE integriert und nicht am Ende des Dokuments in einem eigenen Abschnitt zusammengefasst. Diese Vorgehensweise erwies sich, angesichts der Anzahl und der Vielfalt der zu analysierenden Maßnahmen, schnell als die passendste.

## Aufgetretene Schwierigkeiten

Der PACE umfasst quantifizierte Ziele für die Verringerung der Treibhausgasemissionen, die Erzeugung erneuerbarer Energien sowie die Verringerung der Emissionen von Luftschadstoffen. Andererseits werden die zur Erreichung dieser Ziele vorgesehenen Maßnahmen selten gemessen. Infolgedessen war es fast nie möglich, ihre Auswirkungen auf Umwelt oder Gesundheit zu messen. Im Allgemeinen wurde die Analyse der Auswirkungen dann qualitativ durchgeführt.

Ebenso bleiben die PACE-Maßnahmen relativ allgemein und beziehen sich, von einigen Ausnahmen abgesehen, nicht auf das wallonische Territorium. Beim Lesen des PACE ist nicht klar, ob bestimmte Anlagen (Park-and-Ride-Parkplätze, Produktionseinheiten für erneuerbare Energie etc.) gebaut werden, auch nicht in welchen Mengen und noch weniger, wo sie errichtet werden. Unter diesen Bedingungen ist es sehr schwierig, ihre Auswirkungen auf die Umwelt zu beurteilen, da sie je nach Anzahl und Standort unterschiedlich sein können. Auch aus diesem Grund werden die Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesundheit der im PACE vorgesehenen Maßnahmen eher auf qualitative und allgemeine Weise analysiert.

Da der Umfang der vom PACE vorgeschlagenen Maßnahmen sehr breit ist, war es unmöglich, eine vollständige Analyse aller möglichen Auswirkungen jede einzelne von ihnen, innerhalb der für die Durchführung dieser Studie vorgesehenen Zeit und des dafür vorgesehenen Budgets, durchzuführen. Bei Abschluss der Analyse ist das Forschungsteam sich im Klaren darüber, dass es nicht in der Lage war, eine umfassende Analyse aller Umweltauswirkungen des PACE durchzuführen. Jedoch arbeitete das Forschungsteam, unterstützt von den Verwaltungsmitgliedern, die die Akte begleitet haben, mit größter wissenschaftlicher Sorgfalt an diesem Dokument, das nützlich sein könnte, die ‚Umweltkosten‘ zu evaluieren, die für die Umsetzung des PACE entstehen. Es sollte hinzugefügt werden, dass einige konkrete Projekte im Zusammenhang mit der Umsetzung des PACE Gegenstand einer Studie über die spezifischen Auswirkungen sein müssen.

| Sektor   | PACE-Maßnahme (Plan Air-Climat-Énergie/Luft-, Klima-, Energieplan)  | Makro-Maßnahme   | Luftqualität | Bevölkerung und menschliche Gesundheit und Bevölkerung | Biologische Vielfalt, Fauna und Flora (einschließlich Vogelschutz- und FFH-Richtlinie) | Böden | Grund- und Oberflächenwasser | Sachgüter und Kulturerbe | Landschaften |
|--|---|--|--------------|--|--|-------|------------------------------|--------------------------|--------------|
| Verkehr  | Progressives Verbot der umweltschädlichsten Fahrzeuge   | Verringerung von Emissionen von SOx, NOx, COV, PM2,5 (+CO2) aus mobilen Quellen (Verkehr)                            | ++           | ++   | ++   | ++    | ++                           | ++                       | 0            |
|  | Einrichtung von emissionsarmen Zonen;   |  |              |  |  |       |                              |                          |              |
|  | Feinstaubabscheider an Fahrzeugen   |  |              |  |  |       |                              |                          |              |
|  | Umweltkriterien bei der KFZ-Besteuerung   |  |              |  |  |       |                              |                          |              |
|  | Abstellen der Motoren im Stillstand   |  |              |  |  |       |                              |                          |              |
| Verstärkung der technischen Überwachung              |   |  |              |  |  |       |                              |                          |              |
| Verkehr  | Begrünung des Fuhrparks (H2-, Elektro-, CNG-Fahrzeuge)  | Entwicklung der Straßen- und Schieneninfrastruktur (einschließlich Verkehrsverlagerung)                              | ++           | ++   | --   | -     | -                            | -                        | -            |
|  | Fast Mobilität: Multimodalität im Dienste der wirtschaftlichen Entwicklung (multimodale Plattform, Metro Charleroi) |  |              |  |  |       |                              |                          |              |
|  | Fast Mobilität: Verkehrsverlagerung (TEC, BRT, Fahrrad)   |  |              |  |  |       |                              |                          |              |
|  | Fast Mobilität: Vertiefung von Wasserstraßen durch Ausbaggerung   |  |              |  |  |       |                              |                          |              |
| Industrie und Dienstleistungssektor (Kälteerzeugung) | Mobilität Fast: Verbesserung der Mobilität, um das Wachstum der Flughäfen zu fördern)                               | Entwicklung der Infrastrukturen in der Nähe von Flughäfen  | -            | --   | --   | -     | -                            | -                        | -            |
|  | Freiwillige sektorale Vereinbarungen  | Begrenzung der Emission fluoriierter Treibhausgase   | -            | 0  | 0  | 0     | 0                            | 0                        | 0            |
|  | Unterstützung von Unternehmen beim Austausch ihrer Geräte   |  |              |  |  |       |                              |                          |              |
| Industrie und Dienstleistungssektor                  | Stärkung der Ausbildung im Umgang mit alternativen Kältemitteln   |  |              |  |  |       |                              |                          |              |
|  | Grenzwerte für Emissionen von Verbrennungsanlagen zwischen 100 kW und 1 MW  | Reduzierung der SOx-, NOx-, VOC- und PM2,5-Emissionen aus stationären Quellen (Industrie, Dienstleistung und Wohnen) | ++           | ++   | ++   | ++    | ++                           | ++                       | 0            |
| Sensibilisierung, Eindämmen der Schadstoffemissionen |   |  |              |  |  |       |                              |                          |              |
| Einschränkung der Verbrennung von Grünabfällen       |   |  |              |  |  |       |                              |                          |              |
| Wohnsektor   | Einschränkung der Nutzung fester Brennstoffe (bei Höchstwerten der Luftverschmutzung)                               |  |              |  |  |       |                              |                          |              |
|  | Emissionsanforderungen (ohne Lösungsmittel)   | Reduzierung der Emissionen von Lösungsmitteln  | ++           | ++   | ++   | ++    | ++                           | +                        | 0            |
|  | Verwendung von industriellen Lösungsmitteln   |  |              |  |  |       |                              |                          |              |
| Industrie  | Verbesserung der Energieeffizienz und Dekarbonisierung  | Begrenzung des Verbrauchs und der CO2-Emissionen der Industrie, die nicht dem EHS unterliegen                        | +            | +  | +  | 0     | 0                            | 0                        | 0            |

Tabelle 1: Zusammenfassung der PACE-Maßnahmen, aufgeteilt in Makro-Maßnahmen, und Evaluierung ihrer Auswirkungen auf die Umwelt (Teil 1)

Anmerkung: In dieser Tabelle umfasst die Thematik ‚Luftqualität‘ die Schadstoffe, die Auswirkungen auf die Luftqualität haben (PMx, NOx...) sowie die Treibhausgas-Emissionen.





| Sektor                                    | PACE-Maßnahme   | Makro-Messung   | Luftqualität | Bevölkerung und menschliche Gesundheit und Bevölkerung | Biologische Vielfalt, Fauna und Flora (einschließlich Vogelschutz- und FFH-Richtlinie) | Böden | Grund- und Oberflächenwasser | Sachgüter und Kulturerbe | Landschaften |
|---|---|---|--------------|--|--|-------|------------------------------|--------------------------|--------------|
| Wohnsektor und Dienstleistungen (Gebäude) | Langfristige Strategie zur Gebäudesanierung   | Reduktion des Energieverbrauchs und der CO2-Emissionen von Gebäuden   | ++           | ++   | -  | 0     | 0                            | -                        | 0            |
|   | Entwicklung des rechtlichen und regulatorischen Rahmens für ESCOs und ELV in der Wallonie |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
|   | Vorbildfunktion von öffentlichen Gebäuden   |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
|   | Verhaltensweisen entwickeln, um den Energieverbrauch im Wohnbereich zu reduzieren.        |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
|   | Neue Gebäude: Die Energieautonomie fördern  |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
| Wohnsektor                                | Maßnahmen im Zusammenhang mit Zählern und Verbrauchskontrolle                             | Verbraucherschutz   | 0            | +  | 0  | 0     | 0                            | 0                        | 0            |
|   | Fördermaßnahmen zur Senkung des Verbrauchs oder des Rechnungsbetrags                      |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
| Lokale Behörden                           | Lokale Finanzierung (POLLEC)  | Entwicklung einer lokalen Dynamik (POLLEC)  | 0            | 0  | 0  | 0     | 0                            | 0                        | 0            |
| Landwirtschaft                            | Reduktion der NH3-Emissionen  | Reduktion der NH3-Emissionen in der Landwirtschaft  | ++           | ++   | ++   | ++    | ++                           | +                        | 0            |
|   | Begrenzung der Verdunstung von NH3 (bei Spitzenwerten der Umweltverschmutzung)            |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
|   | Emissionsarme Gebäude (NH3) für Schweine- und Geflügelhalter                              |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
|   | Begrenzung der Emissionen und Freisetzungen von Stickstoff (auf Böden ausgebracht)        |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
| Erneuerbare Energien                      | Überarbeitung des Mechanismus für grüne Zertifikate                                       | Entwicklung von elektrischen und thermischen erneuerbaren Energien ohne Biomasse (Wind-, Sonnen-, Hydro, geothermische Energie, Wärmepumpe),                    | +            | -  | --   | -     | -                            | -                        | --           |
|   | Weitere Maßnahmen zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien              |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
|   | Regulierungsmaßnahmen (für Ökostrom)  |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
|   | Maßnahmen zur Förderung grüner Wärme  | Entwicklung von erneuerbaren elektrischen und thermischen Energien aus Biomasse   | --           | --   | --   | --    | -                            | -                        | -            |
|   | Überarbeitung des Mechanismus für grüne Zertifikate                                       |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
|   | Weitere Maßnahmen zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien              |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
|   | Regulierungsmaßnahmen (für Ökostrom)  |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
|   | Maßnahmen zur Förderung grüner Wärme  |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
| Energieerzeugung                          | Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Flexibilitätsmarkt                                      | Flexibilisierung des Verbrauchs und der Erzeugung von Elektrizität. Dazu gehören Infrastrukturen (Hoch- und Niederspannungsleitungen), intelligente Zähler etc. | 0            | -  | -  | 0     | 0                            | 0                        | -            |
|   | Maßnahmen im Bereich der Entwicklung von Netzwerken und intelligenten Netzwerken          |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
|   | Koordinierungsmaßnahme VNB-ÜNB  |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
|   | Preisgestaltung   |   |              |  |  |       |                              |                          |              |
|   | Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Einsatz von Power-to-X (synthetisches Gas)              | Entwicklung Power to X  | 0            | 0  | 0  | 0     | 0                            | 0                        | 0            |
| Transversalität                           | Steuerwesen   | Steuerwesen (Maßnahme zur Stärkung anderer Maßnahmen)   | 0            | 0  | 0  | 0     | 0                            | 0                        | 0            |

Tabelle1: Zusammenfassung der PACE-Maßnahmen, aufgeteilt in Makro-Maßnahmen und Evaluierung ihrer Auswirkungen auf die Umwelt (Teil 1)



## TEIL B: Beschreibung der Ziele des PACE, Verbindungen zu anderen Plänen und Programmen

## Zusammenfassung des Inhalts und Beschreibung der Ziele des PACE

Der Luft-Klima-Energie-Plan (PACE, Plan Air Climat Energie) bis 2030 besteht aus zwei Hauptkomponenten: erstens der Reduzierung von Treibhausgas-Emissionen und zweitens der Bekämpfung von Emissionen bestimmter Luftschadstoffe.

„Mit diesem Plan sollen die Ziele in Bezug auf die Verringerung der Treibhausgasemissionen sowie die Luftqualität festgelegt und die Instrumente, mit deren Hilfe diese Ziele tatsächlich erreicht werden sollen, geschaffen werden“. (ÖDW Energie und AWAC 2019).

PACE 2030 (Plan Air Climat Energie/Luft Klima Energie Plan) und die darin enthaltenen neuen Maßnahmen zielen darauf ab, die in der Europäischen Union festgelegten Ziele in Bezug auf Energie und Klima sowie Luftqualität (gemäß der Richtlinie 2016/2284 zur Verringerung der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe) zu erreichen. (ÖDW Energie und AWAC 2019).

In den folgenden Tabellen sind die Hauptziele des Plans aufgeführt, die insbesondere von den jeweiligen europäischen Bestimmungen vorgegeben werden.

### ◉ In Bezug auf Energie und Klima:

Tabelle 2: Zentrale Ziele (ÖDW Energie und AWAC 2019)

| Themen                       | Zielvorgaben   |
|------------------------------|--|
| <b>Dekarbonisierung</b>      | -37 % (*) Nicht-EHS-Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 2005  |
| <b>Erneuerbare Energie</b>   | 23,5 % (*) des Bruttoendenergieverbrauchs im Jahr 2030   |
| <b>Energieeffizienz</b>      | 23 % des Endverbrauchs im Vergleich zu 2005<br>36 % des Primärverbrauchs im Vergleich zu 2005 <sup>1</sup> |
| <b>Marktintegration</b>      | Erhöhung der lokalen Flexibilität. Verbraucherschutz.  |
| <b>Forschung, Innovation</b> | % F&E-Budget<br>Direkt Energie-Klima: 4 %<br>Integriert: 11 %  |

(\*) Die Verringerung der Emissionen und des Anteils erneuerbarer Energien basiert auf einer realen Beimischungsrate von 14 % für Biokraftstoffe.

<sup>1</sup> Der Primärverbrauch ist abhängig vom Kraftwerkspark für die Stromerzeugung. Das hier beschriebene Bestreben setzt den Ausstieg aus der Atomkraft nach dem bisher geplanten Zeitplan sowie eine Begrenzung der wallonischen Importe auf 1.600 GWh voraus. (ÖDW Energie und AWAC 2019).

## ◉ In Bezug auf Luftschadstoffe

Tabelle 3: Zusammenfassung der Reduzierungsziele und -prognosen für 2030 in absoluten Zahlen und Reduzierungsprozenten.

| Schadstoffe       | Reduzierungszielvorgaben<br>BE 2030 | Wallonische<br>Reduzierungszielvorgaben<br>2030 | Wallonische<br>Höchstwerte<br>2030 in kt | Prognosen 2030<br>für die Wallonie<br>in kt | Geschätzte<br>Reduzierung für<br>2030 gegenüber<br>2005 ( % ) |
|-------------------|-------------------------------------|---|--|---|---|
| SO <sub>2</sub>   | 66 %                                | 65 %  | 15,4                                     | 10,76                                       | 75,8 %  |
| NO <sub>x</sub>   | 59 %                                | 60 %  | 49,4                                     | 41,72 *                                     | 66 %  |
| VOC               | 35 %                                | 31 %  | 32,1                                     | 29,88 *                                     | 37 %  |
| PM <sub>2,5</sub> | 39 %                                | 43 %  | 8,8                                      | 8,3   | 45,4  |
| NH <sub>3</sub>   | 13 %                                | 14 %  | 27,0                                     | 24,23                                       | 23 %  |

## ◉ Synergie zwischen den zwei Politikfeldern Energie/Klima und Luft:

Diese Synergie zwischen den Politikfeldern, die eingesetzt werden, um die beiden Problematiken (Luft-Klima) zu bewältigen, ist dadurch gerechtfertigt, dass Energie und Verkehr zwei hauptsächliche Ursachen für Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffe darstellen. Diese Maßnahmen zur besseren Steuerung der Energieerzeugung und -nutzung, auch für Wärme aus dem Wohn- und Dienstleistungssektor, sowie zur Verbesserung des Verkehrs- und Mobilitätsmanagements, tragen größtenteils zur Entwicklung von Emissionen der größten Luftschadstoffe bei. Die Landwirtschaft stellt ebenfalls eine gemeinsame Ursache für beide Themen dar.

Eine integrierte Sichtweise der Klima-, Energie- und Luftpolitik ermöglicht es auch, antagonistische oder kontraproduktive Maßnahmen zu vermeiden oder zu begrenzen.

Die wallonischen Verpflichtungen in Bezug auf die Luftqualität könnten ohne die Umsetzung des Klima-Energie-Plans nicht erfüllt werden, und Letzterer kann nicht ohne Berücksichtigung der Auswirkungen der Maßnahmen auf die Luftqualität ausgearbeitet werden.

## Verbindungen zu anderen Plänen und Programmen

### Vorwort

Um dieses Kapitel nicht zu überlasten, werden im Folgenden nur die wichtigsten Pläne und Programme aufgelistet und erläutert. Folglich ist die Liste der Pläne und Programme, die sich auf die unterschiedlichen Zuständigkeitsbereiche beziehen, nicht vollständig. Viele Erlasse und Verordnungen beziehen sich auch auf den PACE, sind aber nicht Gegenstand dieses Kapitels.

### Über die Integration in eine globale Strategie

#### In Bezug auf Klimaänderungen

Auf dem Weltgipfel von Rio de Janeiro 1992 verabschiedeten mehr als 150 Staaten das Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC). Ziel ist es, die Treibhausgaskonzentrationen zu stabilisieren, um eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems zu verhindern. Die Verhandlungen über die Mittel zur wirksamen Bekämpfung des Klimawandels finden formell im Rahmen der jährlichen COPs (Konferenzen der Vertragsparteien) statt.

Auf der dritten COP 1997 wird ein beispielloses internationales Abkommen unterzeichnet: das Kyoto-Protokoll. Darin werden Ziele zur Reduzierung von Treibhausgas-Emissionen festgelegt, die zwischen 2008 und 2012 für die sogenannten Annex-I-Staaten, das heißt, die westlichen Länder EU, USA, Kanada, Japan etc., verpflichtend waren.

Die internationale Konferenz in Kopenhagen im Jahr 2009 (COP 16) ist Schauplatz dafür, dass zum ersten Mal in einem Text der Vereinten Nationen das Ziel von maximal 2 Grad der globalen Erwärmung verabschiedet wird. Dieses Ziel steht im Einklang mit dem Bericht des Weltklimarats 2014.

Zum Abschluss der COP21 wird eine neue Vereinbarung getroffen: Das Pariser Abkommen wird von 195 Ländern unterzeichnet. Dies ist das erste weltweite, rechtsverbindliche Klimaabkommen. Es enthält unter anderem die gemeinsame Verpflichtung, den Anstieg der Durchschnittstemperatur um 2 °C bis 2050 zu unterschreiten und mit allen verfügbaren Mitteln zu versuchen, den Anstieg auf 1,5 °C zu begrenzen. Ein neuerer Bericht des Weltklimarats bewertet dieses Ziel und fordert seine Einhaltung.

#### In Bezug auf die Luftverschmutzung

1979 verabschiedet die Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE / CEE-ONU) in Bezug auf die Luftverschmutzung das Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (LRTAP-Übereinkommen). Es ist in mehrere Protokolle unterteilt, die ein Regelwerk für die Bekämpfung der Luftschadstoff-Emissionen bilden. Es hat seinen Ursprung in der Problematik des sauren Regens, dessen Auswirkungen auf die Umwelt weit über das Gebiet ihrer Emissionen hinausgingen (Pawlowski, Verdier und Lacy 1984).

Dieses Übereinkommen gilt für alle Länder des europäischen Kontinents, die USA und Kanada (insgesamt 51 Staaten sind Vertragsparteien des LRTAP-Übereinkommens) (AWAC, o. D.).

Von 1985 bis 2012 weiten sich die Bedenken auf die Emissionen von VOC, Schwermetallen und persistenten organischen Schadstoffen aus, und im Rahmen eines integrierten Göteborger Protokolls über Versauerung, Eutrophierung, Ozon und Gesundheit werden fünf Schadstoffe mit Reduzierungszielen belegt, die nach Staaten und Schadstoffen für 2010 und 2020 differenziert sind: NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, VOC, NH<sub>3</sub> und PM<sub>2,5</sub> (ÖDW Energie und AWAC 2019).

## Transversal

Am 1. Januar 2016 trat das UN-Programm für nachhaltige Entwicklung in Kraft. Die 193 Mitglieder der Organisation haben dieses neue Programm angenommen. Es enthält 17 Ziele der nachhaltigen Entwicklung, die sich insbesondere auf die Armutsbekämpfung, saubere und bezahlbare Energie, auf die Industrie, verantwortungsvolle Verbrauchs- und Produktionsweisen, auf Umwelt, Klima, Gesundheitsschutz und Wirtschaftswachstum beziehen.

## Einbettung in den EU-Gesetzgebungsrahmen

### In Bezug auf den Klimawandel

Wichtigstes Instrument der EU in Bezug auf den Klimawandel ist der Klima- und Energierahmen 2030. Er wurde Ende 2014 verabschiedet und legt für 2030 drei Hauptziele fest:

- ◉ „die Treibhausgasemissionen um mindestens 40 % (im Vergleich zu 1990) zu reduzieren;
- ◉ den Anteil der erneuerbaren Energien auf mindestens 32 % erhöhen;
- ◉ die Energieeffizienz um mindestens 32,5 % verbessern“ (Europäische Kommission, o. D.).

Zudem wird das Ziel festgelegt, 15 % des Stromnetzes zusammenzuschalten.

Die EU fordert von ihren Mitgliedern, nationale Energie-Klima-Pläne (NEKP) zu erstellen. Da Energie in Belgien eine gemeinsame Zuständigkeit ist, ist jede föderale Einheit verpflichtet, ihren eigenen Energie-Klima-Plan zu erstellen. In der Wallonie wurde dieser Plan durch eine Komponente Luftqualität ergänzt und es wurde ein Luft-Klima-Energie-Plan (PACE) erstellt, der Gegenstand des vorliegenden Umweltverträglichkeitsberichts ist.

Im Rahmen der europäischen Klimapolitik wurde ein europäischer Kohlenstoffmarkt geschaffen, der spezifische Ziele für die betroffenen Industrien und Stromerzeuger („ETS-Sektor“) enthält. Das Ziel bis 2030 ist eine Reduzierung für den ETS-Sektor um 43 % gegenüber 2005.

In diesem Zusammenhang schreibt eine kürzlich verabschiedete Verordnung (LULUCF 2018/841 vom 17. April 2018) vor, dass Treibhausgasemissionen und -ablagerungen aus der Landnutzung, der Landnutzungsänderung und der Forstwirtschaft berücksichtigt werden müssen (Europäisches Parlament 2018).

Das Programm „Saubere Energie für alle Europäer“ (das die oben genannten Ziele umfasst) umfasst verschiedene europäische Gesetzgebungen:

- ◉ Überarbeitete Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden
- ◉ Erneuerbare-Energien-Richtlinie
- ◉ Energieeffizienz-Richtlinie
- ◉ Governance-Regelungen
- ◉ Elektrizitätsrichtlinie
- ◉ Elektrizitätsverordnung
- ◉ Verordnung der Risikovorsorge für den Elektrizitätssektor
- ◉ Verordnung zur Errichtung einer Agentur der Europäischen Union für die Zusammenarbeit der Energieregulierungsbehörden

Die EU hat auch eine langfristige Strategie bis 2050 festgelegt, um das Pariser Abkommen einzuhalten und die Bemühungen fortzusetzen, den Temperaturanstieg unter 1,5 °C zu halten.

### In Bezug auf Luftverschmutzung

In Anwendung des „Clean Air Policy Package“ von 2013, das auf den bestehenden Rechtsvorschriften zur Luftqualität basiert, hat die Europäische Union zwei neue Richtlinien verabschiedet:

- Die „NEC 2“-Richtlinie 2016/2284 vom 14. Dezember 2016 zur Reduzierung bestimmter Luftschadstoffe;
- Die Richtlinie „MCP“ 2015/2193 vom 25. November 2015 zur Begrenzung der Emissionen bestimmter Luftschadstoffe aus mittelgroßen Verbrennungsanlagen.

Die NEC-Richtlinie schreibt im Vergleich zu 2005 bis 2020 und 2030 für die Emissionen von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickoxiden (NO<sub>x</sub>), flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), Ammoniak (NH<sub>3</sub>) und Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>) differenzierte Reduzierungsziele pro Mitgliedstaat und Schadstoff vor.

Diese NEC-Richtlinie verpflichtet jeden Mitgliedstaat zur Erstellung eines nationalen Programms zur Verringerung der 5 oben genannten Luftschadstoffe. Die Komponente Luft von PACE 2030 ist der wallonische Teil dieses „nationalen Plans“.

## Einbettung in die belgischen Programme

### In Bezug auf den Klimawandel

In Belgien sind die Kompetenzen in den Bereichen Energie und Klima zwischen den Regionen und der föderalen Behörde aufgeteilt. Die föderale Behörde ist zuständig für: Produktnormen, einschließlich derjenigen für Fahrzeuge, Sicherheit der Energieversorgung, Kernenergie, Hoheitsgewässer und bestimmte Steuerfragen. Erwähnenswert ist hier das Gesetz über den schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie, das nach seiner letzten Änderung die endgültige Abschaltung der wallonischen Kraftwerke auf 2025 verschiebt.

Die Nationale Klimakommission ist für die Umsetzung und Kontrolle des Nationalen Energie-Klima-Plans verantwortlich.

Darüber hinaus haben sich die vier belgischen Energieminister im Dezember 2017 auf einen Energiepakt geeinigt, der ein Ziel von 40 % erneuerbarer Elektrizität im Jahr 2030 und 100 % im Jahr 2050 vorsieht (Föderalstaat und Regionen 2017). Der Energiepakt umfasst auch viele andere Übergangsziele in verschiedenen Sektoren (einschließlich einer wesentlichen Komponente zum Verkehr).

### In Bezug auf Luftverschmutzung

Die größten Teile der Politikfelder, die sich auf die Handlungsmöglichkeit in Bezug auf die Luftemissionen beziehen, liegen in der Verantwortung der Regionen. Die föderale Behörde ist zuständig für Produktnormen, insbesondere für Fahrzeuge, lösungsmittelhaltige Produkte, die Energieeffizienz von Haushaltsgeräten, für die Vermarktung von Produkten sowie für bestimmte steuerliche Bereiche.

Die föderalen Maßnahmen hätten diejenigen der Regionen ergänzen sollen, um einen belgischen nationalen Plan auf der Grundlage aller Instrumente auszuarbeiten, aber dies ist nicht geschehen. Das von der NEC-Richtlinie geforderte „Belgische Nationale Programm zur Luftreinhaltung - NAPCP“ besteht daher aus den drei Regionalplänen, dem flämischen, dem Brüsseler und dem wallonischen Plan.

## Koordinierung mit den anderen wallonischen Programmen

### PACE 2016-2022

Der PACE 2030 knüpft an den vorherigen Plan an: PACE 2016-2022. Dieser zielt darauf ab, die europäischen Ziele „20-20-20“ in Bezug auf Energieeffizienz, Anteil erneuerbarer Energien und Reduzierung der Treibhausgasemissionen zu erreichen. Darüber hinaus gibt die Regionalpolitik durch das Klimadekret ein Ziel von 30 % bei der Reduzierung der Treibhausgasemissionen bis 2020 vor.

Klimaverordnung vom 19. Februar 2014 (geändert durch das Programm-Dekret vom 17. Juli 2018)

Der PACE ist auch Teil der Umsetzung des Klimadekrets vom 19. Februar 2014.

Das Dekret „gilt für anthropogene Emissionen aus Quellen und die Aufnahme von Treibhausgasen durch Brunnen auf dem Territorium der wallonischen Region, mit Ausnahme des internationalen Luftverkehrs“ (Wallonisches Parlament 2014). Insbesondere wird darin die Festlegung eines Budgets für Emissionen thematisiert. Dieses Dekret wurde durch das Programm-Dekret vom 17. Juli 2018 zu verschiedenen Maßnahmen in den Bereichen Beschäftigung, Ausbildung, Wirtschaft, Industrie, Forschung, Innovation, Digitalisierung, Umwelt, ökologischer Wandel, Raumordnung, öffentliche Arbeiten, Mobilität und Verkehr, Energie, Klima, Flughafenpolitik, Tourismus, Landwirtschaft, Natur, Forstwesen, lokale Behörden und Wohnungswesen geändert (M.B. 08.10.2018).

Das Klimadekret gibt auch ein Ziel für 2050 vor: eine Reduzierung der Treibhausgase um 80 bis 95 % (im Vergleich zu 1990).

Der Beschluss des wallonischen Parlaments zur Umsetzung einer wallonischen Klimapolitik von 2017.

Im September 2017 verabschiedete das wallonische Parlament einstimmig eine Resolution zur Umsetzung einer wallonischen Klimapolitik. Darin wird die Regierung aufgefordert, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 95 % zu reduzieren (wallonisches Parlament 2017). In dieser Resolution forderte das wallonische Parlament die Regierung außerdem auf, bis 2050 das Ziel von 100 % erneuerbarer Energie bei der Stromerzeugung anzustreben.

Der PACE-Plan muss diese längerfristigen Ziele berücksichtigen.

### Das Gesetzbuch über die räumliche Entwicklung (GRE)

Das GRE trat am 1. Juni 2017 in Kraft. Dieses Gesetzbuch zielt darauf ab, „eine nachhaltige und attraktive Entwicklung des Gebiets zu gewährleisten“ (DGO4 2019).

Es legt insbesondere die Bekämpfung der Zersiedelung und die rationelle Nutzung des Raums und der Ressourcen sowie die Bewältigung der Mobilität als regionale Ziele für die Raumentwicklung und Raumordnung fest.

### Das Raumentwicklungsschema der Wallonie (RES)

Ziel dieses Programms ist es, die Entwicklung des wallonischen Raums zu steuern, indem es den Anliegen seiner Bürger und den verschiedenen Herausforderungen, mit denen die Region konfrontiert ist, Rechnung trägt (Wallonische Region 2018a).

Das Schema schlägt eine Vision für das Gebiet für 2030 und 2050 vor und nennt für diesen Zeitraum ambitionierte Ziele.



Dieses Raumordnungsprogramm trifft Entscheidungen „in Übereinstimmung mit den internationalen Verpflichtungen der Region, im Einklang mit und zusätzlich zu den strategischen Plänen und Instrumenten, die sie bereits angenommen hat. Ziel ist es, eine nachhaltige, humane und attraktive Entwicklung des Gebiets zu gewährleisten und dabei die regionale Dynamik und Besonderheiten sowie den sozialen Zusammenhalt zu berücksichtigen“ (Wallonische Region 2018a).

#### Die wallonische Strategie zur nachhaltigen energetischen Gebäuderenovierung

Letztere Strategie legt langfristige Renovierungsziele (2050) für Wohn- und Geschäftshäuser fest.

#### Der ENVieS-Plan (Umwelt-Gesundheits-Plan)

Der von der wallonischen Regierung im Dezember 2018 verabschiedete wallonische Umwelt-Gesundheits-Plan 2019-2023 (plan wallon environnement-santé/ENVieS) zielt darauf ab, Umweltrisiken für die menschliche Gesundheit zu untersuchen und zu begrenzen. In diesem Plan werden insgesamt 79 konkrete Maßnahmen vorgestellt, die vor allem die Luftqualität in Innen- und Außenbereichen, bedenkliche Stoffe (Pestizide, hormonaktive Stoffe, Nanomaterialien usw.), Boden- und Wasserqualität, Grünflächen und Klimawandel behandeln.

#### Plan zur Armutsbekämpfung

Im September 2015 genehmigte die wallonische Regierung den Plan zur Armutsbekämpfung, der auf die Entwicklung einer Strategie zur Armutsbekämpfung abzielt. Der Plan knüpft an die europäische Strategie auf diesem Gebiet an.

Dieses Ziel des Abbaus von Ungleichheiten betrifft mehrere wallonische Zuständigkeiten.

Wohnen und Energie gehören zu den Themen, die in diesem Plan behandelt werden. So sieht der Plan beispielsweise eine Stärkung der regionalen „zinslosen Prämien und Darlehen (Ecopack und Renopack) zur Verbesserung der Wohnqualität und/oder der Energieeffizienz mit einer günstigeren Unterstützung für die am stärksten gefährdeten Haushalte“ vor (Wallonische Region 2015).

#### Die Branchenvereinbarungen

Für den Zeitraum 2014-2020 haben wallonische Unternehmen über ihren Verband die Branchenvereinbarungen verlängert. Diese Vereinbarungen zielen darauf ab, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren und die Energieeffizienz zu verbessern.

In diesem Rahmen haben Verbände und Unternehmen branchenspezifische Roadmaps für 2050 erstellt. Diese haben es vor allem ermöglicht, das erhebliche Dekarbonisierungspotenzial der Branche der technologischen Industrie in Bezug auf Effizienz und Elektrifizierung aufzuzeigen (Wallonische Region 2018b).

#### Wallonische Strategie für nachhaltige Entwicklung

Die zweite wallonische Strategie für nachhaltige Entwicklung, die am 7. Juli 2016 angenommen wurde, ist ein Leitfaden und Strategiepapier (z. B. Förderung erneuerbarer Energien, technologische Innovation und Energieeinsparung). Diese Strategie ist Teil des Programms zur Nachhaltigen Entwicklung der UNO und seiner 17 Ziele (Wallonische Region 2016).

## Der Plan Fahrradregion Wallonie

Ziel des Plans ist es, „die Bedingungen für das Fahrradfahren deutlich zu verbessern und seine Nutzung in der Wallonie bis 2020 deutlich zu erhöhen“ (Wallonische Region 2010).

## Der Regionale Mobilitätsplan (RMP) und die Vision FAST – Mobilität 2030

Der RMP schlägt strategische Leitlinien im Hinblick auf die Mobilität vor und hat eine ambitionierte Vision namens FAST (Fluidity, Accessibility, Health/Safety and Modal Transfer). Diese Vision zielt insbesondere darauf ab, die Verkehrsüberlastung auf wallonischen Straßen zu verringern sowie den Autoverkehr und die durch die Mobilität verursachten Beeinträchtigungen (z. B. Umweltverschmutzung) zu reduzieren. Sie enthält auch Ziele in Bezug auf einen Wechsel der Verkehrsträger bis 2030.

## Wallonisches Programm für ländliche Entwicklung 2014-2020

Dieses Programm umfasst zahlreiche Maßnahmen zur Unterstützung der Akteure im ländlichen Raum, einschließlich der Forst- und Landwirtschaft. Die Maßnahmen betreffen insbesondere den ökologischen Landbau, die Verbesserung der Umwelt durch Landwirte und die Natura 2000-Gebiete.

## Der Plan für nachhaltige Stickstoffbewirtschaftung

Der Plan für nachhaltige Stickstoffbewirtschaftung ist seit 2014 in Kraft. Mit diesem Plan wird die Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen umgesetzt. Dieser Plan zielt darauf ab, die Stickstoffbelastung zu begrenzen.

## Bemerkungen zur Kohärenz von PACE 2030 mit COP21 und mit dem Beschluss des wallonischen Parlaments zur Umsetzung einer wallonischen Klimapolitik von 2017.

Dieser Teil des Umweltberichts zielt darauf ab, einige Denkanstöße zur Kohärenz von PACE 2030 mit dem 1,5 °C-Ziel der COP21 und mit dem Beschluss des wallonischen Parlaments, das darauf abzielt, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 95 % zu reduzieren (wallonisches Parlament 2017), zu geben.

Um den Anstieg auf 1,5 °C zu begrenzen, wäre es notwendig, dass die Emissionen in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts gegen Null tendieren (oder sogar negativ werden) und dass Belgien unter anderem seine Emissionen ab 2050 wenigstens von 80 bis 95 % gegenüber 1990 reduziert (FÖD Umwelt, 2016). Nach Angaben mehrerer Umweltorganisationen werden die europäischen Ziele für 2030 jedoch nicht den Zielen des Pariser Abkommens gerecht, das sie zu niedrig sind (Bond Beter Leefmilieu et al. 2016). Auf jeden Fall scheint es, als würden sie sich nicht auf einem „kosteneffizienten“<sup>2</sup> Weg befinden.

Das EMF (Energy Modelling Forum) hat beispielsweise den „kosteneffizienten“ Weg analysiert, um bis 2050 in der EU -80 % zu erreichen. Die Studie, die 13 verschiedene Modelle vergleicht, stellt folgenden Meilenstein für 2030 fest: -47 % (40-51 %) (Knopf et al. 2013). Unter diesem Gesichtspunkt erscheint das europäische Ziel von 40 % relativ anspruchslos.

Das Committee on Climate Change (das „CCC“/dt.: Ausschuss für Klimawandel), das in Großbritannien für die Festlegung des optimalen Wegs zur Reduzierung zuständig ist, hat 2015 eine

---

<sup>2</sup> Was hat das beste 'Kosten-Effizienz'-Verhältnis?

Studie veröffentlicht (Committee on Climate Change 2015). Im Jahr 2016 beschloss die Regierung, das CO<sub>2</sub>-Budget für 2030 genau auf dem vom CCC vorgeschlagenen Niveau festzulegen (UK Government 2016). Der Ausschuss empfahl eine Reduzierung der Emissionen (ohne Luftfahrt und internationale Schifffahrt) um 57 % bis 2030 gegenüber 1990, um auf einem „kosteneffizienten“ Weg zu bleiben (Committee on Climate Change 2015). Dabei handelt es sich um eine im Großen und Ganzen lineare Entwicklung bis 2050. Dieser Ausschuss ist nämlich der Ansicht, dass die alleinige Einhaltung der europäischen Verpflichtungen bis 2030 das Land nicht ausreichend auf das Ziel bis 2050 vorbereiten würde (Committee on Climate Change 2015). Es sei darauf hingewiesen, dass das wallonische Energiesystem besondere Eigenheiten hat, die sich von denen des Vereinigten Königreichs unterscheiden. Allerdings ist der relative Rückgang zwischen 1990 und 2014 ähnlich: 36 % im Vereinigten Königreich (Committee on Climate Change 2015) und 36,9 % in der Wallonie (AWAC 2017).

In dem Vorschlag der „effort sharing decision“ (Europäische Kommission 2016a) müsste Belgien seine Emissionen um 35 % reduzieren, während das Vereinigte Königreich seine um 37 % verringern müsste. Gleichwohl hatte dieser letzte Meilenstein keinen direkten Einfluss auf das Vereinigte Königreich, denn die Briten beschlossen, dass ein ambitionierteres Ziel „kosteneffizient“ sein müsse. (Committee on Climate Change 2015).

Wenn die Wallonie bei den Emissionen bis 2050 einen linearen Weg einschlagen würde (d. h. jedes Jahr die gleiche Reduzierungsgröße (ktCO<sub>2</sub>e), um das Ziel von -80 % zu erreichen, müsste die Region ihre Emissionen 2030 um 56 % im Vergleich zu 1990 reduzieren. Für den Fall, dass die Wallonie eine Reduzierung von -95 % bis 2050 erzielen möchte, dann würde der lineare Weg ein Ziel von etwa -62 % im Jahr 2060 erreichen.

Für den Fall, dass ein weniger ambitioniertes Ziel (im Vergleich zu dem mit einer linearen Entwicklung) angesteuert und erzielt wird, bedeutet dies, dass während des Zeitraums 2030-2050 die jährlichen Reduzierungen (von Mengen ktCO<sub>2</sub>) höher sein müssten, als die, die vor 2030 erzielt wurden. Es sei zudem darauf hingewiesen, dass diese zusätzlichen Reduzierungen ohne Zweifel schwieriger umzusetzen sein werden, aus der Tatsache heraus, dass die leichtesten und kostengünstigsten Maßnahmen am Anfang ergriffen werden.

Wenn wir den Weg der Resolution des wallonischen Parlaments (-95 % im Jahr 2050) einhalten wollen, wird das Ziel des vorliegenden PACE 2030 nach 2030 zu einer Erhöhung der Reduzierungsrate (und der zu erreichenden Summen) führen, die extrem hoch, nie zuvor da gewesen und höchstwahrscheinlich nicht „kosteneffektiv“ ist.

Darüber hinaus hat der wallonische Klimarat am 22. Februar 2019 eine Stellungnahme zu den allgemeinen Zielen des Projekts „Energie-Klima-Plan Wallonie 2030“ veröffentlicht (Klimarat der Wallonie 2019). Diese Stellungnahme steht im Einklang mit den oben genannten Argumenten. Der Rat weist warnend darauf hin, dass die jährlichen Emissionsreduzierungen nach 2030 deutlich höher sein müssen, um das in dem Beschluss des wallonischen Parlaments für 2050 festgelegte Ziel zu erreichen. Tatsächlich würde, wenn man das in PACE aufgenommene Ziel für Nicht-ETS und das Anwendungsziel für die ETS-Branche berücksichtigte, eine Reduzierung von (durchschnittlich) nur 271 ktCO<sub>2</sub>e erfolgen, während im Anschluss eine Reduzierung von mehr als 1400 ktCO<sub>2</sub>e/Jahr notwendig wäre (um -95 % zu erzielen). Die folgende Grafik veranschaulicht dies:

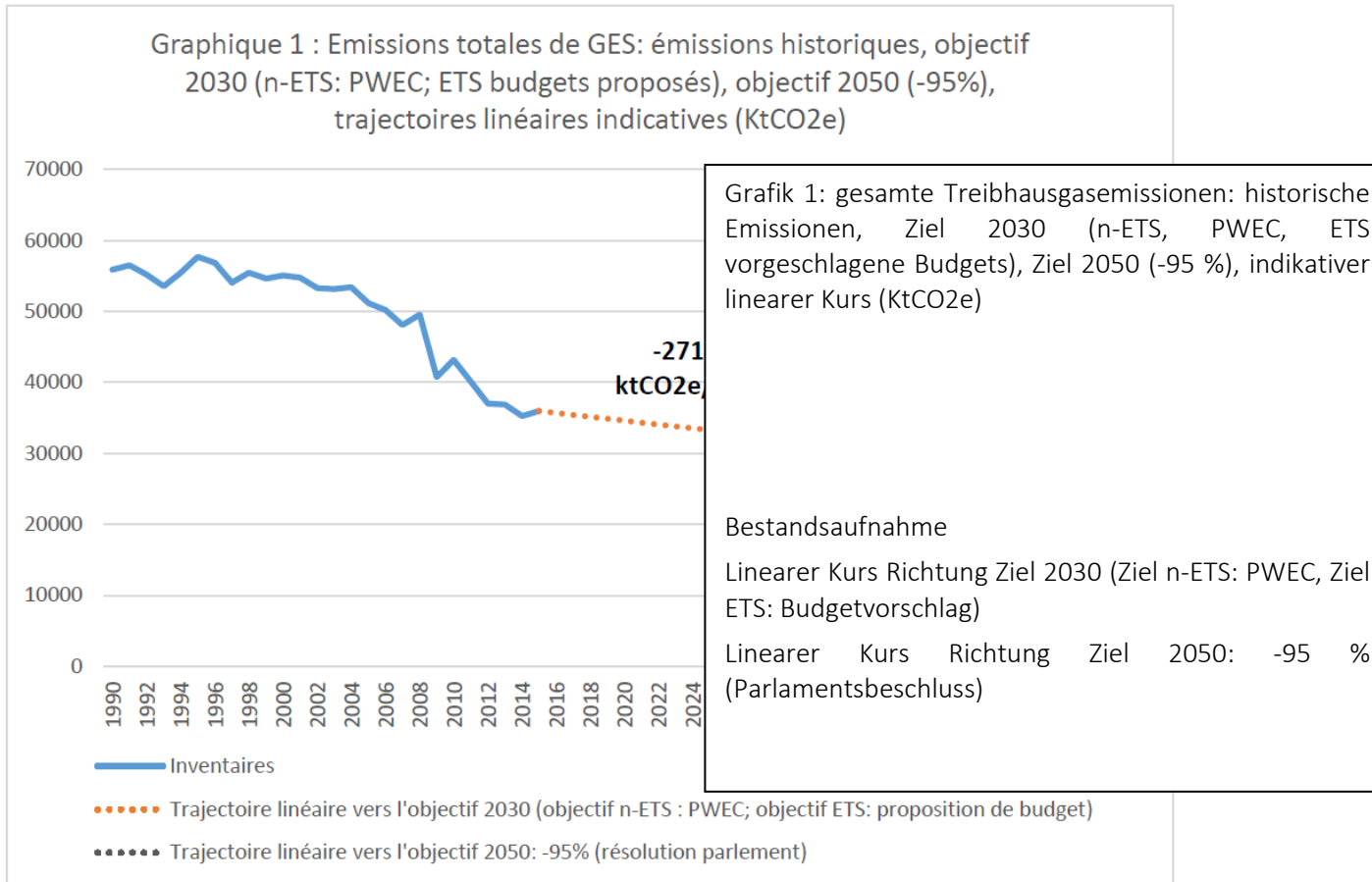


Abbildung 1: Treibhausgas-Emissionen gesamt: historische Emissionen, Ziel 2030, Ziel 2050, indikativer linearer Kurs (Wallonischer Klimarat 2019)

Analog dazu betont der Rat, unter Berücksichtigung der Ziele für Energieeffizienz und der Anteil erneuerbarer Energien bis 2030 (die damals in dem von der wallonischen Regierung im Juli 2018 genehmigten PWEC aufgenommen wurden), dass nach 2030 die jährlichen Anstrengungen für die diesbezüglichen Ziele bis 2050 bedeutend größer sein würden.

Im Hinblick auf die Kohärenz mit dem Ziel der COP21, rechnet der Rat unter Berücksichtigung der Ziele zur Verringerung von Emissionen bis 2030 damit, dass „der Anteil der Wallonie am weltweiten vorhandenen Emissionsbudget für eine Erderwärmung um maximal 1,5 % bereits 2032 erschöpft ist“ (Wallonischer Klimarat 2019).

Um unter 2 °C Erwärmung zu bleiben, „muss die Entwicklungslinie zum 80 %-Ziel im Jahr 2050 mehr oder weniger linear sein“. „Eine sehr konkave Entwicklungslinie, d. h. eine Linie, bei der die Emissionen in den ersten Jahrzehnten viel weniger schnell fallen als in den letzten Jahrzehnten, besteht die Gefahr, dass das Budget überschritten wird, um unter 2 °C Erwärmung zu bleiben“. Dagegen „ist eine lineare Entwicklungslinie in Richtung 95 % bis 2050 mit dem Ziel vereinbar, die globale Erwärmung auf unter 2 °C mit einer Chance von 66 % zu begrenzen“ (Wallonischer Klimarat 2019).

Um das Ziel von 1,5 °C (mit einer Chance von 50 %) zu erreichen, „muss die Entwicklungslinie konvex sein, um 2050 95 % zu erreichen“ (Wallonischer Klimarat 2019). Das heißt, die Reduzierungsaufwand sollte kurzfristig höher sein als zu Ende dieses Zeitraums.

Der Ausschuss kommt zu folgendem Schluss: „Der Rat bekräftigt die Evaluation, die er in seiner Stellungnahme vom 14. Juni 2018 über diese vorgeschlagenen Emissionsbudgets präsentiert hat, und zwar, dass die Annahme von Emissionsbudgets, die den Zielen des PWEC entsprechen, nicht unbedingt alle Kriterien des Klimadekrets erfüllen würde, insbesondere diejenigen, die sich auf die Fähigkeit beziehen, das Ziel der Reduzierung von Emissionen 2050 zu erreichen und den internationalen Rahmen (Pariser Übereinkommen) einzuhalten“ (Wallonischer Klimarat 2019). Es sei auch darauf hingewiesen, dass der dänische Klimarat seiner Regierung ebenfalls empfiehlt, Maßnahmen zu ergreifen, die größere Auswirkungen haben, als es zur Erreichung des europäischen Ziels bis 2030 unbedingt erforderlich wäre (Sørensen et al. 2017). Der Rat weist darauf hin, dass eine kurzfristig stärkere Verringerung später die Notwendigkeit verringern wird, den Reduzierungsrhythmus zu beschleunigen. Ebenso ist er der Ansicht, dass dies eine mögliche Erhöhung des europäischen Ziels (notwendig, um die Pariser Erklärungen zu erfüllen) vorwegnehmen könnte (Sørensen et al. 2017).

Schließlich besteht die Gefahr eines „Lock-in-Effekts“ bei einigen hochemittierenden Technologien oder in Bezug auf die für den Einsatz von Infrastrukturen/Technologien erforderliche Zeit, die Vorteile einer stärkeren Reduzierung (relativ weniger wichtige/verzögerte Folgen des Klimawandels) und schließlich die grundlegende Unsicherheit im Zusammenhang mit dem Klimawandel und allen Schätzungen seiner Folgen sowie optimale Reduktions-Entwicklungspfade (Unsicherheit, die zu größeren Ambitionen führt). Alle diese Elemente sprechen für eine Stärkung der im PACE vorgesehenen Klimaambitionen.

## Ziele für den Umweltschutz und Art und Weise, in denen die Umweltbelange berücksichtigt wurden

Die Gesamtheit der im PACE vorgesehenen Maßnahmen zielt darauf ab, die Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt durch menschliche Handlungen, die den Klimawandel und die Luftqualität beeinflussen, zu verringern. Die relevanten Umweltschutzziele sind in Odieses Umweltberichts (Beschreibung der Ziele des PACE) aufgeführt.

Wie wir uns jedoch in der Einführung zum PACE erinnern, hat jedes menschliche Handeln seine eigenen Auswirkungen auf die Umwelt. Aus Sicht der Verfasser des Umweltberichts wurden diese Fragen während des Konsultationsprozesses behandelt, der in Absatz 1.3 des PACE beschrieben wird. Es geht aber auch darum, die Expertise der Fachleute im Bereich Energie von AwAC und des wallonischen öffentlichen Dienstes zu nutzen.



## **TEIL C: Relevante Aspekte der Umweltsituation und ihrer Entwicklung für den Fall, dass der Plan nicht umgesetzt wird**

## Beschreibung der relevanten Aspekte und ihrer Entwicklung ohne den Plan

### Klimaänderungen

*„Die Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig. Zudem treten seit den 1950er-Jahren viele der beobachteten Veränderungen zum ersten Mal seit Jahrzehnten oder sogar Jahrtausenden auf. Die Atmosphäre und die Meere haben sich erwärmt, die Schnee- und Eisdecke ist zurückgegangen und der Meeresspiegel ist angestiegen“ (GIEC 2014)<sup>3</sup>.*

Zwischen der vorindustriellen Zeit und 2017 hat die Erde sich um etwa 1 °C erwärmt (IPCC 2018)

Der Klimawandel hat zahlreiche Folgen, einige sind bereits sichtbar, andere sind zu erwarten und wieder andere noch unbekannt.

- Der Meeresspiegel steigt, vor allem durch das Schmelzen der Gletscher. Den geologischen Daten nach liegt der Zusammenhang zwischen der Erderwärmung und dem Ansteigen des Wasserspiegels (langfristig) in einer Größenordnung von 10-20m/°C (Archer und Brovkin 2008). Durch das Ansteigen des Meeresspiegels sind manche Inseln und die Bewohner der Küstengebiete bedroht (Europäische Kommission 2015).
- Nach Schätzungen der WHO wird der Klimawandel zwischen 2030 und 2050 250.000 Todesfälle pro Jahr verursachen (hauptsächlich verursacht durch Unterernährung von Kindern, Hitze, Malaria und Durchfall) (World Health Organization 2014). Diese Schätzungen berücksichtigen nicht die Todesfälle, die durch mögliche Hitzewellen, Wassermangel, Überschwemmungen, Einwanderung und insbesondere Konflikte auftreten (World Health Organization 2014).
- Es treten immer häufiger extreme Wetterereignisse (wie Überschwemmungen, Dürren etc.) auf (Europäische Kommission 2016b).
- Einige Ökosysteme sind besonders anfällig und die Lebensräume einiger Arten verändern sich (Weltklimarat 2014). Möglich ist auch das Aussterben vieler Arten (Europäische Kommission 2015). So haben beispielsweise die Korallenriffe, die für das Leben unter Wasser lebenswichtig sind, bereits schwere Schäden erlitten (Europäische Kommission 2015).

Darüber hinaus wird entgegen der weitverbreiteten Meinung die globale Erwärmung nicht nur einige Jahrzehnte oder einige Jahrhunderte andauern. Wir haben unser Klima für viele Jahrtausende verändert (Archer und Brovkin 2008). Tatsächlich wird ein Teil des Ungleichgewichts in der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Bilanz Zehntausende von Jahren in Anspruch nehmen um wieder zurückzugehen (der CO<sub>2</sub>-Zyklus umfasst sehr langsame Reaktionen und bezieht auch Sedimente und magmatische Gesteine mit ein). Darüber hinaus können Rückkopplungseffekte mit erheblichen Auswirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre auftreten, wie z. B. die Destabilisierung von Methanhydraten auf dem Meeresboden oder schmelzender Dauerfrost (Archer und Brovkin 2008). Die Konzentration von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre hat den höchsten Stand seit 800.000 Jahren (Europäische Kommission 2015).

*„Wenn die Treibhausgasemissionen voranschreiten, werden sie zu einer weiteren Erwärmung und einem dauerhaften Wandel aller Komponenten des Klimasystems führen, was die Wahrscheinlichkeit schwerer, weit verbreiteter und irreversibler Folgen für Mensch und Ökosystem erhöht.“ (Weltklimarat 2014)<sup>4</sup>.*

<sup>3</sup> GIEC, 2014, S. 2

<sup>4</sup> Weltklimarat, 2014, S. 8.

Auf wallonischer Ebene hat das ICEDD (Institut de Conseil et d'Études en Développement Durable/Forschungsinstitut für nachhaltige Entwicklung) eine Studie über die lokalen Auswirkungen des Klimawandels veröffentlicht. In Bezug auf das wallonische Klima sind dies:

- ◉ „insgesamt wärmer,
- ◉ nicht unbedingt weniger Regen,
- ◉ aber für die Winter mehr Regen und weniger Kälte,
- ◉ häufigere Phasen mit stärkeren Regenfällen im Winter und mit Hitze und Trockenheit im Sommer,
- ◉ häufigere sommerliche Hitzewellen und mildere Übergangszeiten,
- ◉ ein allgemeiner Temperaturanstieg im Frühjahr und Herbst“ (ICEDD 2014).<sup>5</sup>

Diese Veränderungen haben unterschiedliche Auswirkungen, z. B.:

- ◉ Veränderung des Ausmaßes von Heiz- und Klimatisierungsphasen
- ◉ Anstieg des invasiven Potenzials exotischer Arten und der Schädlingsdichte (z. B. Parasiten) (Veränderung der Biodiversität und Verlust von Tier- und Pflanzenarten sowie Auswirkungen auf die Gesundheit),
- ◉ Zerstörung von Lebensräumen (Degradation der Torfmoore im Hohen Venn),
- ◉ Erhöhtes Hochwasserrisiko in verschiedenen Becken (Semois, Ourthe,...)“ (ICEDD 2014).<sup>6</sup>

Je größer die Erwärmung (1,5, 2, 3, 4 °C,...), desto größer und irreversibler sind die Folgen für die Bevölkerung und die Ökosysteme.

Eine globale Erwärmung um 1,5 °C hätte bereits irreversible Folgen, wie z. B. den Verlust einiger Ökosysteme. Eine Erwärmung um 2 °C würde im Jahr 2100 zu einem erheblichen Anstieg des Meeresspiegels führen (um 0,1 m bei einer Erwärmung um 1,5 °C). Die Auswirkungen auf die Biodiversität im Hinblick auf den Verlust von Lebensräumen wären bei einer Erwärmung um 2 °C für Insekten, Pflanzen und Wirbeltiere mindestens zweimal so groß. Insbesondere die Zahl der Korallenriffe nähme im Falle einer Erwärmung um 1,5 Grad um 70 bis 90 % ab und um 99 % bei einer Erwärmung von 2 Grad. Weitere Risiken im Zusammenhang mit Gesundheit, Ernährungssicherheit, Wasserversorgung, Wirtschaftswachstum und Bevölkerung würden zunehmen. Auch das Schmelzen des Permafrosts wäre stärker (zudem wird dieses Schmelzen wahrscheinlich gefährliche Folgen haben, da es wahrscheinlich erhebliche Mengen an Kohlenstoff freisetzen wird, der als CO<sub>2</sub> und Methan gespeichert ist (IPCC 2018)). Es sei auch darauf hingewiesen, dass nicht-proportionale Auswirkungen im Zusammenhang mit einem Anstieg um 0,5 °C nicht ausgeschlossen sind und dass ein Überschreiten bestimmter (ansonsten ungewisser) Temperaturschwellen katastrophale Folgen hätte (z. B. das Schmelzen der Eiskappe Grönlands).

Ein aktueller wissenschaftlicher Artikel warnt vor der möglichen Existenz von „tipping points“ oder Wendepunkten (Steffen et al. 2018). Die Autoren gehen von einem Wendepunkt bei 2 °C aus. Das Überschreiten dieser Schwelle würde zu unkontrollierbaren Phänomenen der klimatischen Veränderung führen. Diese „Wendepunkte“ wären zum Beispiel: Schmelzen des arktischen Eises, des Grönlandeises. In diesem Fall würde die dunkle Farbe des aus dem Eis freigesetzten Meerwassers einen größeren Teil der Sonnenenergie speichern als das Eis selbst, was die Erwärmung der arktischen Gebiete verschlimmern würde. Diese Wendepunkte sowie das Auftreten von „positiven“ Rückkopplungen (z. B. Freisetzung von Kohlenstoff aus dem Permafrost) würden zu einer deutlich

---

<sup>5</sup> (ICEDD 2014), S.32 und S.33

<sup>6</sup> (ICEDD 2014), S. 34 und S. 35



stärkeren Erwärmung als 2 Grad führen. Die globale Erwärmung könnte dann extrem sein und „ernsthafte Risiken für die Bewohnbarkeit des Planeten für den Menschen mit sich bringen“ (Steffen et al. 2018).

Schließlich ist anzumerken, dass die hier genannten Auswirkungen nicht vollständig sind und die mit den Folgen der globalen Erwärmung verbundene Unsicherheit nach wie vor besteht.

Da es keine Verringerungen der Treibhausgasemissionen gibt, zu denen der PACE beiträgt, werden einige Auswirkungen des Klimawandels und der globalen Erderwärmung verstärkt und bei anderen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass sie eintreten.

## Luftverschmutzung

Die Luftverschmutzung ist die erste Umweltursache für vorzeitige Todesfälle in Europa (ungefähr 10000 pro Jahr in Belgien<sup>7</sup>) (ÖDW Energie und AWAC 2019). Nach Schätzungen der Europäischen Umweltagentur wurden im Jahr 2015 422.000 vorzeitige Todesfälle in der Europäischen Union durch PM 2,5-Konzentrationen in der Luft verursacht, 79.000 durch NO<sub>2</sub>-Belastung und 17.700 durch O<sub>3</sub>-Belastung (Guerreiro et al. 2018). Eine aktuelle Studie hat die Sterblichkeit durch Luftverschmutzung nach oben bewertet, die Autoren schätzen sie auf 790.000 (Pozzer et al. 2019). Weltweit schätzen sie, dass durch Luftverschmutzung mehr Menschen getötet werden als durch Rauchen (Pozzer et al. 2019).

Weitere Einzelheiten zu den Folgen der Luftverschmutzung für die Gesundheit sind im Kapitel „Auswirkungen auf Bevölkerung und menschliche Gesundheit“ und im Kapitel „Auswirkungen auf die Luftqualität“ dieses Umweltberichts enthalten.

Die Luftverschmutzung ist auch die Ursache für erhebliche Auswirkungen auf die Ökosysteme (Versauerung, Eutrophierung, Wachstumsstörungen bei Pflanzen (einschließlich Nutzpflanzen) durch Ozon).

Ohne eine Verringerung von Emissionen würde die Luftverschmutzung in den kommenden Jahren weiterhin die Ursache für eine beträchtliche Zahl vorzeitiger Todesfälle sein, mit vielen Folgen und einer Zunahme der in diesem Kapitel und in den Kapiteln über Luftqualität und menschliche Gesundheit genannten.

## Welche Alternativen zum PACE gibt es für den Zeitraum 2020 – 2030?

### Verlängerung der Laufzeit des Nuklearsektors

Bei der Stromerzeugung durch Atomkraftwerke entstehen weder CO<sub>2</sub> noch NO<sub>x</sub> oder Partikel.

Der Ausbau des Atomenergie-Sektors in der Wallonie würde es ermöglichen, die Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen aus dem Stromerzeugungssektor auf einem mehr oder weniger konstanten Niveau zu halten. Während es möglich ist, die Stilllegung der derzeit veralteten Reaktoren zunächst zu verschieben, wäre es schließlich notwendig, ein oder mehrere neue Atomkraftwerke zu bauen.

Dieser Bau würde, rein wirtschaftlich, erhebliche Kosten verursachen. Außerdem führen Atomkraftwerke zu spezifischen Umweltrisiken. Die Folgen eines Atomunfalls sind potenziell sehr schwerwiegend. Die Unfälle von Tschernobyl und Fukushima, auf Level 7 der INES-Skala<sup>8</sup>, zeigten die

<sup>7</sup> AEE-Bericht - Luftqualität in Europa - Bericht 2018 - Nr. 12/2018, Tabelle 10.1, S. 64

<sup>8</sup> Zwischenfälle und Unfälle, die während des Betriebs eines Atomkraftwerks auftreten können, wurden je nach Schwere in 7 Hauptkategorien auf der INES-Skala (International Nuclear Event Scale) der Internationalen

Schwere derartiger Ereignisse. Darüber hinaus stellt sich nach wie vor das Problem der Entsorgung nuklearer Abfälle. Ihre Zwischenlagerung bleibt angesichts ihrer Art und ihrer Halbwertszeit problematisch. Es ist notwendig, bestimmte Abfälle über extrem lange Zeiträume zu entsorgen, was weit über die Zeit einer menschlichen Generation hinausgeht.

Die Stromerzeugung durch Kernkraft bringt also Risiken und Nachteile mit sich, ist aber andererseits, genau wie die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ein Energieträger, der nur sehr wenig Treibhausgas erzeugt<sup>9</sup>. Eine erste Alternative wäre im PACE also die Versorgung der wallonischen Energie durch Atomkraft. Dies würde es ermöglichen, die Nutzung erneuerbarer Energien zu beschränken und könnte potenziell auch ermöglichen, dass man die Anstrengungen in Sachen Energieeffizienz verringern kann. Allerdings beinhaltet diese Option den Bau neuer Atomkraftwerke auf regionalem Boden.

## **Vermeehrt lokale Stromerzeugung oder Import erneuerbarer Elektrizität**

Eine Alternative zur lokalen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ist der Import. Eine Möglichkeit ist die Schaffung von erneuerbaren Produktionsanlagen im Ausland auf Veranlassung des Importeurs. Man könnte zum Beispiel den Aufbau von Fotovoltaik-Paneelen oder von Sonnenwärmekraftwerken (CSP - Concentrated Solar Power) in Gegenden mit höheren Erträgen als in der Wallonie in Betracht ziehen. Die Verbindung zwischen den Ländern müsste dann verbessert werden, und es müssten sicherlich neue Hochspannungsleitungen gebaut werden.

Eine Studie zeigt die enormen Ressourcen an Solarenergie im Mittleren Osten und Nordafrika sowie die Verbesserung von CSP-Technologien und Technologien der Stromübertragung (Trieb et al. 2012). Die Autoren schätzen, dass ein Importkorridor aus diesen Regionen nach Europa (über Seekabel und Hochspannungs-Gleichstromübertragung) vielversprechend wäre und dass nur 0,2 % der Fläche, auf der die Installation von CSP in Betracht gezogen werden könnte (im Nahen Osten und in Nordafrika), ausreichen würden, um 15 % des prognostizierten Strombedarfs in Europa bis 2050 zu decken (Trieb et al. 2012). Außerdem wären CSP in der Lage, die Schwankungen der europäischen Stromerzeugung im Zusammenhang mit Fotovoltaik und Windkraft auszugleichen. Die Autoren glauben, dass die Kosten für und die Auswirkungen auf die Umwelt akzeptabel sind und dass Technologien und Materialien zur Verfügung stehen.

Auch die Verbindungen zu den benachbarten Ländern könnten ausgebaut werden. Eine Studie zeigt auf, wie das belgische Energiesystem im Jahr 2050 zu 100 % aus erneuerbaren Energien gespeist werden könnte, und kam zu dem Schluss, dass Importe von Windenergie aus der Nordsee außerhalb der Territorialgewässer vorzuziehen sind (Devogelaer et al. 2012).

Schließlich sei die Arbeit von Professor Damien Ernst erwähnt, der plant, ein großes weltweites Stromnetz zur dauerhaften Erzeugung und Nutzung von erneuerbarem Strom zu schaffen (Chatzivasileiadis, Ernst, und Andersson 2013).

Anstatt importiert zu werden, könnte Strom auch stärker lokal produziert werden, indem beispielsweise die wallonische Wind- und Fotovoltaikproduktion erhöht wird, wodurch der Anteil der erneuerbaren Stromerzeugung erhöht wird, und was es vor allem ermöglicht, weniger auf Biomasseenergie zurückzugreifen.

## **Begrenzte Nutzung von Biomasse**

---

Atomenergiebehörde aufgeteilt. Stufe 7 ist die höchste, die im Falle einer massiven Freisetzung von nuklearem Material in die Umwelt mit erheblichen Auswirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt erreicht wird.

<sup>9</sup> Die Treibhausgasemissionen aus dem Bereich Atomenergie sind mit dem gesamten Produktionslebenszyklus (Bau des Kraftwerks, Brennstoffgewinnung und -aufbereitung, Abfallwirtschaft) verknüpft.

Einige PACE-Maßnahmen sehen eine verstärkte Nutzung von Biomasse zur Erzeugung von erneuerbarer Wärme und Strom vor. Allerdings könnte man versuchen, die Nutzung dieser Ressource aufgrund ihrer begrenzten Verfügbarkeit und der damit verbundenen Schadstoffemissionen (NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PAK) einzuschränken. In diesem Fall könnte Biomasse für industrielle Anwendungen reserviert werden. Tatsächlich ermöglicht die Biomasse im Gegensatz zu anderen Formen der erneuerbaren Energien, dass bestimmte spezifische Bedürfnisse der Industrie (z. B. sehr hohe Flammentemperatur) erfüllt werden. Andererseits kann die Beheizung von Gebäuden problemlos über Wärmepumpen oder in einigen Fällen sogar über eine direkte elektrische Heizung erfolgen und erfordert nicht unbedingt den Einsatz von Biomasse.

Der britische Ausschuss für Klimawandel (Committee on Climate Change) hat kürzlich die ideale Rolle der Biomasse bei der Erreichung der Klimaziele im Jahr 2050 und der Erreichung einer kohlenstoffarmen Gesellschaft analysiert. Zusätzlich zur „Produktionsseite“ der Biomasse war die „Nutzungsseite“ Inhalt einer Analyse zur Identifizierung der besten Biomasse-Nutzung: d. h. wo sie genutzt werden sollte, um den größten Wert für die Wirtschaft, im Hinblick auf die Notwendigkeit Treibhausgasemissionen zu verringern, zu liefern. Der Ausschuss hebt hervor: die Verwendung von Holz im Bauwesen, BECCS - Bioenergie mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung - (für die Strom-, Wasserstoff- und Industrieproduktion sowie insbesondere für die Produktion von Flugzeugkraftstoffen), die Verwendung von Biomasse als Ersatz für fossile Brennstoffe in Fällen, in denen es keine anderen Alternativen gibt (z. B. für die Luftfahrt) und wenn dies die größte Reduzierung von Treibhausgasen ermöglicht (z. B. in einigen Industriesektoren). Sie unterstreichen, dass die derzeitige Nutzung von Biomasse (z. B. Biomasse zur Wärme- oder Stromerzeugung ohne CCS) geändert werden muss, um die besten oben genannten Optionen zu priorisieren. Diese derzeitigen Nutzungen müssen daher andere bestehende kohlenstoffarme Alternativen zur Biomasse nutzen. Es sei darauf hingewiesen, dass die Studie in ihrer Reihenfolge der besten Nutzungen die „Bioökonomie“ nicht einbezogen hat (Nutzung von Biomasse zur Herstellung von chemischen, pharmazeutischen, Plastikprodukten o. ä.). Die Autoren merken jedoch an, dass solche Nutzungen auch in Zukunft bevorzugt werden können (Ausschuss für Klimawandel 2018).

Die Wallonie könnte daher versuchen, die Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung zu begrenzen oder ihre Nutzung in bestimmten prioritären Bereichen einzuschränken.

## **Geringere Energieeffizienz, mehr erneuerbare Energie**

Die Strategie der Gebäudesanierung hat sich sehr ehrgeizige Ziele gesetzt. Sie zielt darauf ab, bis 2050 das A-Label im Durchschnitt für alle Wohngebäude zu erreichen. Um dieses Ziel zu erreichen, muss massiv in die energetische Verbesserung von Gebäuden investiert werden. Bisher gab es einen breiten Konsens darüber, welche absolute Priorität der Verbesserung der Energieeffizienz eingeräumt werden muss: *„Die kostengünstigste Energie ist diejenige, die nicht verbraucht wird, das Negawatt“*.

Jedoch könnte die Senkung der Produktionskosten für erneuerbare Energie (IRENA 2016) die Situation verändern. Um die langfristigen Klimaziele zu erreichen und die Luftqualität zu verbessern (da Renovierungen negative Auswirkungen auf die Raumluftqualität haben können), kann es möglicherweise vorteilhafter sein, ein neues wirtschaftliches Gleichgewicht zwischen der Verbesserung der Energieeffizienz und dem Verbrauch erneuerbarer Energien zu finden.

Die Senkung der Produktionskosten für erneuerbare Energie wird sicherlich nicht die Notwendigkeit der Renovierung von Gebäuden beseitigen, aber sie könnte deren Umfang mehr oder weniger stark eingrenzen. Aus diesem Blickwinkel heraus lässt sich die neueste Ankündigung von Wissenschaftlern der KU Leuven betrachten. Sie haben Solarmodule entwickelt, die direkt Wasserstoff produzieren, was dazu verwendet werden kann, den Strombedarf eines Hauses und zugleich einen Teil des Wärmebedarfs abzudecken (KU Leuven 2019). Die wirtschaftliche Tragfähigkeit dieser Entwicklungen muss zum jetzigen Zeitpunkt noch bestätigt werden, aber es wird darum gehen, auf dem Weg zur Dekarbonisierung wallonischer Gebäude aufmerksam zu bleiben.



Genauer gesagt, können diese Überlegungen auf die allgemeine Energieeffizienz übertragen werden und nicht nur in Bezug auf Renovierungen. Wir können also genauso über die Energieeffizienz in der Industrie nachdenken und auch die Möglichkeit hervorheben, dass es wirtschaftlich von Vorteil ist, ein Gleichgewicht zwischen Effizienzsteigerung und Verbrauch zu finden.

## CO<sub>2</sub>-Speicherung als letzter Ausweg

Wenn es der Menschheit nicht gelingt, ihre Treibhausgasemissionen zu stabilisieren und dann zu reduzieren, gibt es Überlegungen dazu, die Erdatmosphäre zu manipulieren oder die einfallende Sonneneinstrahlung zu hemmen, um die Auswirkungen der globalen Erwärmung zu begrenzen. Hier spricht man von Geo-Engineering-Techniken. Diese Optionen liegen außerhalb des Rahmens dieses Umweltberichts und werden daher nicht darin behandelt.

Andererseits scheint die CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung (CCS<sup>10</sup>) oder seine Nutzung (CCU<sup>11</sup>) die einzige praktikable und relativ sichere langfristige Geo-Engineering-Methode zu sein (Archer und Brovkin 2008).

In einer Vielzahl von Studien und Berichten (vor allem des Berichts des Weltklimarats 2014) wird CCS als eine wesentliche oder zumindest sehr interessante Technologie dargestellt, um ehrgeizige Klimaziele zu erreichen. Die Verfügbarkeit von CCS würde es zudem ermöglichen, die Umwandlungskosten zu verringern (Weltklimarat 2014) (Committee on Climate Change 2015). Allerdings ist das CCS noch keine ausgereifte Methode. Sie birgt nach wie vor Unsicherheiten und gewisse Risiken, einschließlich Leckagen in den Behältern, in denen Kohlenstoff gespeichert werden soll (Cuéllar-Franca und Azapagic 2015).

Es gibt nur wenige verfügbare Studien über die Möglichkeit von CCS in der Wallonie oder sogar in Belgien. Mit dieser Technologie und der Möglichkeit der Speicherung von Kohlenstoff in Belgien sind sehr große Unsicherheiten verbunden. Es scheint, dass es auf dem Gebiet der Wallonie nicht möglich ist, Kohlenstoff zu speichern. Es würde also notwendig sein, das abgetrennte CO<sub>2</sub> zu exportieren. Diese Option erfordert jedoch, dass geeignete und verfügbare geologische Speicher gefunden werden sowie die Übernahme der Energie- und wirtschaftlichen Kosten für diesen Transport.

Eine andere Möglichkeit ist es, Kohlenstoff mittels CCU-Techniken zu speichern. Mit dieser Methode würde man den Kohlenstoff, anstatt ihn in geologischen Speichern zu lagern, für beispielsweise die Herstellung von Kraftstoffen oder Chemikalien nutzen. Leider ist diese Transformation sehr energieintensiv (Cuéllar-Franca und Azapagic 2015). Darüber hinaus werden bei der Verwendung des erzeugten Kraftstoffs (oder der chemischen Produkte) die Emissionen nur hinausgezögert und nicht „abgebaut“. Eine Empfehlung könnte hier sein, CCU für die Herstellung von Produkten mit langer Verweildauer in der Wirtschaft (z. B. Baumaterialien) zu nutzen. Solche Projekte werden derzeit in Flandern entwickelt (L’Echo 2019).

## Auf Abruf handeln

Eine weitere Alternative zu den Maßnahmen des PACE ist es, stärker auf Nachfrage zu handeln, mit dem Ziel, diese zu verringern. Zusätzlich zu einer verbesserten Energieeffizienz (auf die im PACE und in den europäischen Zielen verwiesen wird), müssten Verhaltensänderungen berücksichtigt werden. (einige werden bereits im PACE berücksichtigt). Es könnten radikalere Verhaltensänderungen gefördert werden, um den Energiebedarf drastisch zu senken (Riahi et al. 2015). In einem solchen Szenario der geringen Nachfrage würden die Umwandlungskosten erheblich gesenkt, was allerdings eine erhebliche Anstrengung der Bürger und eine erhebliche Änderung ihres Verhaltens und ihrer Komfortstandards erfordern würde. Mögliche Ansätze sind die Senkung der Wohlfühltemperaturen in Wohnräumen, die Senkung des Warmwasserverbrauchs, die Begrenzung der Fahrten Wohnung-Arbeit, was vor allem eine Änderung der Raumordnungspolitik erfordern würde, die Verringerung von Wohnflächen und sogar die Verringerung des Fleischkonsums, dessen Auswirkungen auf die

---

<sup>10</sup> CCS: Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (carbon capture and sequestration)

<sup>11</sup> CCU: Kohlenstoffabscheidung und -nutzung (carbon capture and utilisation)



Treibhausgasemissionen bekannt sind. Einige Autoren gehen weiter und argumentieren, dass wir sogar unser Modell einer kapitalistischen Konsumgesellschaft, dessen Produktions- und Konsumniveau nicht nachhaltig ist, infrage stellen sollten, und dass wir daher unseren Lebensstil aufgeben sollten, bei dem Fülle die Norm ist.



## **TEIL D: Ausgangszustand der Umwelt und Umweltmerkmale der Bereiche, die erheblich betroffen sein könnten**

## Vorwort

Dieses Kapitel stammt hauptsächlich aus dem Bericht 2017 über den Zustand der wallonischen Umwelt (ÖDW - DGO3 - DEMNA - DEE 2017).

Der Ausgangszustand der wallonischen Umwelt wird hier kurz unter vier Themen behandelt: Luft, Wasser, Boden, Flora und Fauna.

Für weitere Einzelheiten über den Zustand der wallonischen Umwelt bitten wir Sie, das oben genannte Dokument zu konsultieren.

## Luft

Es ist in der Wallonie eine deutliche Verbesserung auf der Ebene zahlreicher Luftschadstoffe und auch in Bezug auf Treibhausgas-Emissionen zu verzeichnen. Jedoch bleiben die Folgen der Emissionen, sowohl von Schadstoffen als auch von Treibhausgasen auf den untersuchten Ebenen besorgniserregend.

Für die folgenden Elemente lässt sich ein Trend zur Verbesserung beobachten.

„Auf der Grundlage der verfügbaren neuesten Schätzungen waren die anthropogenen THG-Emissionen (außer Forstwirtschaft) in der Wallonie 2017 um 36,9 % niedriger als 1990.

In der Wallonie sind die SO<sub>x</sub>-Emissionen zwischen 1990 und 2017 um mehr als 90 % gesunken. Zwischen 2005 und 2017 sanken die Emissionen von NO<sub>x</sub> um 48,1 %.

Zwischen 2005 und 2017 sanken die Emissionen von anthropogenen VOC-Emissionen um 33,6 %.

Die NH<sub>3</sub>-Emissionen sanken zwischen 2005 und 2017 um 9,6 %.

Die Emissionen von PM<sub>2,5</sub> sanken in der Wallonie zwischen 2005 und 2017 um 32,9 % (ÖDW Energie und AWAC 2019b)“.

Darüber hinaus sanken die Emissionen von Mikroverunreinigungen (ETM, Dioxine, PAKs und Furane) zwischen 1990 und 2014 um mindestens 80 %.

Für die folgenden Elemente wird der Zustand der wallonischen Umwelt als günstig angesehen:

- ◆ Ozonabbauende Stoffe sanken zwischen 1995 und 2014 um etwa 90 % (günstiger Status und Tendenz in Richtung Verbesserung).
- ◆ Seit 2006 nimmt die Ozonüberlastung der Umgebungsluft (Vegetation und Wald) ab. 2014 erreichten alle Maßnahmen den europäischen Zielwert in diesem Bereich (günstiger Zustand und Tendenz in Richtung Verbesserung).
- ◆ Für gesundheitsrelevantes Ozon in der Umgebungsluft wurde 2014 die Norm an allen Messstationen erfüllt. Die durchschnittliche Konzentration verringert sich, auch wenn noch Spitzenwerte der Umweltverschmutzung beobachtet werden (günstiger Zustand und insgesamt stabile Tendenz).
- ◆ Die Konzentrationen von Schadstoffen in der Luft (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>), die für die Versauerung verantwortlich sind, liegen unter den Grenzwerten. An fast allen Messstationen ist die SO<sub>2</sub>-Konzentration zwischen 1990 und 2014 deutlich gesunken. Die NO<sub>2</sub>-Konzentration sank in allen Stationen von 19 auf 57 %, mit Ausnahme von Mons (günstiger Zustand und Tendenz in Richtung Verbesserung).
- ◆ Konzentrationen von Mikroschadstoffen in der Umgebungsluft können lokal von Bedeutung sein. 2014 wurden jedoch in fast allen Stationen die europäischen Zielwerte für verschiedene Mikroverunreinigungen eingehalten. Die Konzentration von ETM (Spurenelemente) und



Benzo(a)pyren hat sich verringert (günstiger Zustand und Tendenz in Richtung Verbesserung). Allerdings wurde zwischen 2002 und 2014 ein Anstieg der durchschnittlichen Benzolkonzentration beobachtet.

## Wasser

Mehr als die Hälfte (55 %) der Oberflächenwasserkörper ist nach den zwischen 2010 und 2015 durchgeführten Erhebungen in keinem guten ökologischen Zustand bzw. hat wenig Potenzial. Was die Grundwasserkörper angeht, so sind in Bezug auf die Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/CE 39 % in keinem guten Zustand.

Die biologischen Indikatoren sind ebenso wenig perfekt (keine signifikante Verbesserung der ökologischen Wasserqualität). Es ist jedoch zu beachten, dass die Zufuhren von Stickstoff- und Phosphor in die Gewässer abnehmen.

Es lässt sich eine sehr leichte Verbesserung des Problems der Eutrophierung von Wasserläufen beobachten, aber das Thema bleibt besorgniserregend und es besteht die Gefahr, „nicht den in der Wasserrahmenrichtlinie geforderten guten ökologischen Zustand zu erreichen“.

Die Wasserverschmutzung durch verschiedene Mikroverunreinigungen wird regelmäßig gemessen; etwa 3 % der Ergebnisse liegen über den UQN (Umweltqualitätsnormen). Diese Überschreitungen betreffen hauptsächlich PAK und Pestizide sowie „sonstige“ Mikroverunreinigungen (z. B. Phenole).

In Bezug auf die Schwebstoffe waren infolge eines besseren Gehalts 79 % der untersuchten Standorte zwischen 2006 und 2015 in einem guten Zustand.

Der Nitratgehalt im Grundwasser bleibt, trotz eines Rückgangs des Anteils der nicht konformen Standorte (Trinkwasserstandard) von 9,5 % auf 8,2 % zwischen 2004 und 2015, leicht ungünstig.

## Boden

In der Wallonie ist die Bodenversiegelung im Vergleich zu anderen europäischen Ländern sehr hoch. 2007 erreicht sie einen Wert von 7,2 %.

Der allgemeine Zustand des Bodens ist ziemlich schlecht. 22 % der Anbauflächen zeigten im Zeitraum 2004-2014 einen unzureichenden Gehalt an organischer Substanz.

Darüber hinaus bleiben die Stickstoff- und Phosphorflüsse, die aus dem Boden stammen, ein Problem.

Darüber hinaus überschreiten 35 % der landwirtschaftlichen Fläche die Grenze für umweltschädigende Erosion (Wassererosion).

Und schließlich sind die Staub- und ETM-Ablagerungen zwischen 2001 und 2014 zurückgegangen, jedoch bleiben bestimmte Schadstoffe ein Problem.

## Fauna und Flora

Trotz einiger Verbesserungen des Zustands von Fauna, Flora und natürlichen Lebensräumen bleibt die Situation eher negativ.

Was die Lebensräume von gemeinschaftlichem Interesse betrifft, so gelten mehr als 80 % der Räume (sowohl in der biogeografisch kontinentalen Region -CON- als auch in der atlantischen biogeografischen Region -ATL-) als in einem ungünstigen Zustand. Der Gesundheitszustand unserer Wälder verschlechtert sich, dies führte 2015 vor allem zu einer anormalen Entlaubung von 40 % der Laubbölder und 17 % der Nadelbölder.



Die Biodiversität in den Wäldern ist besorgniserregend, aber die Praktiken verbessern sich (Zunahme des Volumens an Totholz zwischen 2008 und 2011). In einem größeren Zusammenhang sind mehr als 60 % der Arten in der CON- und in der ATL-Region in einem schlechten Zustand. 31 % der Tier- und Pflanzenarten (Studien) galten für die Zeit von 2005-2010 als vom Aussterben bedroht und 9 % waren bereits ausgestorben. Bei Arten von gemeinschaftlichem Interesse befinden sich 63 % in der CON- und 71 % in der ATL-Region in einem ungünstigen Zustand. Darüber hinaus liegt die Sterblichkeitsrate der Honigbienen über dem akzeptablen Grenzwert. Bei den heimischen Vogelarten verzeichnete mehr als die Hälfte der Arten im Zeitraum 1990-2015 einen Rückgang ihrer Populationen und insgesamt einen langfristigen Rückgang der Populationen (-25 % zwischen 1990 und 2015). Im Gegensatz dazu haben sich zwischen 1990 und 2016 die Populationen der Fledermäuse fast verdreifacht. Schließlich hatten sich 2015 von den 37 von der europäischen Verordnung erfassten exotischen invasiven Arten 38 % bereits in der Wallonie eingewöhnt.

Darüber hinaus bleiben die Schadstoffbelastungen durch Eutrophierung trotz einer deutlichen Verbesserung ein Problem. Andererseits werden Schadstoffbelastungen durch Versauerung nicht mehr als problematisch für die Ökosysteme angesehen.



## TEIL E: Analyse der Umweltauswirkungen

## Auswirkungen auf die Luftqualität

### Einleitung

Die Auswirkungen der Luftverschmutzung auf die Ökosysteme und die menschliche Gesundheit sind eine der größten Umweltanliegen.

Die in die Luft freigegebenen Substanzen, die aus festen oder mobilen, natürlichen oder anthropogenen Quellen in die Luft abgegeben werden, können über weite Entfernungen verstreut werden. Man unterscheidet zwischen primären und sekundären Schadstoffen. Primäre Schadstoffe werden direkt in die Atmosphäre abgegeben, während sekundäre Schadstoffe in der Atmosphäre durch chemische Reaktionen mit anderen Stoffen entstehen (Europäische Umweltagentur 2018, Seite 18). Es müssen mehrere Arten von Schadstoffemissionen berücksichtigt werden:

- Zur Versauerung beitragende Emissionen: Die Emission von stickstoffhaltigen Substanzen (NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub>) und SO<sub>x</sub> bewirkt, dass sich saure Verbindungen bilden, die als saurer Regen (trocken oder nass) auf den Boden fallen und die erhebliche Auswirkungen auf die terrestrischen und aquatischen Ökosysteme haben, genauso wie sie das architektonische Erbe beschädigen.
- Emissionen, die zur Eutrophierung beitragen: Stickstoffhaltige Stoffe – NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O (Treibhausgas) – tragen zur Eutrophierung von Böden und Gewässern bei und schädigen die Ökosysteme und die Biodiversität.
- Die Emissionen, die zum Treibhausgasereffekt beitragen oder ihn abschwächen: Die Strahlungsintensität einiger Schadstoffe ist positiv, was bedeutet, dass ihre Emissionen zur Erhöhung des Klimawandels beitragen. Dies ist der Fall bei schwarzem Kohlenstoff, einer der Komponenten von Feinstaub (FS<sup>12</sup>). Auf der anderen Seite sind andere Schadstoffe für die negative Strahlungsintensität verantwortlich, die die globale Erwärmung einschränkt. Dies gilt für Nitrate, Sulfate und Stickoxide (NO<sub>x</sub>) (Europäische Umweltagentur 2018). So reflektieren Nitrate und Sulfate die Sonneneinstrahlung in den Weltraum und absorbieren gleichzeitig nur wenig die von der Erde abgegebene Infrarotstrahlung: Sie haben somit eine abkühlende Wirkung auf das Klima. (Brignon 2003).

Emissionen von Vorläuferstoffen troposphärischen Ozons: Die Reaktion zwischen VOC, NO<sub>2</sub> und Sauerstoff in der Luft unter dem Einfluss von UV-Strahlung führt zur Bildung von troposphärischem Ozon, das zu fotochemischem Smog führt, der erhebliche Auswirkungen auf die Atemsysteme hat. Die Reaktion der Ozonbildung (O<sub>3</sub>) aus NO<sub>2</sub> ist eine reversible Reaktion (NO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> <-> O<sub>3</sub> + NO). Bei überschüssigem NO ist die Neubildung von NO<sub>2</sub> größer, die Zerstörung von O<sub>3</sub> in städtischen Gebieten ist daher einfacher und die Ozonkonzentration geringer als in ländlichen Gebieten, auch wenn sie weiter von potenziellen Quellen entfernt sind. Methan (CH<sub>4</sub>) ist ein Treibhausgas und zugleich eine flüchtige organische Verbindung (VOC) und Ozonvorläufer. Es gibt also ein doppeltes Argument dafür, dass seine Emissionen begrenzt werden. Ozon hat auch negative Auswirkungen auf das Wachstum von Getreide wie Weizen, Weichweizen und Mais. Abhängig von der Ozonkonzentration und dem Fortbestehen von Schadstoffepisoden können die Verluste zwischen 10 % und 30 % des Ertrags liegen.

Feinstaubemissionen: PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub>, die aus stationären oder mobilen Quellen (Industrie, Verbrennung, Verkehr) emittiert werden, setzen die Bevölkerung besonders schädlichen Auswirkungen auf die Atmungs- und Herz-Kreislauf-Systeme aus (Pozzer et al. 2019). Man unterscheidet zwischen der Emission von Primär- und Sekundärpartikeln, letztere bilden sich in der Atmosphäre nach foto-oxidativen Reaktionen von gasförmigen Vorläufern. Ammoniak (NH<sub>3</sub>) ist ein

---

<sup>12</sup> FS für Feinstaub

wichtiger Vorläufer von Sekundärpartikeln. Derzeit gibt es keine standardisierte Methode, mit der sich das Potenzial für die sekundäre organische Aerosolbildung bestimmen lässt (Collet, Fraboulet und Poulleau 2018).

Mehrere WHO-Studien weisen auf die Gefährlichkeit der Luftverschmutzung, sowohl im Freien als auch in geschlossenen Räumen hin. Jedes Jahr lassen sich weltweit 7 Millionen Todesfälle auf die Belastung durch Feinstaub in der Luft zurückführen. Die WHO schätzt, dass Luftverschmutzung die Ursache für etwa jeden dritten Todesfall durch Schlaganfall, chronische Atemwegserkrankungen und Lungenkrebs sowie jeden vierten Todesfall durch Herzinfarkt ist. Das bodennahe Ozon ist auch für Asthma und chronische Atemwegserkrankungen verantwortlich. In Belgien werden schätzungsweise etwas mehr als 9.000 vorzeitige Todesfälle pro Jahr mit Luftverschmutzung in Verbindung gebracht (Europäische Umweltagentur 2018), (siehe auch Abschnitt über die Auswirkungen auf die Bevölkerung und die menschliche Gesundheit). Zu diesem Zweck hat die WHO seit 2005 eine Reihe von Leitlinien für die Qualität der <sup>13</sup>Innen- und Außenluft (Partikel, Ozon, NO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub>, PAK etc.). Diese werden derzeit überarbeitet, um den Gesundheitsschutz weiter zu verbessern.

Der PACE zielt darauf ab, die Emissionen verschiedener Schadstoffe wie SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, PM<sub>2,5</sub>, NH<sub>3</sub> zu reduzieren. Zwei Maßnahmen des PACE zielen auf Emissionen aus stationären und mobilen Quellen ab. Konkret umfasst der PACE die Einführung restriktiver Maßnahmen (schrittweises Verbot umweltschädlicher Fahrzeuge, Umweltzonen (LEZ), die Festlegung von Grenzwerten für Emissionen für feste Anlagen mit niedriger und mittlerer Leistung usw.), aber auch die Einführung von Sensibilisierungsplänen oder Steueranreizen. Zwei weitere Maßnahmen betreffen die Verringerung der VOC-Emissionen im industriellen Sektor (Verwendung von Lösungsmitteln) und der NH<sub>3</sub>-Emissionen im landwirtschaftlichen Sektor durch die Einführung restriktiver Maßnahmen. Der PACE wird sich daher insgesamt positiv auf die Luftqualität auswirken.

Andererseits ist zu beachten, dass die Einrichtung bestimmter Systeme der Abwasserbehandlung (Schadstoffe) wie Partikelfilter, DeNO<sub>x</sub>-Anlagen usw. unerwünschte Umweltauswirkungen verursachen kann. So führt die Anpassung von Motoren (stationär, im Falle einer Kraft-Wärme-Kopplung, oder mobil, bei Kraftfahrzeugen) zur Begrenzung der NO<sub>x</sub>-Bildung zu einer Verringerung ihrer Energieeffizienz. Infolgedessen können diese DeNO<sub>x</sub>-Geräte zu einer Erhöhung der CO<sub>2</sub>- oder N<sub>2</sub>O-Emissionen (Treibhausgas) führen. Ebenso können DeNO<sub>x</sub>-Systeme auch zur Bildung von unerwünschtem NH<sub>3</sub> (in begrenztem Umfang) führen. (Liliana 2006).

## Entwicklung erneuerbarer Energien aus Biomasse

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Der PACE beinhaltet ein Ziel, den Anteil der Biomasse am zukünftigen Primärverbrauch in allen Sektoren zu erhöhen. Während die Verbrennung von Biomasse oft als „CO<sub>2</sub>-neutral“ angesehen wird, so lässt sie doch feine Partikel frei sowie VOCs, NH<sub>3</sub> und NO<sub>x</sub> sowie PAH, und dies insbesondere in kleinen Kraftwerken, in denen die Emissionskontrolle sich als komplexer erweisen kann. Um an diese Aussagen anzuknüpfen, wurden verschiedene Studien durchgeführt. Ein Beispiel ist die CITEPA-Studie aus dem Jahr 2003, die die Emissionen verschiedener Kraftstoffe vergleicht.

---

<sup>13</sup> [https://www.who.int/publications/list/who\\_sde\\_phe\\_oe\\_h\\_06\\_02/fr/](https://www.who.int/publications/list/who_sde_phe_oe_h_06_02/fr/)

**Tableau 2.** Comparaison des émissions de polluants rames petites installations du secteur domestique (Source : CITEPA)

|                         | Charbon | Fuel lourd | Fuel |
|-------------------------|---------|------------|------|
| SO <sub>2</sub> (g/GJ)  | 623     | 885        |      |
| NO <sub>x</sub> (g/GJ)  | 50      | 170        |      |
| COVNM (g/GJ)            | 15      | 3          |      |
| CO (g/GJ)               | 500     | 15         |      |
| Poussières (g/GJ)       | 150     | 24         |      |
| Dioxines (ng i-TEQ /GJ) | 385     | 5          |      |
| HAP (µg/GJ)             | 1150    | 5          |      |

**Tableau 3.** Comparaison des émissions de polluants rames installations de combustion de puissance inférieure à 50 M collectif (Source : CITEPA, 2003)

|                         | Charbon | Fuel lourd | Fuel |
|-------------------------|---------|------------|------|
| SO <sub>2</sub> (g/GJ)  | 618     | 819        |      |
| NO <sub>x</sub> (g/GJ)  | 160     | 170        |      |
| COVNM (g/GJ)            | 15      | 3          |      |
| CO (g/GJ)               | 200     | 15         |      |
| Poussières (g/GJ)       | 100     | 48         |      |
| Dioxines (ng i-TEQ /GJ) | 3,85    | 2,5        |      |
| HAP (µg/GJ)             | 1920    | 5          |      |

Tabelle 2: Vergleich der herabgesetzten Schadstoffemissionen mit der eingehenden Energieeinheit in kleinen Anlagen im Wohnbereich (Quelle: CITEPA, 2003)

Kohle Schweröl Heizöl Erdgas Holz

...

Staub

Dioxine

PAK

Tabelle 3: Vergleich der herabgesetzten Schadstoffemissionen mit der eingehenden Energieeinheit in Verbrennungsanlagen mit einer Leistung von weniger als 50 MW im industriellen Bereich oder für Fernwärme (Quelle: ...)

Tabelle 4: Biomasse-Emissionen/fossile Brennstoffe. Quelle: (ADEME, 2007; N. ALLEMAND, CITEPA, 2003)

Es sei auch darauf hingewiesen, dass die CO<sub>2</sub>-Neutralität der Biomasseverbrennung in der wissenschaftlichen Gemeinschaft diskutiert wird, insbesondere wenn es sich um Biomasse handelt, die für die Energieerzeugung angebaut wird, und nicht um pflanzliche Abfälle (Beddington et al. 2018).

2016 überprüfte die Europäische Umweltagentur (EEA<sup>14</sup>) die Zielwerte für Emissionen von verschiedenen Kraftstoffen und Technologien (Europäische Umweltagentur 2017). Beim Lesen dieser Tabelle scheint es, dass die Verwendung von Biomasse im Wohnbereich anstelle von Erdgas oder gar Heizöl unter dem Gesichtspunkt der Luftqualität problematisch ist.

Insbesondere sind die Emissionen von Feinstaub (FS) und VOCs aus Biomassekesseln und -öfen (insbesondere mit Holzscheiten) höher im Vergleich zu dem, was bei Erdgasanlagen und in geringerem Maße auch bei ölbefeuerten Anlagen beobachtet werden kann.

<sup>14</sup> EEA für European Environment Agency



**Facteurs d'émissions issus des Guidebooks de l'EEA.**

|   | COV  | NH3 | NOx | PM2.5 | SOx |
|---|------|-----|-----|-------|-----|
| <b>Residential plants</b>                                   |      |     |     |       |     |
| <b>Coal Fuels</b>   |      |     |     |       |     |
| Advanced coal combustion techniques <1MWth - Advanced stove | 300  |     | 150 | 220   | 450 |
| <b>Gas Oil</b>  |      |     |     |       |     |
| Gas Turbines  | 0,18 |     | 83  | 9,5   | 46  |
| Reciprocating Engines                                       | 50   |     | 942 | 30    | 48  |
| Small (single household scale, capacity <=50 kWth) boilers  | 0,17 |     | 69  | 1,5   | 79  |
| Stoves  | 1,2  |     | 34  | 2,2   | 60  |
| <b>Natural Gas</b>  |      |     |     |       |     |
| Gas Turbines  | 1,6  |     | 48  | 0,2   | 0,5 |
| Small (single household scale, capacity <=50 kWth) boilers  | 1,8  |     | 42  | 0,2   | 0,3 |
| Stationary reciprocating engines                            | 89   |     | 135 | 2     | 0,5 |
| Stoves, Fireplaces, Saunas and Outdoor Heaters              | 2    |     | 60  | 2,2   | 0,3 |
| <b>Solid Fuel (not biomass)</b>                             |      |     |     |       |     |
| Fireplaces, Saunas and Outdoor Heaters                      | 600  | 5   | 60  | 330   | 500 |
| Small (single household scale, capacity <=50 kWth) boilers  | 174  |     | 158 | 201   | 900 |
| Stoves  | 600  |     | 100 | 450   | 900 |
| <b>Wood</b>   |      |     |     |       |     |
| Advanced / ecolabelled stoves and boilers                   | 250  | 37  | 95  | 93    | 11  |
| Energy efficient stoves                                     | 350  | 37  | 80  | 370   | 11  |
| Open fireplaces   | 600  | 74  | 50  | 820   | 11  |
| Pellet stoves and boilers                                   | 10   | 12  | 80  | 60    | 11  |
| <b>Wood and similar wood waste</b>                          |      |     |     |       |     |
| conventional boiler < 50 kW                                 | 350  | 74  | 80  | 470   | 11  |
| Conventional stoves   | 600  | 70  | 50  | 740   | 11  |

Tabelle 5: Emissionsfaktoren für verschiedene Arten von Verbrennungsanlagen (Tier 2 in g/GJ), EEA

Die Biomasseverbrennung im Wohnbereich ist daher problematisch, da sie erhebliche Partikelemissionen verursacht. Die Hauptfaktoren, die die Umweltleistung von mit Holz betriebenen Anlagen beeinflussen, sind verknüpft mit:

- der Qualität der Biomasse (Feuchtigkeitsgehalt und Holzarten),
- den Eigenschaften der Anlage (Typ und Alter)
- der Einsatzweise dieser Geräte (Betriebsgeschwindigkeit, Zünd- und Ladeverfahren, Wartung).

Verschiedene in unterschiedlichen Regionen in Frankreich durchgeführte Studien haben gezeigt, dass der durchschnittliche tägliche Beitrag zur globalen Konzentration von PM10, bei den PM10, die aus der Verbrennung von Biomasse im Winter stammen, je nach untersuchten Standorten und Agglomerationen zwischen 18 % und 36 % liegt, (Marseille mit den niedrigsten Werten, Grenoble mit den höchsten). Standorte wie Rouen, Reims oder Straßburg erreichen tägliche Beiträge von schätzungsweise 20 %. „Diese Ergebnisse stimmen mit den zuvor erzielten überein und bestätigen die Bedeutung des Einflusses der Holzverbrennung auf die Luftqualität im Winter im gesamten städtischen Raum.“ (Favez, Albinet und Aujay 2015). Nachfolgend eine Tabelle, die die Faktoren zusammenfasst, die die Leistung von Haushaltsgeräten für die Holzverbrennung beeinflussen. Sie stammt aus einer Studie von INERIS (Collet, Fraboulet und Poulleau 2018):



|                                       | Humidité (> 25% / 15%) | Allure (réduite / nominale) | Essence                       | Ecorce (avec / sans) | Mode d'allumage                          |  |   |
|---------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------|--|--|---|
| Feuchtigkeit                          |                        |                             |                               |                      |  | Verbrennungsphasen<br>Last (Teil-/Nennlast)<br>Plattform<br>Alterung des Hauses<br>(^3 Jahre/neu)<br>Unbekannt |   |
| Geschwindigkeit (reduziert / nominal) | CO                     | Forte                       | Forte                         | Moyenne              | Pas d'influence                          |  | Chaud/Froid : Moyenne<br>Bas/Haut : Forte |
| Benzin                                | COVt                   | Forte                       | Forte                         | Moyenne              | Moyenne                                  |  | Chaud/Froid : Moyenne<br>Bas/Haut : Forte |
| Rinde                                 | NO <sub>x</sub>        | Faible                      | Moyenne                       | Faible               | Faible                                   |  | Chaud/Froid : Faible<br>Bas/Haut : Faible |
| Zündungsmodus                         | PM                     | Forte                       | Forte                         | Forte                | Forte                                    |  | Chaud/Froid : Forte<br>Bas/Haut : Forte   |
|                                       | η                      | Moyenne                     | Moyenne                       | Faible               | Pas d'influence                          |  | Chaud/Froid : Faible<br>Bas/Haut : Forte  |
| Stark                                 |                        |                             |                               |                      |  | Stark für wasserdichte<br>Geräte   |   |
| Mittel                                |                        | Phases de combustion        | Charge (partielle / nominale) | Plate-forme          | Vieillissement du foyer (> 3 ans / neuf) |  |   |
| Schwach                               | CO                     | Forte                       | Faible                        | Faible               | Inconnue                                 |  |   |
| Kein Einfluss                         | COVt                   | Forte                       | Faible                        | Moyenne              | Inconnue                                 |  |   |
| Heiß/Kalt                             | NO <sub>x</sub>        | Moyenne                     | Faible                        | Pas d'influence      | Inconnue                                 |  |   |
| Niedrig/Hoch                          | PM                     | Forte                       | Faible                        | Faible               | Forte pour les appareils étanches        |  |   |
|                                       | η                      | Moyenne                     | Faible                        | Faible               | Inconnue                                 |  |   |

Tabelle6: Faktoren, die die Umweltverträglichkeit von Holzanlagen in privaten Haushalten beeinflussen (Quellen: INERIS)

Der PACE sieht eine deutliche Erhöhung des Biomasseanteils an der wallonischen Energieversorgung vor. In allen Sektoren zusammen würde die Menge der zur Stromerzeugung genutzten Biomasse um rund 3000 GWh (an Primärenergie) ansteigen, davon rund 1700 GWh im Wohn- und Dienstleistungsbereich.

Unter Berücksichtigung des von der AWAC 2014 durchgeführten Bestands an Emissionen lässt sich berechnen, dass im Jahr 2014 212 kg Feinstaub pro verbrannter primärer GWh (alle Brennstoffarten zusammen) für den Wohn- und Dienstleistungssektor ausgestoßen wurden. Bezieht man sich auf die Emissionsfaktoren in der oben stehenden Tabelle 5, könnte diese Zahl im Jahr 2030 stark ansteigen. Zieht man eine Umverteilung der Reihe der Holzheizungsanlagen, die der heutigen entspricht (weitgehend dominiert von Brennholz-Anlagen (Öfen, Einsätze,...)) in Erwägung, so ergibt sich eine Emission von 325 kg Feinstaub pro verbranntem primären GWh (alle Brennstoffarten zusammen).

Im Gegensatz dazu würden wir, wenn wir von einer maximalen Nutzung von Pellets ausgehen (weniger Ausstoß von Feinstaub als bei Brennholz-Anlagen), eine Emission von 175 kg Partikel pro primärem GWh erreichen, was eine leichte Verbesserung gegenüber der Situation im Jahr 2015 bedeutet. Die gleichen Entwicklungen sind bei den Emissionen von verbranntem VOC/GWh im Wohn- und Dienstleistungsbereich zu beobachten.

Ein Pelletofen stößt 60 g pro GJ verbrauchtem Holz aus. Auch wenn es sich um eine „Holz-Energie-Anlage“ handelt, die an den Wohnungsbereich mit den geringsten Partikelemissionen angepasst ist, ist zu beachten, dass im Allgemeinen individuelle Anlagen mit niedriger Leistung - selbst die effizientesten - in der Regel unter Umweltgesichtspunkten problematisch bleiben. Offenbar bieten sie weniger Möglichkeiten zur Begrenzung der Emissionen, zumal es schwieriger ist, Hochleistungsfilter an kleinen Anlagen zu installieren. Dieser Emissionspegel kann mit dem eines industriellen Holzkessels verglichen werden. So emittierte ein Unternehmen der Holzbranche mit einem Dampfkessel, der mit seinen Holzresten betrieben wird, im Jahr 2015 etwas weniger als 6 Tonnen Staub (Feinstaub), bezogen auf die verbrauchte Holzmenge, nur 11,2 g/GJ.

Größere zentralisierte Anlagen können im Hinblick auf die Luftqualität als vorzuziehen erachtet werden, da sie leichter mit Hochleistungstechnologien kombiniert werden können, die die Emissionen begrenzen.



Zum jetzigen Zeitpunkt gibt der PACE nicht an, welche Art von Biomasse verwendet wird (Grünabfall, Abfälle aus der Landwirtschaft, Holzpellets, zur Stromerzeugung angebaute Biomasse, Restmüll aus der Holzindustrie, importierte Holzbiomasse usw.). Allerdings sind insbesondere die Umweltauswirkungen und die Luftqualität eng mit der Wahl der Biomasseart verbunden.

Anzumerken ist zudem, dass unsere Schätzungen auf der Annahme beruhen, dass nur „saubere“ Biomasse (unbehandelte Holzabfälle) verwendet wird. Andernfalls könnten die Schadstoffemissionen viel problematischer sein. Es sei daran erinnert, dass behandeltes Holz als „gefährlicher“ Abfall gilt und den Richtlinien und BAT (oder BVT Merkblatt)<sup>15</sup> für die Abfallverbrennung unterliegt.

## Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden

An einer Vielzahl von eingestuftem Verbrennungsanlagen werden bereits Emissionsmessungen durchgeführt (Meldepflicht).

Es ist sinnvoll, festzustellen, dass es in der Europäischen Union derzeit keine wirkliche Harmonisierung oder einen Konsens über die Methoden zur Bestimmung der Verbrennung von Biomasse und den daraus entstehenden Emissionen gibt. Die Emissionsfaktoren, die der Bestandsaufnahme der unterschiedlichen europäischen Länder der EU dienen, sind daher nicht harmonisiert. Belgien weist laut der Studie 2018 von Markus Amann vom International Institute for Applied Systems Analysis (Österreich) Emissionsfaktoren auf, die zu den höchsten in der Europäischen Union zählen.

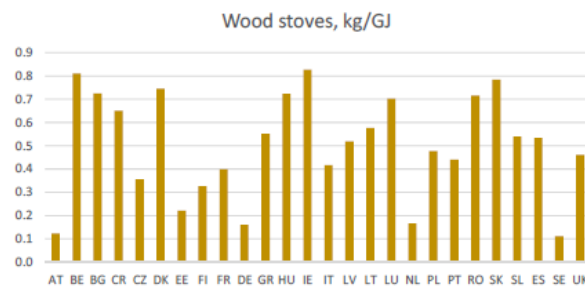


FIGURE 2-7: AGGREGATED EMISSION FACTORS FOR PM2.5 FOR WOOD STOVES THAT REPRODUCE THE EMISSION INVENTORY FIGURES OFFICIALLY REPORTED BY MEMBER STATES FOR 2005 WITH PUBLISHED FUEL STATISTICS

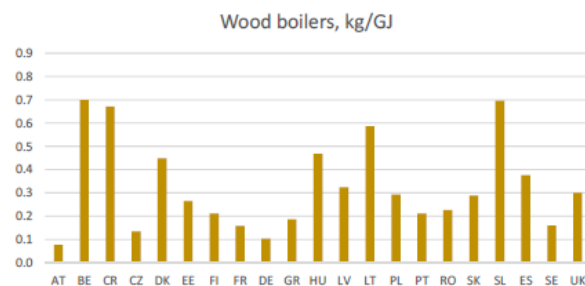


FIGURE 2-8: AGGREGATED EMISSION FACTORS FOR PM2.5 FOR WOOD BOILERS THAT REPRODUCE THE EMISSION INVENTORY FIGURES OFFICIALLY REPORTED BY MEMBER STATES FOR 2005 WITH PUBLISHED FUEL STATISTICS

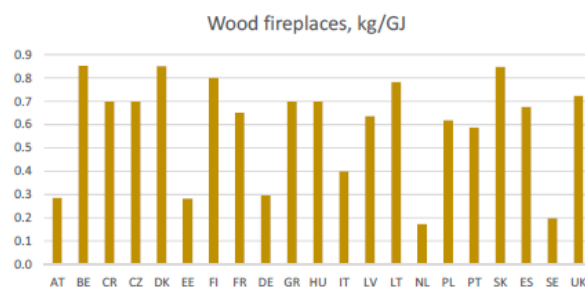


FIGURE 2-9: AGGREGATED EMISSION FACTORS FOR PM2.5 FOR WOOD FIREPLACES THAT REPRODUCE THE EMISSION INVENTORY FIGURES OFFICIALLY REPORTED BY MEMBER STATES FOR 2005 WITH PUBLISHED FUEL STATISTICS

Tabelle 7: Vergleich der Emissionsfaktoren

für häusliche Biomasse innerhalb der EU.

<sup>15</sup> <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>

Im Anbetracht dessen, werden im Allgemeinen nach der von INERIS durchgeführten Studie die nach den geltenden Normen zur Evaluierung der Umweltleistung von Haushaltsgeräten durchgeführten Tests unter nominalen Referenzbedingungen durchgeführt, die sich von den tatsächlichen Nutzungsbedingungen deutlich unterscheiden. Darüber hinaus sind die Zündphasen vom Test ausgeschlossen, dabei ist dies die emissionsreichste Phase in Bezug auf VOC und Feinstaub. Ein realistischeres Messprotokoll würde möglicherweise zu einem Anstieg um bis zu 410 % für abgestoßene VOC und bis zu 500 % für Feinstaub führen (Collet, Fraboulet und Poulleau 2018).

### Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

Es kann eine Reihe von Maßnahmen in Betracht gezogen werden, um die negativen Auswirkungen auf die Luftqualität von Holz-Energie-Anlagen mit geringer Leistung zu begrenzen. Es ist möglich, direkt „an der Quelle“ zu arbeiten, hier spricht man von Primärreduzierung, indem man die Anlagen und die Qualität der Verbrennung verbessert. Es ist auch möglich, mithilfe von Minderungstechniken an der Reduzierung von Emissionen zu arbeiten. Die folgenden Maßnahmen sollten untersucht werden:

- ◊ beim Austausch einer Anlage, das Gerät auf Pellets umstellen,
- ◊ die „Risikogebiete“, die dem Feinstaub am stärksten ausgesetzt sind, kartografieren,
- ◊ Partikelfilter auch bei Anlagen mit geringer Leistung vorschreiben,
- ◊ gemeinsame Holzheizungen (und Wärmenetze) statt individueller bevorzugen,
- ◊ die Anwendung „reduzierte Geschwindigkeit“ der Geräte begrenzen,
- ◊ eine regelmäßige Wartung mit Inspektionsbericht auferlegen,
- ◊ die Transparenz in der heimischen Holzlieferkette (Qualität, Feuchtigkeitsgehalt und Arten) erhöhen.

Eine Erneuerung des Bestands wird die Verringerung von Emissionen ermöglichen. Der Austausch von offenen Kaminen durch „geschlossene“ Anlagen würde bereits jetzt die gebundenen Feinstaubemissionen um den Faktor 3 bis 4 reduzieren. Der Austausch der ältesten geschlossenen Kamine durch neue Geräte hat in Norwegen die Emissionen zwischen 1998 und 2012 um 35 % zurückgehen lassen, was einer jährlichen Verbesserung von 2,5 % entspricht. In Frankreich führte eine identische Studie im Rahmen des Aufrufs zum CORTEA-Projekt „Fachkenntnisse, Reduzierung an der Quelle und Behandlung von Schadstoffemissionen in der Luft“ im Jahr 2016 zu den gleichen Ergebnissen. („Bestimmung der Faktoren der Schadstoffemission von heimischen Holzfeuerstellen“, Afac, 2016), (Collet, Fraboulet und Poulleau 2018)

Es sei auch auf die Wichtigkeit hingewiesen, den Bestand zu modernisieren, um die Qualität der Raumluft im Inneren der Häuser, die mit älteren Holzfeuerungsanlagen ausgestattet sind, zu verbessern. Verschiedene Studien haben die negativen Auswirkungen der Holzheizung auf die Konzentrationen von Benzol, PAK und Feinstaub gezeigt. (Collet, Fraboulet und Poulleau 2018). Die gemessenen Werte überschreiten bestimmte von den französischen nationalen Gesundheitsbehörden herausgegebene Richtwerte.

## Reduzierung des Verbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Gebäuden

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Ein 2017 von ECOFYS (ECOFYS, Fraunhofer und Copenhagen Economics 2017) veröffentlichter Bericht belegt, dass jeder sechste Europäer in einer „gesundheitsschädlichen“ Wohnung lebt. In demselben Bericht stellt das Fraunhofer-Institut fest, dass 2,2 Millionen Menschen in der Europäischen Union an Asthma leiden, das man auf die Feuchtigkeit in ihren Häusern zurückführen kann. In Belgien gibt jeder

achte Belgier an, in einer „gesundheitsschädlichen“ Wohnung zu leben. Belgier, die in zu feuchtem Wohnraum leben, geben 65 % häufiger an, gesundheitliche Probleme zu haben als diejenigen, die in einem gesunden und gut belüfteten Wohnraum leben.

Die Luftqualität unserer Lebensräume, in denen wir durchschnittlich 90 % unserer Zeit verbringen, darf nicht vernachlässigt werden. Die relative Luftfeuchtigkeit, Partikel in der Luft, chlorierte Lösungsmittel, Formaldehyd und andere VOCs usw. sind alles Schadstoffe, die entfernt werden müssen, da sonst das Risiko von Atemwegserkrankungen und Allergien steigt.

Der PACE sieht wichtige Maßnahmen in Bezug auf wallonische Gebäude und deren Energieeffizienz vor (einschließlich einer langfristigen Strategie der Sanierung). Wärmedämmung und Luftdichtigkeit von Gebäuden haben Vorrang, um Energie zu sparen und den Komfort der Nutzer des Gebäudes zu gewährleisten. Die Verbesserung der Wärmedämmung von Gebäuden reduziert den Verbrauch an fossilen Brennstoffen und damit die durch diese Verbrennung verursachten CO<sub>2</sub>- und Luftschadstoffemissionen. Dadurch reduziert sich auch der Bedarf an Klimatisierung in diesen Gebäuden und dies führt zur Reduzierung der bei der Klimatisierung ausgestoßenen Treibhausgasemissionen.

Was die Raumluft in den Wohnungen oder am Arbeitsplatz betrifft, so können Wärmedämmung und Abdichtung das Gebäude in eine echte „Thermoskanne“ verwandeln, die ohne Lüfterneuerung zu einem Anstieg der Luftfeuchtigkeit und der Schadstoffe in der Raumluft führt.

### Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden

Der Grad der Eindämmung der Raumluft kann mit Geräten, welche CO<sub>2</sub>-Konzentrationen und Umgebungsparameter (relative Luftfeuchtigkeit, Temperatur) messen, evaluiert werden. Ihre Installation kann im Falle einer mechanischen Belüftung die Anpassung der Luftströme der zentralen Belüftungsanlage ermöglichen oder die Insassen des Gebäudes über die mögliche mangelnde Wartung/den Ausfall der Belüftungsanlage informieren. Bei einer fehlenden mechanischen Lüftungsanlage ermöglichen Messungen mit Sensoren, sich des Lüftungsbedarfs in Gebäuden bewusst zu werden. Die Verbesserung der Lüfterneuerung durch Be- und Entlüftung trägt dazu bei, die Schadstoffkonzentrationen (z. B. VOC) in der Raumluft zu reduzieren.

2015 initiierte die Wallonie eine Studie<sup>16</sup> und gab sie beim CSTC Architektur und Klima in Auftrag. Inhalt war eine Stichprobe von neuen oder renovierten Gebäuden mit hoher Energieeffizienz im Rahmen des MEASURE-Programms (MEASURES OF REAL PERFORMANCE AND OCCUPANT Satisfaction in High Energy Performance Residential Buildings).

Mit der Verabschiedung des Dekrets über die Raumluftqualität (31.01.2019) durch das wallonische Parlament erhält die Wallonie ein vielversprechendes Regulierungsinstrument zur Verbesserung oder Aufrechterhaltung der Raumluftqualität in öffentlichen oder privaten Gebäuden, die für die Öffentlichkeit oder zum Wohnen bestimmt sind. Der Text sieht insbesondere die Möglichkeit vor, die Verwendung bestimmter schadstoffemittierender Produkte zu verbieten und die Verpflichtung zur Überwachung/Wartung von Lüftungs-/Klimaanlagen. Darüber hinaus schlägt der wallonische Umwelt- und Gesundheitsplan 2019-2023 eine Reihe von Maßnahmen im Zusammenhang mit der Luftqualität in Innenräumen vor, einschließlich einer Evaluierung von VOC- und SVOC-Emissionen (Semi Volatile Organic Compounds/mittel- bis schwerflüchtige organische Verbindungen) von Bau- und Oberflächenmaterialien sowie Möbel.

### Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

---

<sup>16</sup> Zufriedenheitsstudie CALE: <https://www.satisfaction-cale.be/infos/#>

Das GEE verlangt bereits das Vorhandensein einer Lüftungsanlage, um die Raumluftqualität in isolierten und luftdichten Gebäuden zu gewährleisten. Je nach Fall (z. B. Renovierung oder Neubau) gibt es verschiedene Arten der Belüftung: natürlich, durch Zuluftzufuhr, durch mechanische Entnahme oder durch Doppelströmung.

Bei Passivhäusern wird ein Belüftungssystem mit doppeltem Luftstrom empfohlen, das bei der Planung des Gebäudes sorgfältig berücksichtigt werden muss und eine regelmäßige Wartung erfordert. Das System kann mit einem Wärmetauscher zur Wärmerückgewinnung aus der abgesaugten Raumluft ausgestattet werden.

## Begrenzung der Emission fluoriierter Treibhausgase

Einige fluorierte Gase haben ein besonders hohes Treibhauspotenzial (auf englisch *Global Warming Potential* oder GWP) im Vergleich zu CO<sub>2</sub>, was den Referenzwert mit einem GWP von 1 darstellt. Diese Gase sind Treibhausgase, die unter das Kyoto-Protokoll und die Pariser Klimaabkommen fallen und deren Emissionen unbedingt reduziert werden müssen. Andere fluorierte Gase haben keine negativen Auswirkungen auf das Klima, tragen jedoch zur Zerstörung der Ozonschicht bei. PACE und der vorliegende Umweltbericht befassen sich nur mit fluorierten Gasen mit Treibhauseffekt (HFKW, FKW, SF<sub>6</sub>).

Die PACE-Maßnahme ‚Begrenzung der Emissionen fluoriierter Gase‘ schlägt eine Reihe von Maßnahmen vor, darunter den Ersatz fluoriierter Gase durch Kältemittel oder alternative Systeme (CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> etc.). Die positiven Auswirkungen auf den Klimawandel sind offensichtlich. Dennoch werden Leckagen in Systemen, die CO<sub>2</sub> verwenden, zur Erhöhung des Treibhauseffekts beitragen, allerdings in geringerem Maße angesichts der Differenz des GWP.

Leckagen in Systemen, die NH<sub>3</sub> verwenden, werden sich negativ auf die Luftqualität auswirken, da, wie bereits beschrieben, Ammoniak ein Luftschadstoff ist (siehe oben), ein Vorläufer von Feinstaub, der säuernd wirkt und zur Eutrophierung beiträgt, was erhebliche Auswirkungen auf die Gesundheit und die Ökosysteme hat.

## Entwicklung der Infrastrukturen in der Umgebung von Flughäfen

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Die PACE-Maßnahme ‚Entwicklung von Infrastrukturen rund um Flughäfen‘ greift eines der NEKP-Projekte (Verbesserung der Mobilität zur Unterstützung des langfristigen Wachstums im Umfeld von Flughäfen) auf. Dieses Projekt umfasst eine Reihe von Maßnahmen zur Erleichterung des Zugangs zu den wallonischen Flughäfen Lüttich und Charleroi, mit dem Ziel, deren Entwicklung zu fördern.

Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Suche nach alternativen Mobilitätslösungen für das Auto, wie beispielsweise langfristig die Einführung von autonomen Shuttles für den Zugang zu den Flughäfen. Andererseits wurde das Projekt einer neuen Eisenbahnverbindung zum Flughafen Charleroi zugunsten eines besseren Betriebs der Bahnhöfe Fleurus und Pont-à-Celles aufgegeben.

Es sei darauf hingewiesen, dass das implizite Ziel der Entwicklung dieser Infrastrukturen die Entwicklung der Flughäfen und damit des Luftverkehrs ist. Diese NEKP-Maßnahme wird daher eine negative Auswirkung auf die Luftqualität in der Nähe von Flughäfen haben, aber auch auf die Treibhausgasemissionen der Wallonie. Tatsächlich verursachen die Aktivitäten eines Flughafens Luftverschmutzung, vor allem VOCs, Partikel, NO<sub>x</sub> und, was das Klima betrifft, CO<sub>2</sub>. Diese Schadstoffemissionen haben ihren Ursprung in drei Arten von Tätigkeiten:

- Die Start-, Lande- und Rollphasen von Flugzeugen (LTO-Zyklus für „Landing and Take Off“);
- Flughafenaktivitäten, wie z. B. Treibstofflagerung oder interner Verkehr auf den Flughäfen;

Der damit zusammenhängende Straßenverkehr.

Die Website von ACNUSA (Autorité de Contrôle des Nuisances Aéroporutaires/Kontrollbehörde für Belästigungen durch Flughäfen) berichtet, dass die meisten Luftverschmutzungen auf Flughäfen mit den LTO-Zyklen zusammenhängen, mit Ausnahme von VOC-Emissionen, die hauptsächlich durch die Lagerung von Kerosin verursacht werden.

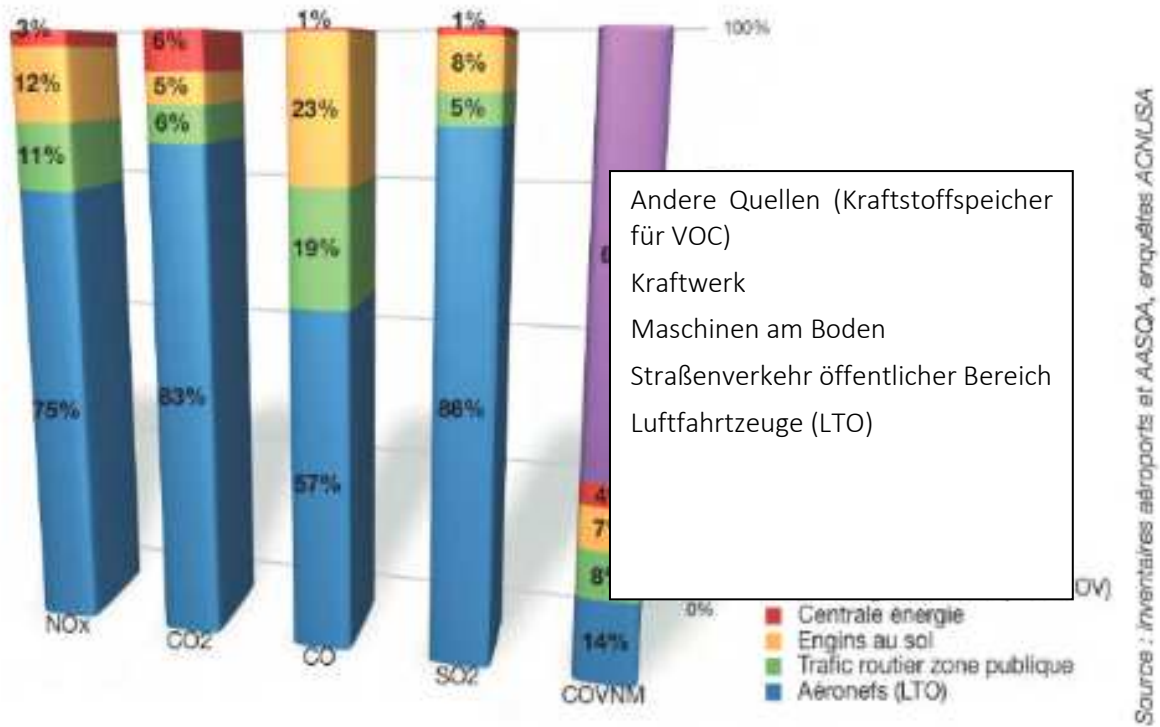


Abbildung2: Verteilung der Schadstoffemissionen nach Ursache auf französischen Flughäfen

Quelle: („Luftverschmutzung durch Flugzeuge: Luftverschmutzung durch Flugzeuge und Flughafenaktivitäten“ o. D.)

Die Schadstoffemissionen, die während dieser LTO-Phasen entstehen, sind von der Umweltleistung des Flugzeugs abhängig. Die folgende Tabelle zeigt die Emissionsfaktoren der LTO-Phasen für verschiedene Flugzeugtypen.

| Aircraft <sup>1</sup>  |                 | LTO emission factors/aeroplane kg/LTO/aircraft <sup>2</sup> |       |                 |        |                              | Fuel consumption (kg/LTO/aircraft) |
|--|-----------------|---|-------|-----------------|--------|------------------------------|------------------------------------|
|  |                 | CO <sub>2</sub> <sup>3</sup>                                | HC    | NO <sub>x</sub> | CO     | SO <sub>2</sub> <sup>4</sup> |                                    |
| Large commercial aircraft <sup>5</sup><br>Source: ICAO (2004) <sup>6</sup> | A300            | 5 450   | 1.25  | 25.86           | 14.80  | 1.72                         | 1 720                              |
|  | A310            | 4 760   | 6.30  | 19.46           | 28.30  | 1.51                         | 1 510                              |
|  | A319            | 2 310   | 0.59  | 8.73            | 6.35   | 0.73                         | 730                                |
|  | A320            | 2 440   | 0.57  | 9.01            | 6.19   | 0.77                         | 770                                |
|  | A321            | 3 020   | 1.42  | 16.72           | 7.55   | 0.96                         | 960                                |
|  | A330-200/300    | 7 050   | 1.28  | 35.57           | 16.20  | 2.23                         | 2 230                              |
|  | A340-200        | 5 890   | 4.20  | 28.31           | 26.19  | 1.86                         | 1 860                              |
|  | A340-300        | 6 380   | 3.90  | 34.81           | 25.23  | 2.02                         | 2 020                              |
|  | A340-500/600    | 10 660  | 0.14  | 64.45           | 15.31  | 3.37                         | 3 370                              |
|  | 707             | 5 890   | 97.45 | 10.96           | 92.37  | 1.86                         | 1 860                              |
|  | 717             | 2 140   | 0.05  | 6.68            | 6.78   | 0.68                         | 680                                |
|  | 727-100         | 3 970   | 6.94  | 9.23            | 24.44  | 1.26                         | 1 260                              |
|  | 727-200         | 4 610   | 8.14  | 11.97           | 27.16  | 1.46                         | 1 460                              |
|  | 737-100/200     | 2 740   | 4.51  | 6.74            | 16.04  | 0.87                         | 870                                |
|  | 737-300/400/500 | 2 480   | 0.84  | 7.19            | 13.03  | 0.78                         | 780                                |
|  | 737-600         | 2 280   | 1.01  | 7.66            | 8.65   | 0.72                         | 720                                |
|  | 737-700         | 2 460   | 0.86  | 9.12            | 8.00   | 0.78                         | 780                                |
|  | 737-800/900     | 2 780   | 0.72  | 12.30           | 7.07   | 0.88                         | 880                                |
|  | 747-100         | 10 140  | 48.43 | 49.17           | 114.59 | 3.21                         | 3 210                              |
|  | 747-200         | 11 370  | 18.24 | 49.52           | 79.78  | 3.60                         | 3 600                              |
|  | 747-300         | 11 080  | 2.73  | 65.00           | 17.84  | 3.51                         | 3 510                              |
|  | 747-400         | 10 240  | 2.25  | 42.88           | 26.72  | 3.24                         | 3 240                              |
|  | 757-200         | 4 320   | 0.22  | 23.43           | 8.08   | 1.37                         | 1 370                              |
|  | 757-300         | 4 630   | 0.11  | 17.85           | 11.62  | 1.46                         | 1 460                              |
|  | 767-200         | 4 620   | 3.32  | 23.76           | 14.80  | 1.46                         | 1 460                              |
|  | 767-300         | 5 610   | 1.19  | 28.19           | 14.47  | 1.77                         | 1 780                              |
|  | 767-400         | 5 520   | 0.98  | 24.80           | 12.37  | 1.75                         | 1 750                              |
|  | 777-200/300     | 8 100   | 0.66  | 52.81           | 12.76  | 2.56                         | 2 560                              |
|  | DC-10           | 7 290   | 2.37  | 35.65           | 20.59  | 2.31                         | 2 310                              |
|  | DC-8-50/60/70   | 5 360   | 1.51  | 15.62           | 26.31  | 1.70                         | 1 700                              |
|  | DC-9            | 2 650   | 4.63  | 6.16            | 16.29  | 0.84                         | 840                                |
|  | L-1011          | 7 300   | 73.96 | 31.64           | 103.33 | 2.31                         | 2 310                              |

Tabelle 8: Emissionsfaktoren der LTO-Phasen für verschiedene Flugzeugtypen

Quelle: (International Civil Aviation Organization 2011)

### Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden

In der Umgebung von Flughäfen könnten Messkampagnen durchgeführt werden. Die Hauptschwierigkeit wird darin bestehen, einen oder mehrere bestimmte(n) Indikator(en) für Emissionen im Zusammenhang mit Flughafenaktivitäten zu bestimmen. Im Idealfall müssten langfristige Messkampagnen zu den VOCs und ultrafeinen Partikeln (UFPs) durchgeführt werden, der Zeitpunkt der Lande- und Startzyklen müsste genau bekannt sein und diese Ergebnisse müssten mit meteorologischen Daten verglichen werden. Zu diesem Thema könnten, beispielsweise im Rahmen des nächsten ENVieS-Plans, Forschungsmaßnahmen durchgeführt werden.

### Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

Die obige Tabelle zeigt, dass einige Flugzeuge deutlich weniger Schadstoffe ausstoßen als andere. Eine der Maßnahmen, die aus ökologischer Sicht zu ergreifen sind, besteht darin, den am wenigsten umweltschädlichen Flugzeugen auf wallonischen Flughäfen den Vorzug zu geben (oder sogar sich darauf zu beschränken).

## Auswirkungen auf die Bevölkerung und die menschliche Gesundheit

### Einleitung

In diesem Kapitel werden zwei Arten von Auswirkungen untersucht. Die erste Auswirkung betrifft die Effekte von PACE auf die Gesundheit. Die zweite bezieht sich auf die Effekte auf die Bevölkerung.

Zunächst einmal hängen die gesundheitlichen Auswirkungen der Luftverschmutzung stark von der Art des Schadstoffs, der Dauer während der die Verschmutzung auftritt, der Häufigkeit und Intensität, in der man der Verschmutzung ausgesetzt ist, sowie der Konzentration der Schadstoffe ab.

Wie im Kapitel über die Luftqualität ausgeführt, verursacht die chronische Belastung durch hohe Konzentrationen von Feinstaub in der Luft Erkrankungen der Atemwege (chronisch obstruktive Lungenerkrankung, Lungenkrebs) und des Herz-Kreislauf-Systems (erhöhte Anzahl von Schlaganfällen und Herzinfarkten). Es kann allerdings keine Mindestgrenze für Vorfälle festgelegt werden. Die Empfindlichkeit gegenüber einem bestimmten Molekül hängt auch von der Empfindlichkeit jedes Einzelnen ab. Die Durchdringungsrate eines Teilchens in den Organismus wird umso größer, je kleiner der Partikel ist. Das Problem der Feinstaubpartikel wird auf europäischer Ebene als das mit den größten Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit angesehen.

Unter den Feinstaubpartikeln unterscheidet man *Black Carbon* oder „Ruß“, der ein Primärpartikel ist<sup>17</sup>. Er wird bei Verbrennungsreaktionen ausgestoßen, verursacht durch die unvollständige Verbrennung von fossilen Brennstoffen und Biomasse (Transport, Heizung...). Diese Feinstaubpartikel<sup>18</sup> schädigen das Atemsystem und können die Durchblutung stören. Zusätzlich zu seiner direkten Toxizität ist *Black Carbon* Träger für verschiedene toxische Verbindungen, darunter vor allem die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAKs), und metallischer Spurenelemente (Bruxelles Environnement 2015a). Der *Black Carbon* ist auch ein kurzlebiger Klimaschadstoff. Als solches trägt er zum Treibhauseffekt und zum Klimawandel bei. Er trägt in der Tat dazu bei, dass die Albedo von verschneiten oder vereisten Oberflächen sich verändert (Hadley, Odelle L. und Thomas W. Kirchstetter. 2012).

Ozon, Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Ammoniak, die in der Luft vorhanden sind, haben alle negative Auswirkungen auf die Atmungsorgane und verursachen zudem Herz-Kreislauf-Erkrankungen.

Ammoniak ist auch ein wichtiger Vorläufer von Sekundärpartikeln, hauptsächlich durch die Reaktion mit Stickoxiden oder Schwefeloxiden zur Bildung von Ammoniumnitrat- oder Ammoniumsulfatpartikeln. Dies verstärkt die negativen Auswirkungen auf die Gesundheit.

---

<sup>17</sup> Zur Erinnerung: Primärpartikel sind diejenigen, die von ihren Quellen (anthropogen oder natürlich) direkt in die Atmosphäre ausgestoßen werden. Sekundäre Partikel sind Partikel, die aus physikalisch-chemischen Reaktionen anderer Schadstoffe resultieren, die man als Vorläufer bezeichnet.

<sup>18</sup> Je nach Partikelgröße wird in der Messtechnik zwischen „PM10“, „PM2.5“ oder „PM1“ unterschieden. PM bedeutet Particulate Matter (Partikelgröße). Es ist wichtig, Folgendes zu beachten: Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von mehr als 10 Mikrometern werden von den oberen Atemwegen (Nase, Mund) zurückgehalten; PM10, so genannte „respirable“ Partikel, beinhalten feine, sehr feine und ultrafeine Partikel und können in die Bronchien eindringen; PM2,5 beinhalten sehr feine und ultrafeine Partikel und dringen in die Lungenbläschen ein; PM1,0 beinhalten ultrafeine Partikel und können die Alveolarkapillar-Barriere passieren (Europäische Kommission 2019).

Alle oben beschriebenen Phänomene tragen zu einer niedrigeren Lebenserwartung bei und erhöhen die Zahl der vorzeitigen Todesfälle. Darüber hinaus bedeuten sie erhebliche Kosten für das Gesundheitswesen (AWAC, 2019).

Die zweite Art von Auswirkungen, die untersucht werden sollen, betrifft die Auswirkungen des Plans auf die Bevölkerung. Die Maßnahmen werden unter drei Gesichtspunkten analysiert: ihre Verteilungswirkung, ihre Auswirkungen hinsichtlich des Zugangs zu Wohnraum und Energie, ihre Auswirkungen auf die Entstehung oder Erleichterung gemeinsamer Ansätze, die den Wandel voranbringen.

## **Reduzierung der Emissionen von SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, VOC, PM<sub>2,5</sub> und von CO<sub>2</sub> von mobilen und stationären Quellen**

### **Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen**

Das Hauptziel der Richtlinie 2016/2284, welche die Ziele für die Verringerung der Emissionen der oben genannten Luftschadstoffe festlegt, besteht gerade darin, die Gesundheit zu schützen und die vorzeitige Sterblichkeit zu verringern.

Auch in Bezug auf die Luftqualität wird sich eine Verringerung der Emissionen von SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, PM<sub>2,5</sub> oder NH<sub>3</sub> im Allgemeinen positiv auf die Gesundheit auswirken. Dies gilt insbesondere für PM<sub>2,5</sub>, bei dem kein Mindestschwellenwert ermittelt werden kann, unterhalb dessen die gesundheitlichen Auswirkungen vernachlässigt werden können<sup>19</sup>.

Das CO<sub>2</sub> hat keine direkten Auswirkungen auf die Gesundheit, ist aber das wichtigste Treibhausgas und trägt somit zum Klimawandel bei, der über die globale Erwärmung oder andere Störungen erhebliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit hat.

Die Luftqualität an einem bestimmten Standort hängt von vielen Faktoren ab, darunter die Wetterbedingungen, die Chemie der Schadstoffe in der Luft und der weiträumige Transport von Schadstoffen. Daher ist es oft schwierig, die Reduzierung einer Schadstoffemission auf eine bestimmte Maßnahme zurückzuführen (IRCELINE 2017).

So führt beispielsweise an einem autofreien Tag in einer Stadt der geringere Verkehr zu einem Rückgang von NO (das aus Abgasen stammt). In der Umgebungsluft befindet sich dann weniger NO – das die Ozonschicht zerstört – als NO<sub>2</sub> - das Ozon erzeugende Gas. Dies bewirkt, dass die Zerstörung der Ozonschicht geringer ist als ihre Produktion. Sobald der Verkehr zurückkehrt, ist die NO-Konzentration wieder höher, was einen deutlichen Rückgang der Ozonmengen nach sich zieht. (Bruxelles Environnement 2019). NH<sub>3</sub>, der Vorläufer von sekundären Molekülen, hat somit einen indirekten Einfluss auf die Gesundheit.

Die Verringerungen der Emissionen seit 1990 haben jedoch bewirkt, dass sich die Belastungsspitzen von bodennahem Ozon in sonnigen Zeiten reduziert haben. Während die Hintergrundkonzentrationen von Ozon zu bestimmten Zeiten problematisch bleiben, werden weitere Verringerungen der Emissionen von Ozonvorläufern durch die Umsetzung von PACE-Maßnahmen diese Hintergrundkonzentrationen senken und die diesbezüglichen Richtwerte der WHO besser erfüllen.

Im Verkehrssektor zielt die FAST-Strategie insbesondere auf die Verbesserung der Luftqualität ab: Emissionsfreie Fahrzeuge anstreben, Einrichtung von Umweltzonen, Verbot der Fahrzeuge mit dem größten Schadstoffausstoß, Verbesserung der Mobilität usw.

Was die Auswirkungen auf die Bevölkerung betrifft, so sollte die FAST-Strategie einen generell positiven Einfluss auf den Zugang der Bevölkerung zur Mobilität haben, da sie genau auf die Ziele

---

<sup>19</sup> [http://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report.pdf](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report.pdf), Seite 1



Flüssigkeit des Verkehrs, Zugänglichkeit, Sicherheit und Gesundheit sowie Verlagerung auf alternative Verkehrsträger ausgerichtet ist. Zu diesem Zweck sollte der Plan darauf abzielen, das Gebiet so zu strukturieren, dass ein besserer Zugang zu Dienstleistungen und Einrichtungen für die gesamte Bevölkerung gewährleistet ist und somit die Durchmischung gestärkt wird. Ziel ist es, den von dem Fahrverbot betroffenen Autofahrern glaubwürdige und zugängliche Alternativen anzubieten.

Darüber hinaus müssen, wie im Think Thank Bruegel (Claeys, Fredriksson und Zachmann 2018) hervorgehoben, die Verteilungseffekte der Klimapolitik berücksichtigt werden, um eine Zunahme der Ungleichheiten in unseren Gesellschaften zu vermeiden. Eine Maßnahme, auch wenn ihre Ziele für die Umwelt günstig sind, kann aufgrund mangelnder Akzeptanz in der Öffentlichkeit nicht die gewünschte Wirkung haben.

Eine Maßnahme, die der einkommensschwachen Bevölkerung mehr nützt und damit die Ungleichheit verringert, wird als „fortschrittlich“ bezeichnet, während eine Maßnahme, die die Ungleichheit verstärkt, als „regressiv“ bezeichnet wird.

Unter den Maßnahmen zur Reduzierung von Emissionen im Verkehr sind regressive Effekte zu beobachten, wenn es um die Gewährung von Subventionen und Boni, z. B. für den Kauf eines Elektrofahrzeugs geht. Tatsächlich senken diese Maßnahmen den Kaufpreis für Waren oder Dienstleistungen, die hauptsächlich von der einkommensstarken Bevölkerung konsumiert werden, während die einkommensschwache Bevölkerung wenig davon profitiert (Claeys, Fredriksson und Zachmann 2018). Begleitende Maßnahmen zu diesen Prämien sind daher notwendig, um die regressiven Auswirkungen solcher Maßnahmen zu verringern. Ebenso muss bei der Überprüfung der Kraftfahrzeugsteuer diesen Gerechtigkeitsaspekten Rechnung getragen werden.

#### Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden

Da die Auswirkungen dieser Emissionen hauptsächlich mit der Luftqualität zusammenhängen, werden die Methodiken der Evaluierung im dementsprechenden Abschnitt beschrieben (siehe Thema Luftqualität).

#### Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

Flankierende Maßnahmen sind hier entscheidend, um die regressive Wirkung bestimmter Maßnahmen zu vermeiden und der gesamten Bevölkerung den Zugang zu kohlenstoffarmen Gütern und Dienstleistungen zu ermöglichen.

## **Entwicklung der Straßen- und Schieneninfrastruktur sowie der Infrastrukturen in der Nähe von Flughäfen**

#### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Aus gesundheitlicher Sicht kann sich die Förderung der sanften Mobilität im Rahmen des multimodalen Verkehrs positiv auf die körperliche Fitness auswirken: Gehen, Radfahren, Rollerfahren etc. Diese „aktiven“ Verkehrsmittel fördern die körperliche Aktivität und verbessern die allgemeine Gesundheit der Menschen, die sie nutzen.

Allerdings erhöht das Fahrradfahren (ob elektrisch oder nicht) auch das Unfallrisiko im Zusammenhang mit dieser Art der Fortbewegung, wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Darüber hinaus zeigt es auch, dass die Situation in der Wallonie derzeit nicht gerade glänzend ist. Sie gehört zu den schlechten Schülern der europäischen Klasse, was die Radfahrersterblichkeit pro gefahrenem Kilometer betrifft.

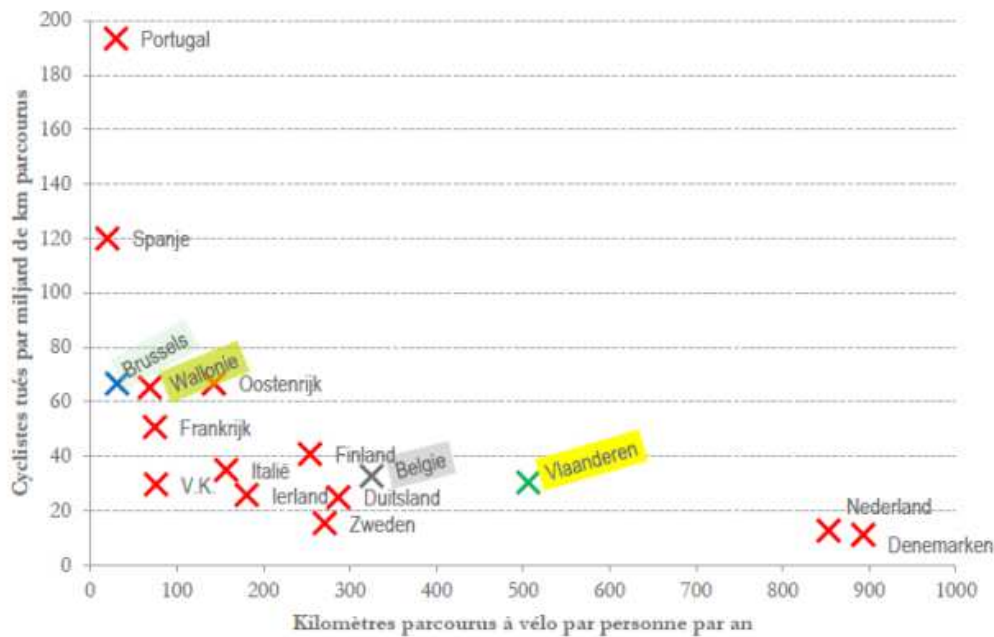


Abbildung3: Vergleich der Zahl der getöteten Radfahrer pro gefahrenem Kilometer in Europa  
Quellen: Europäische Kommission, zitiert in (Nuyttens 2017)

Nach Angaben des Belgischen Instituts für Verkehrssicherheit (BIVS), Urheber der obigen Abbildung, könnte eine Verringerung des Sterblichkeitsrisikos pro gefahrenem Kilometer mit dem Fahrrad wie folgt erreicht werden:

- Eine größere Anzahl von Radfahrern auf der Straße macht Autofahrer aufmerksamer gegenüber Radfahrern.
- Autofahrer, die manchmal ebenfalls Radfahrer sind, werden für die Sicherheit der Radfahrer sensibilisiert.
- Sichere Infrastrukturen für Radfahrer, wie beispielsweise getrennte Radwege, reduzieren das Unfallrisiko.

Diese Analyse des BIVS verdeutlicht die Notwendigkeit, Infrastrukturen zu entwickeln, die an hochwertige Modelle der sanften Mobilität angepasst sind, damit die in der FAST-Strategie vorgesehenen Ziele der Verkehrsverlagerung erreicht werden.

Andererseits kann die Entwicklung neuer Straßen- oder Schieneninfrastrukturen oder Infrastrukturen in der Nähe von Flughäfen zu einer neuen Lärmbelastung führen. Darüber hinaus sind diese Infrastrukturen eine Quelle der Luftverschmutzung, deren lokale Auswirkungen auf Wohngebiete ebenfalls berücksichtigt werden müssen.

Unter diesen Bedingungen sollte sich der Ausbau von Infrastrukturen für die sanfte Mobilität positiv auf die menschliche Gesundheit auswirken, denn sie erhöht den Anteil der sanften Mobilität an den aktiven Verkehrsträgern und verringert das damit verbundene Unfallrisiko.

Aus Sicht der Bevölkerung kann der Ausbau der Straßen- und Schieneninfrastruktur die Lebensqualität der Nutzer verbessern, indem er den Zugang zur Mobilität verbessert. Aber es muss erneut darauf geachtet werden, dass der Zugang zur Mobilität für die gesamte Bevölkerung verbessert werden muss. Außerdem: Wenn die Entwicklung dieser effizienten Infrastrukturen positiv ist und eine Verhaltensänderung der Nutzer ermöglicht und ihre Entscheidungen zu weniger CO<sub>2</sub> fördert, so gilt dies nur, wenn der Grund für die so angeregte Reise nicht emissionsintensiv ist (wie beispielsweise bei Flughäfen).

## Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden

Da die Auswirkungen dieser Maßnahme an einen bestimmten Standort gebunden sind (ein Ort, an dem eine Infrastruktur entsteht), wäre es vorstellbar, eine Messstelle für Lärm und Luftqualität in der Nähe der neuen Infrastrukturen einzurichten. Diese würden eine Kontrolle über die Auswirkungen dieser Maßnahme sicherstellen.

Es könnte ein Monitoring der Zahl der Verkehrsunfälle für schwache Verkehrsteilnehmer (Fußgänger, Radfahrer) organisiert werden, um die Entwicklungen nach der Durchführung von Maßnahmen und der Entwicklung neuer Infrastrukturen zu verfolgen.

## Entwicklung erneuerbarer Energien (einschl. Biomasse und ausschl. Biomasse)

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

In Bezug auf die Gesundheit stoßen die Produktionsweisen der erneuerbaren Energie im Allgemeinen weniger Schadstoffe aus und können daher zur Verbesserung der Auswirkungen auf die Gesundheit beitragen. Allerdings kann die Entwicklung von notwendigen Infrastrukturen für diese erneuerbaren Energien unterschiedliche Auswirkungen haben:

- ◊ Lärmbelästigung: Bei Windkraftanlagen muss der Abstand des Standorts zu den Häusern berücksichtigt werden, um die zulässige Lärmimmission nicht zu überschreiten;
- ◊ Stroboskopeffekte: Diese hängen ebenfalls vom Abstand des Windrades und der Richtung ab;
- ◊ Landschaftsbild: Solarmodule und Windräder können Unannehmlichkeiten für die Lebensqualität der Bewohner der Region verursachen;
- ◊ Sicherheit: Die Sicherheit rund um erneuerbare Energieinfrastrukturen muss gewährleistet sein, um das Herabfallen von Teilen etc. zu vermeiden. (ULg - GemblouxAgroBioTech und ICEDD 2013).

Die Erzeugung von Hauswärme (Heizung und Wasser) durch Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe (Kohle, Holz) ist jedoch die Hauptquelle von PM<sub>2,5</sub>.

Wie zu Beginn des Themas besprochen, sind feine und ultrafeine Partikel besonders gesundheitsschädlich und erhöhen die Zahl der vorzeitigen Todesfälle. Bei der Verbrennung von Biomasse entstehen Verbrennungsrückstände in Form von feinen Partikeln. Die folgende Tabelle zeigt die Zahl der vorzeitigen Todesfälle pro Jahr durch Partikel, die durch die Wohnungsheizungen in die Umgebungsluft abgegeben werden, sowie die durch Behinderung gekennzeichnete Lebenserwartung (disability-adjusted life years, DALY) (Weltgesundheitsorganisation 2015).

| Region                    | PM <sub>2,5</sub> from residential heating (%) |      | PM <sub>2,5</sub> from residential heating (µg/m <sup>3</sup> ) |      | Premature deaths/year |         | Disability-adjusted life-years (DALYs)/year |           |
|---------------------------|--|------|---|------|-----------------------|---------|---|-----------|
|                           | 1990   | 2010 | 1990  | 2010 | 1990                  | 2010    | 1990  | 2010      |
| Central Europe            | 11.1   | 21.1 | 3.5   | 3.4  | 18 000                | 20 000  | 370 000                                     | 340 000   |
| Eastern Europe            | 9.6  | 13.1 | 2.0   | 1.4  | 24 000                | 21 000  | 480 000                                     | 410 000   |
| Western Europe            | 5.4  | 11.8 | 1.3   | 1.7  | 17 000                | 20 000  | 280 000                                     | 290 000   |
| High-income North America | 4.6  | 8.3  | 0.9   | 1.1  | 7 500                 | 9 200   | 140 000                                     | 160 000   |
| Central Asia              | 9.9  | 8.3  | 2.4   | 1.6  | 5 500                 | 4 200   | 180 000                                     | 110 000   |
| Global                    | 3.0  | 3.1  | 0.9   | 0.7  | 120 000               | 110 000 | 2 800 000                                   | 2 200 000 |

Wie im entsprechenden Thema erwähnt, hängt die Luftqualität von der Qualität der Verbrennung ab. Letztere muss kontrolliert werden, damit sie so vollständig wie möglich ist. Die Elemente, welche die Qualität der Verbrennung bestimmen, sind: die Art des Kraftstoffs, der zerteilte Zustand des Brennmaterials (Abschnitt/Größe der Teile), sein Feuchtigkeitsgehalt, die Verbrennungsanlage und die Luftzufuhr. Neben vielen Luftschadstoffen (PM<sub>2,5</sub>, VOC, PAK, Schwermetalle usw.) werden bei der Verbrennung von Holz drei Treibhausgase freigesetzt: Kohlendioxid, Methan und Distickstoffoxid (SAWERYSYN 2012).

In Bezug auf die Bevölkerung sei jedoch auf die die regressive Wirkung der finanziellen Unterstützung für grüne Heizungsanlagen in Wohngebäuden hinzuweisen, die, wie im PACE erwähnt, Begleitmaßnahmen erforderlich machen würde, um Haushalten mit niedrigem Einkommen den Zugang zu dieser Unterstützung zu erleichtern.

### **Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden**

Im Rahmen des Erlasses der wallonischen Regierung vom 4. Juli 2002 wurde ein Parameter definiert, der angepasst wurde, um die Lärmimmission einer Windturbine zu quantifizieren ( $L_{Ar}$ ). Die Grenzwerte für diesen Parameter wurden entsprechend den Bedingungen (Tag/Nacht, Entfernung etc.) definiert. Dieser Parameter muss nach der Implementierung einer erneuerbaren Struktur überwacht werden.

Es kann auch in Betracht gezogen werden, epidemiologische Studien durchzuführen, um Daten zu sammeln und eine Überwachung der Umsetzung aller erneuerbaren Strukturen durchzuführen.

Was die Erzeugung von Hauswärme (Heizung und Wasser) aus Biomasse betrifft, so muss in der Wallonie eine Bestandsaufnahme der bestehenden Anlagen durchgeführt werden, um die Kenntnisse über den Bestand zu verbessern und die Emissionskataster zu verfeinern.

### **Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen**

Ein gemeinsames Projekt erstellen, an dem die von den Belästigungen betroffenen Menschen beteiligt sind. Belästigungen so weit wie möglich vermeiden, indem die optimale geografische Lage des Projekts ausgewählt wird. Es können beispielsweise Sensibilisierungskampagnen durchgeführt werden, um Pellets der Verbrennung großer Holzstücke (Rundholz usw.), insbesondere in städtischen Gebieten vorzuziehen (siehe Thema Luftqualität).

## **Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Gebäuden**

### **Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen**

Aus gesundheitlicher Sicht wirkt sich die langfristige Sanierungsstrategie positiv aus, da sie eine Reduzierung des fossilen Energieverbrauchs und damit eine Verbesserung der Luftqualität durch eine Reduzierung der Emissionen von CO<sub>2</sub>, PM, NO<sub>x</sub>, VOC und PAK vorsieht. Darüber hinaus wird auch der Austausch der Anlage durch eine technisch effizientere Anlage oder eine emissionsärmere Alternative zur Reduzierung der Emissionen beitragen. Allerdings muss das Risiko einer Beeinträchtigung der Raumluftqualität des Gebäudes hervorgehoben werden (Frey et al. 2015). Tatsächlich kann die Erhöhung der Luftundurchlässigkeit bei unzureichender Luftzirkulation zur Bildung von Schimmelpilzen oder zur Ansammlung von Schadstoffen im Inneren (z. B. durch Ausscheidung von Materialien) führen und sich somit negativ auf die Gesundheit der Bewohner auswirken.

Was die anderen Aspekte betrifft, die, wie in der wallonischen Sanierungsstrategie (ÖDW DGO4 et al. 2017) erwähnt, die Bevölkerung betreffen, so gibt es zahlreiche Zusatznutzen einer solchen Strategie,

was den Zugang zu gesundem Wohnen und die Verbesserung des thermischen und akustischen Komforts angeht.

Darüber hinaus wird dadurch, dass die Energiekosten sinken, auch der Zugang zu Energie verbessert. Laut einer Studie der König-Baudouin-Stiftung (König-Baudouin-Stiftung 2011) kann „ein kollektiver und lokaler Ansatz für die thermische Sanierung von Gebäuden zur Verringerung der Energiearmut der Haushalte beitragen, wenn er Überlegungen über die Beteiligung von Mietern, benachteiligten Eigentümern (Kraftstoffarmut) und Fachleuten des Sektors beinhaltet und die soziale Unterstützung von Renovierungsprogrammen steuert.“

Bei den Prämien für die Renovierung von Wohnungen war jedoch ein rückläufiger Effekt zu beobachten. Um diesen Effekt auszugleichen, werden im PACE einige flankierende Maßnahmen vorgeschlagen, wie z. B. Bestimmungen im Zusammenhang mit Zuschüssen für Renovierungen, die eine Erhöhung für benachteiligte Gruppen vorsehen, oder der Austausch von Hausheizungen, für die auf eine stärkere Unterstützung einkommensschwacher Haushalte verwiesen wird (IWEPS et al. 2018). Ein solches Ziel wird auch mit den vorgeschlagenen Maßnahmen zum Schutz von einkommensschwachen Verbrauchern verfolgt.

Im Hinblick auf die Auswirkungen auf kollektive Ansätze des Wandels plant die Maßnahme, die das Verhalten im Hinblick auf eine Reduzierung des Energieverbrauchs im Wohnbereich aktivieren soll, „den Aufbau eines bürgernahen lokalen Unterstützungsnetzes, das einen Teil der Kommunikation, der praktischen Beratung und der Anreize übernimmt“. Laut dem Wallonischen Netzwerk für einen nachhaltigen Zugang zu Energie (RWADE)<sup>20</sup> hat ein solches Netzwerk, das auf menschlichen Kanälen (und nicht nur auf Werbung) basiert, nicht nur eine nachhaltigere Wirkung (indem es die Verbraucher dort erreicht, wo sie sind, und sie dazu bringt, sich kritisch mit den aktuellen Verbrauchssystemen auseinanderzusetzen), sondern es wertet auch die Aktionen von Gemeinschaftsprojekten, Verbänden, Akteuren des lebenslangen Lernens usw. auf.

### Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

Die Durchführung von epidemiologischen Folgemaßnahmen bei Menschen, die in einer renovierten Wohnung des Labels A leben, wäre von Bedeutung.

## Flexibilisierung des Verbrauchs und der Erzeugung von Elektrizität

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Betrachtet man die Auswirkungen solcher Maßnahmen auf die Bevölkerung, so wird davon ausgegangen, dass sich eine klare Politik der Flexibilisierung des Stromverbrauchs und der Stromerzeugung positiv auf die gemeinsamen Ansätze für den Wandel auswirkt. Wie Marshall (George Marshall 2017) feststellte, ist im Kampf gegen den Klimawandel „ein kohärenter politischer Rahmen erforderlich, der einen Vertrag über die gemeinsame Beteiligung festlegt, in dem einzelne Aktionen anerkannt und belohnt werden“, um von individuellen zu kollektiven Aktionen überzugehen.

Ein solcher kohärenter Rahmen ist beispielsweise ein Rahmen für den Einsatz dezentraler erneuerbarer Produktionsquellen, „mit dem Ziel, das kollektive Wohlbefinden zu maximieren, insbesondere durch Selbstverbrauchsprogramme, kollektiven und lokalen Eigenverbrauch und die Entwicklung von Mikronetzen.“

---

<sup>20</sup> Beitrag des RWADE zur Analyse des Aktionsplans Energie/Klima 2030



Ebenso unterstützt und fördert die Entwicklung einer lokalen Dynamik (POLLEC) die Entwicklung kollektiver Initiativen auf lokaler Ebene durch die Umsetzung der von den beteiligten Gemeinden entwickelten Aktionsplänen für erneuerbare Energie.

Im Hinblick auf den Zugang zu Energie erschweren jedoch dynamische Preismaßnahmen die Bewirtschaftung durch die Haushalte, von denen einige nicht in der Lage sein werden (nicht sensibilisiert und/oder nicht ausgestattet), auf das so gesendete Preissignal zu reagieren (RWADE 2017; König-Baudouin-Stiftung 2011). Darüber hinaus würde der Einsatz intelligenter Zähler den größten Verbrauchern Vorteile bringen, während sich für prekäre Haushalte die Kosten (falls diese Zähler vom Verbraucher bezahlt werden) als höher erweisen würden als die erreichbare Marge für die Reduzierung des Verbrauchs (König-Baudouin-Stiftung 2011). Wie in PACE angegeben, würden diese intelligenten Zähler als Budgetzähler für gefährdete Bevölkerungsgruppen dienen. Wie jedoch von der CWAPE (wallonische Energiekommission) betont, „führt der Haushaltszähler für diejenigen, die sich in Bezug auf Energie in einer prekären Lage befinden, zu erheblichen Entbehrungen und verletzt damit die Menschenwürde und scheint nicht die richtige Maßnahme zu sein, für sich allein die Bedürfnisse dieser Bevölkerungsgruppen zu befriedigen“.

Darüber hinaus wirft die Entwicklung der Speicherung, des kollektivem Eigenverbrauchs und von Mikro-Netzen die Frage nach der zugrunde liegenden Preisgestaltung auf. In der Tat hätten auf einer breiteren Ebene, wenn die Finanzierung des bestehenden Netzes nur denjenigen obliegen würde, die keine anderen Möglichkeiten haben, solche Bestimmungen daher eine regressive Wirkung (RWADE 2017).

Es sei hinzugefügt, dass, „wenn der Gesamtenergieverbrauch sinkt, der Anteil der Vertriebskosten steigt. Tatsächlich sind diese Kosten fix und werden nun anteilig nach dem verbrauchten kWh berechnet. Mit anderen Worten, Haushalte, die ihren Energieverbrauch nicht reduzieren, laufen Gefahr, dass ihre Rechnungen steigen, damit die Netzbetreiber die notwendigen finanziellen Einnahmen sicherstellen können.“ König--Stiftung 2011).

Im Bereich der Gesundheit erhöhen die Entwicklung von Technologien und die Optimierung des Ressourcenverbrauchs durch vernetzte Objekte wie intelligente Messgeräte die Menge der elektromagnetischen Wellen in der Umwelt. Die Auswirkungen davon werden weiterhin diskutiert. Es ist es nicht immer möglich, einen kausalen Zusammenhang zwischen Wellen und Gesundheit herzustellen, hierfür fehlt die richtige Methodik. Daher würde ein Vorsorgeprinzip gelten. (Doumont und Malengreaux 2017)

#### Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden

Nach der Einführung von Instrumenten zur Flexibilisierung wäre es interessant, die Entwicklung des Verbrauchs zu beobachten.

## **Auswirkungen auf die biologische Vielfalt, die Fauna und Flora (einschließlich der Aspekte im Zusammenhang mit den Richtlinien 79/409/EWG und 92/43/EWG)**

### **Einleitung**

Angesichts des ständig zunehmenden Drucks auf die Biodiversität hat sich die menschliche Gesellschaft schrittweise mit legislativen Instrumenten zum Schutz der Natur ausgestattet. Hier seinen insbesondere die Vogelschutzrichtlinie vom 2. April 1979 (79/409) und die Richtlinie Habitats vom 21. Mai 1992 (92/43) genannt.

Die erste Fassung der Vogelschutzrichtlinie wurde vor Kurzem durch eine aktualisierte Fassung ersetzt: die Richtlinie 2009/147 vom 30. November 2009. Die Ziele bleiben jedoch unverändert und bestehen im Schutz der Vogelarten „*artgerecht in freier Wildbahn im europäischen Gebiet*“. In diesem Rahmen wurden besondere Schutzgebiete<sup>21</sup> eingerichtet, um die am stärksten gefährdeten Arten zu schützen, eine bessere Kontrolle der Jagdpraktiken zu gewährleisten und die Vernichtung von Eiern und Nestern sowie deren Handel streng zu regeln. Eine der Hauptstärken dieses Textes ist die Berücksichtigung von Migrationsbewegungen, was einen Entwurf für ein grenzüberschreitendes ökologisches Netzwerk darstellt. („EUR-Lex - 31979L0409 - DE - EUR-Lex „ o. D.); („EUR-Lex - 32009L0147 - EN - EUR-Lex „ o. D.)

Die FFH-Richtlinie schlägt verschiedene Maßnahmen zur Erhaltung natürlicher Lebensräume und emblematischer Arten wild lebender Tiere und Pflanzen vor. Die inhärente Schwierigkeit bei der Umsetzung solcher Maßnahmen besteht in der Notwendigkeit, kulturelle, soziale, regionale und wirtschaftliche Fragen mit dem Naturschutz in Einklang zu bringen. („EUR-Lex - 31992L0043 - DE - EUR-Lex „ o. D.)

Die schrittweise Einrichtung eines riesigen europäischen ökologischen Netzwerks, des Natura 2000-Netzwerks, ist das Ergebnis der Umsetzung dieser Richtlinien. In der Wallonie umfasst das Gebiet 220.000 ha, die in 240 im Bezeichnungserlass erfasste Gebiete unterteilt sind, die von der wallonischen Regierung ausgewiesen wurden. („Natura 2000 en Wallonie | La biodiversité en Wallonie“ o. D.)

## Reduzierung der Emissionen von SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub> und CO<sub>2</sub> von mobilen und ortsfesten Quellen

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Die Funktion des Ökosystems wird durch komplexe Wechselwirkungen zwischen abiotischen Kompartimenten, lebenden Organismen und Lebensräumen bestimmt. Diese Wechselwirkungen, die in Form von Materialaustausch (chemische Verbindungen) zwischen den Kompartimenten stattfinden, werden als biogeochemische Prozesse bezeichnet. Im Allgemeinen hat das Eindringen von Schadstoffen in ein Ökosystem - d. h. die Beeinträchtigung natürlicher biogeochemischer Kreisläufe - Auswirkungen auf sein Funktionieren sowie auf den Gesundheitszustand der dort lebenden Organismen und die Zusammensetzung ihrer Populationen. Angesichts der Komplexität des Funktionierens natürlicher Systeme ist es nach wie vor schwierig, die Auswirkungen der Luftverschmutzung nachzuweisen. Dies hängt insbesondere von der Art und Menge der von einem Ökosystem aufgenommenen Schadstoffe, der Dauer der Verschmutzungsepisoden, der Widerstandsfähigkeit des Ökosystems und der Verweildauer der Schadstoffe in den Kompartimenten des Ökosystems ab.

Die Umwelt kann daher in verschiedene miteinander verbundene ökologische Kompartimente unterteilt werden (Abbildung 4). So kann anhand vieler Reaktionen und Rückkopplungen eine in einem bestimmten Kompartiment emittierte Verbindung in einem anderen erscheinen. Mehrere verschiedene Ökosysteme können daher durch denselben Schadstoff beeinträchtigt werden.

Saurer Regen ist ein Beispiel für die Verbindung, die zwischen verschiedenen ökologischen Kompartimenten besteht. Luftschadstoffe (Schwefel oder Stickoxide) gelangen durch trockene Deposition oder Niederschlag aus dem Kompartiment „Luft“ in die Kompartimente „Boden“ und „Wasser“. Wassermoleküle reagieren mit diesen Schadstoffen und formen eine Säure. Die Folgen für die

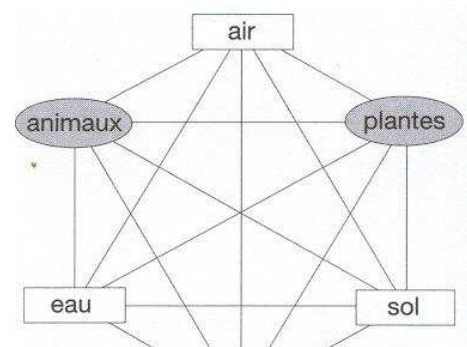


Abbildung 4: Wechselwirkung zwischen Umweltkompartimenten und den sich daraus entwickelnden Elementen, „Umweltchemie“ Bliefert und Perraud (2008)

<sup>21</sup> Besondere Schutzgebiete: BSG





Umwelt sind kurzfristig (Entlaubung, Verfärbung usw.), aber auch langfristig zu beobachten, wie Likens, Driscoll und Buso (1996) noch einmal aufzeigen.

Die Emissionen von Luftschadstoffen gemäß dem PACE und von CO<sub>2</sub> resultieren größtenteils aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe. Unter diesen Bedingungen werden die im PACE vorgeschlagenen Maßnahmen insgesamt der gesamten wallonischen Biodiversität zugutekommen.

Der PACE zielt auch auf Emissionen von Lösungsmitteln (VOCs) ab, die leicht flüchtig sind und sich sehr gut in der Atmosphäre auflösen. Darüber hinaus sind diese Lösungsmittel potenziell krebserregend und genotoxisch. Die PACE-Maßnahmen zur Reduzierung der Lösungsmittlemissionen werden daher der Biodiversität zugutekommen. Es muss jedoch sichergestellt werden, dass auch die Alternativen zu den Lösungsmitteln das Gleichgewicht der Ökosysteme wahren.

NO<sub>x</sub> und VOCs sind für die Produktion von troposphärischem Ozon verantwortlich, das die Fotosynthese einschränkt, das Pflanzenwachstum reduziert und das Waldsterben verursacht (García-Gómez et al. 2013). Auch unter diesem Gesichtspunkt wird sich die Umsetzung des PACE positiv auf die Biodiversität auswirken.

Abschließend sei daran erinnert, dass der Klimawandel selbst starken Druck auf die Biodiversität ausüben wird (Bellard et al, 2012). Auch wenn die vom PACE allein empfohlenen Maßnahmen die globalen Klimakurven nicht verändern werden, werden sie doch zur Erreichung dieser globalen Ziele beitragen und sich somit positiv auf die Biodiversität auswirken.

## Reduzierung der NH<sub>3</sub>-Emissionen in der Landwirtschaft

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Sowohl die Literatur als auch die Emissionskataster zeigen heute, dass der größte Anteil der NH<sub>3</sub>-Emissionen in die Umwelt aus dem Agrarsektor stammt. Tatsächlich sind einige Praktiken, wie die Zufuhr von flüssigem Stickstoff, der besonders auslaugend wirkt, der dann abfließt und sich verflüchtigt, bedeutende Ursachen für NH<sub>3</sub>.

Die negativen Auswirkungen von eutrophierendem Stickstoff auf die Biotope, die er „verseucht“, sind nicht mehr nachzuweisen. Insgesamt ist ein Rückgang der ursprünglichen Biodiversität der betroffenen Standorte zu beobachten, der zu einer vollständigen Zerstörung der Lebensräume führen kann, beispielsweise bei direkter Zufuhr in Gewässer. Die Eutrophierung ist im Übrigen eine der Hauptursachen für den Artenverlust in unseren Regionen. (ÖDWÖDW - DGO3 - DEMNA - DEE 2017). Es sei auch darauf hingewiesen, dass die Freisetzung von Ammoniak in die Umwelt aktiv zur Versauerung beiträgt.

Den jährlichen Emissionskatastern der Wallonie zufolge wurden, dank der Umsetzung der Richtlinie 2001/81 zur Festlegung nationaler Emissionshöchstmengen für Substanzen, die zur Eutrophierung, Versauerung und der Bildung von troposphärischem Ozon beitragen, Fortschritte erzielt.

Diese Ergebnisse müssen im Falle von bestimmten empfindlichen Biotopen wie oligotrophen Lebensräumen, wie z. B. dem Hohen Venn, relativiert werden (siehe Abbildung 2). Diese Biotope zeichnen sich durch eine Vegetation aus, die spezifisch für nährstoffarme Umgebungen ist. In diesen Fällen führt die mögliche Eutrophierung der Umwelt zum Verschwinden mehrerer Pflanzenarten von großem biologischen Interesse zugunsten einiger weniger opportunistischer Pflanzen, die sich besser an die höheren Nährstoffkonzentrationen angepasst haben. Wir erleben hier einen Rückgang an

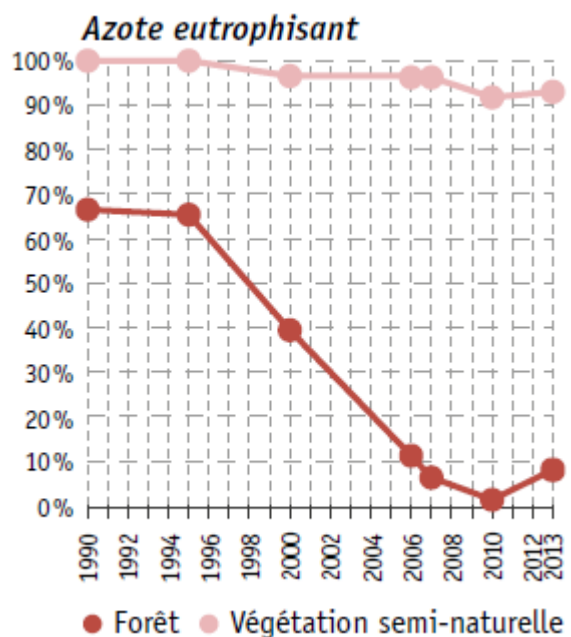


Abbildung 5: Gebiete in der Wallonie, die von Überschreitungen der kritischen Belastungen durch eutrophierenden Stickstoff betroffen sind; Daten aus VSD- und EMEP-Modellen; BZUW 2017

Pflanzen an diesem Standort, aber auch ein allmähliches Verschwinden der von diesen Pflanzen abhängigen Tiere. Als Beispiel für die Interaktion zwischen Wirtspflanze und Entomofauna können wir die Fälle des Randring-Perlmutterfalters (*Proclissiana eunomia*) oder des bekannten Skabiosen-Scheckenfalters (*Euphydryas aurinia aurinia aurinia*) hinzuziehen, deren Rückgang in unseren Regionen hauptsächlich auf das allmähliche Verschwinden ihrer privilegierten Wirtspflanze, dem Gewöhnlichen Teufelsabbiss, zurückzuführen ist.

Die im PACE beschriebenen neuen Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen von stickstoffhaltigen Schadstoffen werden somit einen positiven Effekt auf die Ökosysteme und die Biodiversität haben.

### Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden

Die NEC-Richtlinie 2016/2284/EG verpflichtet die Mitgliedstaaten, ein Monitoring-Netz über die Auswirkungen der Luftverschmutzung auf die Ökosysteme einzurichten, um die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Emissionsreduzierung zu bewerten. Ziel dieses Systems ist es insbesondere, die Überwachung bestimmter bisher nicht erforschter Ökosysteme (z. B. Moore, Anbauflächen und Ozonschäden) schrittweise zu verbessern.

## Entwicklung erneuerbarer Energien außer solcher aus Biomasse

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Die folgenden Abschnitte geben einen Überblick über verschiedene Technologien zur Erzeugung erneuerbarer Energien und deren Auswirkungen auf die Biodiversität.

#### A. Bau von Windparks

Die Errichtung von Windparks führt zu einer Beeinträchtigung für das Biotop, in dem sich diese Infrastrukturen befinden. Es lassen sich Störungen durch die Installation der Windkraftanlage sowie festgestellte Risiken durch Kollisionen ausmachen.

Nach den Rechtsvorschriften rund um die Errichtung von Windkraftanlagen sind nur Gebiete förderfähig, die in Bezug auf die Biodiversität uninteressant sind. In diesem Zusammenhang werden bei der Suche nach passenden Flächen alle Naturschutzgebiete systematisch ausgeschlossen. Unter diesen Bedingungen werden Windparks a priori nicht in unmittelbarer Nähe von Gebieten mit hohem biologischem Wert errichtet. „Referenzrahmen für die Errichtung von Windkraftanlagen in der Wallonischen Region“ o. D.); „GRE- Gesetzbuch über die räumliche Entwicklung“ o. D.); „Branchenbedingungen für Windkraftanlagen“ o. D.)

Die größte Gefahr für die Tierwelt durch Windkraftanlagen besteht nach wie vor in Kollisionen mit beweglichen Rotorblättern. Laut Kuvlesky et al. 2007, kann die Anzahl der Kollisionen zwischen Vogelarten und Turbinen von 0 bis 30 pro Jahr und Turm variieren. Es kommen allerdings unterschiedliche Parameter in Betracht: (Drewitt und Langston 2006)

- Vogelarten: „Seglervögel“ unter den Zugvögeln und nachtaktive Vögel sowie einige Greifvögel sind anfälliger für diese Art von Unfall
- Die Konfiguration des Windparks selbst
- Wetterbedingungen
- Die Topografie des Standortes

Nicht nur Vögel leiden unter den Folgen von Windkraftanlagen. Sie stellen auch eine Gefahr für mehrere Arten von Fledertieren dar. Kollisionen treten bei langen Populationsbewegungen oder während der Jagdzeit auf. Insekten werden von der Wärme angezogen, die von der Turbine beim Drehen erzeugt wird, sodass die Umgebung von Windkraftanlagen zu einem idealen Nahrungsgebiet für Fledermäuse wird. Wenn sie zu nahe an den beweglichen Rotorblättern vorbeifliegen, kann dies

aufgrund des beobachteten Phänomens des Unterdrucks zu tödlichen inneren Blutungen führen (Arnett und Baerwald 2013). Eine detailliertere Analyse der Auswirkungen der Windenergie auf die Biodiversität wurde für die Wallonie im Rahmen des Berichts über Umweltauswirkungen des Bereichs Windkraft durchgeführt (ULg - GemblouxAgroBioTech und ICEDD 2013).

### Nutzung von Sonnenenergie

Die Erzeugung von Sonnenenergie mithilfe von Paneelen (thermisch und/oder fotovoltaisch) hat keine direkten Auswirkungen auf die Biodiversität. Denn der weitaus größte Teil der Paneele wird heute auf bereits denaturierten Oberflächen (hauptsächlich Dächern) installiert. Allerdings sei darauf hingewiesen, dass wir nun die Entwicklung von „Solarfeldern“ auf ehemaligen Industrieflächen beobachten können, wie z. B. die Anlage, die 2016 in Houdeng installiert wurde (SPAQUE 2016). Wenn sich solche Praktiken in natürlichen Gebieten (Ackerland, Dauergrünland) durchsetzen würden, könnten sich die Auswirkungen auf die Biodiversität verstärken. Sie könnten dann den Widerstand der Anwohner hervorrufen, wie dies bereits einige Kampagnen in Frankreich zeigen (Reporterre 2019).

Derzeit erfordern „Solarfelder“ zusätzlich zu dem Antrag auf Erteilung einer Genehmigung an den zuständigen Beamten (siehe GRE) keine spezifischen Maßnahmen zum Schutz der Biodiversität. Um ihre Umweltauswirkungen zu begrenzen, sollte jedoch darauf geachtet werden, dass sie auf ehemaligen Industriebrachen oder auf Flächen von geringem biologischen Interesse installiert werden.

### Erzeugung von Wasserkraft

Die wallonische Wasserkraftproduktion wird im Vergleich zu anderen Ländern mit mehr Bergen, wie z. B. Frankreich, Schweiz oder Norwegen, um nur einige Beispiele zu nennen, moderat bleiben. Die Laufwasserkraft hat ein geschätztes Potenzial von etwa 20 MW zusätzlicher elektrischer Leistung. Dies handelt sich um viele Projekte geringeren Umfangs (<5kW) sowie einige größere Anlagen, die an Kanälen und Schleusen durchgeführt werden.

Die Auswirkungen solcher Anlagen auf die Biodiversität werden begrenzt sein, wenn sie bestimmten grundlegenden Maßnahmen entsprechen:

- Sie stellen Sie kein Hindernis für den Wasserlauf dar (Einbau von Fischleitern usw.);
- Die Anlage darf nicht den gesamten Durchfluss erfassen (mindestens 10 % des natürlichen Durchflusses bleiben frei);
- Bestimmte Wasserläufe, die aufgrund ihrer Fauna, Flora oder ihrer intrinsischen Qualität einen hohen biologischen Wert haben, werden nicht in die Wasserkraftnutzung einbezogen;
- Das entnommene Wasser muss *in fine* seinen natürlichen Verlauf stromabwärts wieder erreichen.

Die negativen Auswirkungen einer Wasserturbine auf das Biotop sind in den meisten Fällen die Störung des Wasserflusses oder die Veränderung der Sedimentströme. Die verschiedenen oben genannten Maßnahmen ermöglichen es, diese Schäden zu minimieren.

### Querschnittsmaßnahmen (Ausbau der Stromnetze)

Eine der möglichen Folgen der Elektrifizierung, die durch die Dekarbonisierungsstrategie des PACE hervorgerufen wird, ist die Entwicklung von Stromnetzen, welche die Installation von Kabinen und Hochspannungsleitungen (unter- oder oberirdisch) erfordern und damit elektromagnetische Felder erzeugen. Ihre Auswirkungen auf die Organismen werden in der wissenschaftlichen Gemeinschaft viel diskutiert. Im Allgemeinen haben einige Studien ein erhöhtes Risiko für die Krebsentstehung festgestellt, im Zusammenhang mit einem verlängerten Kontakt mit niedrigen Frequenzen, die durch unsere Elektroinstallationen produziert werden. In Ermangelung einer Validierung oder Widerlegung dieser Ergebnisse bleibt die Situation jedoch unklar und ungewiss. („EMF Electric and Magnetic Fields Associated with the Use of Electric Power“, o. D.)

Die Fauna ist von dieser Art Anlagen stärker betroffen als die Flora. Denken wir dabei insbesondere an die Vogelwelt und den mehr oder weniger ausgeprägten Einfluss von Magnetfeldern auf die Wanderungsbahnen der Zugvögel. Darüber hinaus scheint auch bei großen wilden Säugetieren ein

Effekt der „Abstoßung“ oder „Barriere“ zu beobachten zu sein, diese negative Auswirkung wird jedoch nach wie vor diskutiert (Reimers et al. 2007). Dennoch bleibt das größte Problem das physische Hindernis der Leitungen und die damit verbundene Kollisionsgefahr (Janss und Ferrer 1998). Es sei auch darauf hingewiesen, dass nicht nur die Vogelwelt von Stromnetzen betroffen ist. Gleiches gilt auch für einige wandernde Arten von Fledermäusen.

#### Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden

##### Bau von Windparks

Um die Auswirkungen solcher Maßnahmen in unserer Region quantifizieren zu können, ist es notwendig, die Ergebnisse der Anzahl der Tierkadaver am Fuße bereits in Betrieb befindlicher Windenergieanlagen zu analysieren. Dies könnte somit zu einer besseren Kenntnis der typischen Situationen, die für den Erhalt der Biodiversität mehr oder weniger günstig sind, führen.

##### Querschnittsmaßnahmen (Ausbau der Stromnetze)

Da die meisten Auswirkungen der Entwicklung von Hochspannungsleitungen auf die Biodiversität relativ ähnlich sind wie diejenigen beim Bau von Windparks, können die in diesem Zusammenhang empfohlenen Maßnahmen auch auf Hochspannungsleitungen übertragen werden.

#### Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

##### Bau von Windparks

Wie bereits erwähnt, ermöglicht es die Gesetzgebung über die Errichtung von Windkraftanlagen, den Schutz bestimmter Gebiete von biologischem Interesse zu gewährleisten. Wie de Lucas, Janss und Ferrer (2004) jedoch erinnern, bergen einige Windparks aufgrund ihrer Lage eine größere Gefahr. Eines der Interessen des oben beschriebenen Monitorings wäre daher, ein „Bau- und Betriebsschema“ mit möglichst geringen Auswirkungen auf die Biodiversität zu entwickeln.

Es existieren weitere Alternativen, wie die Installation von Leuchtbaken, einem akustischen Abschreckungssystem oder auch das Abschalten von Windkraftanlagen während der Vogelwanderung. Diese erfordern aber die Ausrichtung auf bestimmte sehr spezifische Arten und eine gute Kenntnis ihrer ethologischen und biologischen Eigenschaften (May et al. 2015). Wir können gleichermaßen den Bericht über spezifische Auswirkungen auf die Umwelt zum neuen, 2013 erstellten Referenzrahmen für Windenergie zitieren, in dem die Auswirkungen von Windenergieanlagen und die zu ihrer Vermeidung zu ergreifenden Maßnahmen ausführlich aufgeführt sind (ULg - GemblouxAgroBioTech und ICEDD 2013).

##### Querschnittsmaßnahmen (Ausbau der Stromnetze)

Die einzige Maßnahme, um das Kollisionsrisiko zwischen Vogelwelt und Hochspannungsleitungen mit einem absoluten Wirkungsgrad zu reduzieren, ist die Verlegung von unterirdischen Kabeln. Es ist unwahrscheinlich, dass diese teurere Alternative erhebliche Auswirkungen auf die biologische Vielfalt in der Umwelt haben wird, abgesehen von der Störung, die für ihre Einrichtung erforderlich ist. Der damit verbundene Vorteil kann von größter Bedeutung sein, wenn eine Leitung, die sich in der Mitte einer Flugbahn von Zugvögeln befindet, nicht passend versetzt werden kann.

Unterschiedliche Studien haben ebenfalls Verfahren zur Identifizierung von überirdischen Stromanlagen in Bezug auf Vögel, die mit ihnen kollidieren könnten, entwickelt. Hier sind einige Beispielvorschläge: (Janss und Ferrer 1998); (Derouaux et al., o. D.)

1. Spirale: Ein Metallgerät, das aufgrund des Winddurchgangs ein bestimmtes Pfeifen erzeugt und zudem die Sichtbarkeit verbessert, damit Vögel ihren Durchgang in der Nähe der Stromleitung besser abschätzen können (wirksames Gerät bei Tag und Nacht);

2. Flugzeugbälle: eine Art farbiger Kugeln, die die Sichtbarkeit der Stromleitungen bei Tageslicht verstärken (eine in Belgien verbreitete Lösung);
3. „Firefly“: eine rotierende Kunststoffscheibe mit Reflexionsstreifen.

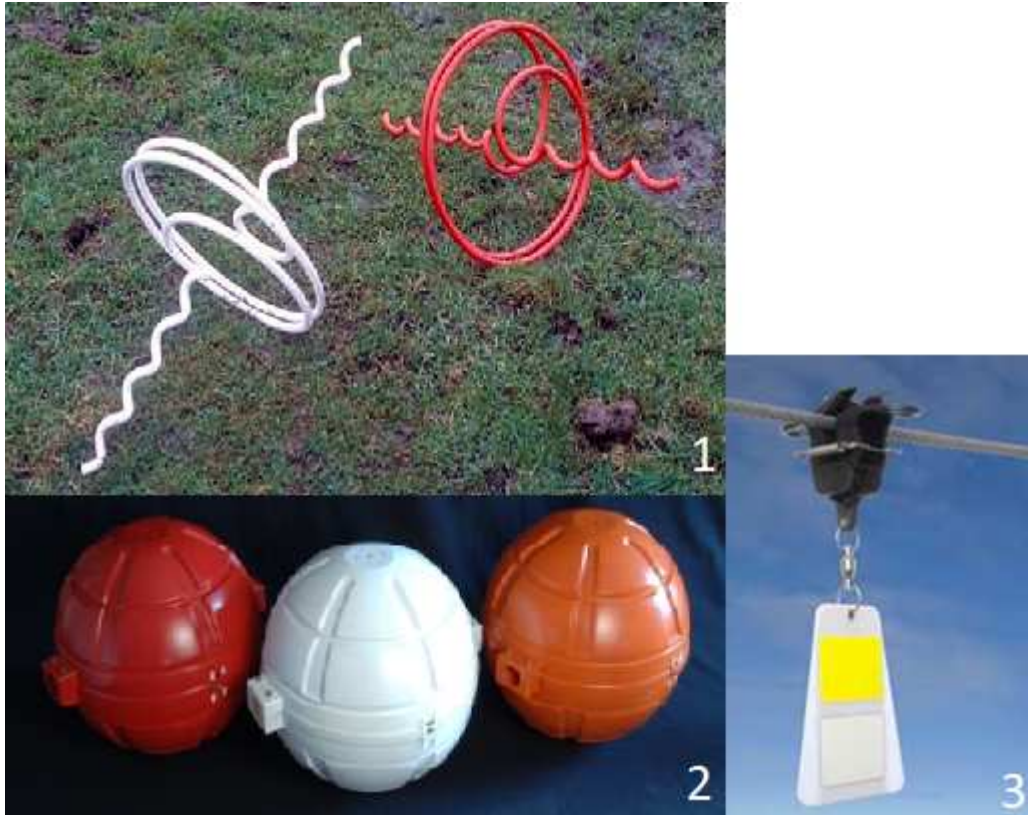


Abbildung 6: Beispiele für Materialien, die es Vögeln erleichtern sollen, Hochspannungsleitungen zu erkennen.

Darüber hinaus sind Initiativen wie das Projekt „LIFE<sup>22</sup>-ELIA“ zu nennen, das darauf abzielt, die Entwicklung der Biodiversität innerhalb der Korridore, die sich durch die Installation von Hochspannungsleitungen bilden, zu fördern. Diese Korridore, in denen nur relativ niedriger Bewuchs möglich ist, bieten somit die Möglichkeit zur Entwicklung von Ökotonen an den Rändern, zur Erhaltung von Freiflächen, zum Graben von Teichen usw. In diesen Bereichen können wir die Bildung von hochwertigen Mikro-Habitaten beobachten, die Teil einer Entwicklungslogik von Dauerhaftigkeit zwischen verschiedenen Bereichen von biologischem Interesse sind. („Life Elia · Das Projekt“ o. D.). In diesen Fällen können Hochspannungsleitungen indirekt für die Entwicklung von Biodiversität nützlich sein.

## Entwicklung erneuerbarer Energien aus Biomasse

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Anbauflächen, die der Energieerzeugung aus Biomasse dienen, verbrauchen viel Platz (siehe Abschnitt 0). Daher ist es von vornherein vorzuziehen, sich auf die Verwendung organischer Abfälle zu Energiezwecken zu konzentrieren anstatt auf die Anbauflächen.

Es ist jedoch festzustellen, dass die Entwicklung der Holzenergie unter bestimmten Bedingungen für die Biodiversität interessant sein könnte. Wir denken hier an die Biokraftstoffproduktion im kleinen Maßstab zur Förderung der lokalen Produktion, welche die natürlichen Vegetationszyklen beachtet.

<sup>22</sup> LIFE : L'Instrument Financier pour l'Environnement/Das Finanzierungsinstrument für die Umwelt

Die Aufnahmefähigkeit eines Bestandes in Bezug auf Fauna und Flora hängt von seiner Arten- und Wuchsvielfalt ab. Ein Wald aus gleichaltriger Monokultur<sup>23</sup> wird ein geringeres Potenzial an Biodiversität und eine geringere allgemeine Widerstandsfähigkeit gegen Schädlinge, Klimastörungen usw. aufweisen. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse werden bestimmte alternative forstwirtschaftliche Verfahren zur Einrichtung von „Plentnerwäldern“, die für die Biodiversität günstiger sind, nach und nach vorangetrieben<sup>24</sup>. Gleiches gilt für die Wiederbelebung alter, im Laufe der Zeit in Vergessenheit geratener Forstpraktiken wie „Mittelwald“. (ÖDW - DGO3 - DEMNA - DEE 2017). Diese Forstpraktiken sind interessant, da sie sich auf die Verwendung von einheimischen, an den angestrebten Bestand angepassten Arten stützen, um so das dynamische Gleichgewicht eines „Naturwaldes“ bestmöglich wiederherzustellen. Das Fällen von bestimmten großen Bäumen ermöglicht es beispielsweise, das Licht durchzulassen, was die Entwicklung der unteren Schicht und die Entwicklung von Mikrohabitaten für endemische Arten fördert. („E. Branquart, 2010“, o. D.)

Diese Funktionsweise findet sich auch in der Wiederherstellung bestimmter typischer ländlicher Fazies (Kopfweiden-Baumreihen, Heckenlandschaft etc.) oder in der Einrichtung von Blühstreifen wieder, die zu wertvollen Elementen innerhalb des ökologischen Netzwerks werden, indem sie hochwertige Verbindungskorridore oder sogar eigenständige Ökotöne bilden.

## Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Gebäuden

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Der PACE sieht eine deutliche Verbesserung der Energieeffizienz wallonischer Gebäude vor. Die Reduzierung des Energieverbrauchs eines Gebäudes hat natürlich viele Vorteile für die Umwelt. Es ist jedoch zu beachten, dass die Außenisolierung von Gebäuden zu einem signifikanten Rückgang der Lebensräume führen kann, die für die Aufnahme von Fledermausarten, einigen überwinternden Schmetterlingsarten, Vögeln oder kleinen Säugetieren, wie dem Lurchen (*Eliomys quercinus*), zur Verfügung stehen.

Dieser Verlust an Nistflächen betrifft vor allem die Populationen von Sperlingen oder wallonischen Fledermäusen. Einige Arten bevorzugen Lebensräume mit geringer Anthropisierung, wie natürliche Hohlräume, aber auch Dächer und Dachböden („Opération Combles & Clochers“). Neue Gebäudestandards neigen dazu, diese von empfindlichen Arten genutzten Räume immer weniger zugänglich zu machen. Auch wenn die Politik der Gebäudesanierung nicht die Ursache für dieses Phänomen ist, so könnte sie es nun verstärken.

### Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden

Zahlreiche Methoden und Kampagnen zur Inventarisierung der in diesem Kapitel erwähnten empfindlichen Arten sind bereits vorhanden. Daher ist es unerlässlich, das Monitoring hierzu fortzusetzen und sogar zu verstärken, um die Auswirkungen der neuen Maßnahmen auf die Populationen vor Ort genauestmöglich beurteilen zu können.

### Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

Neben der Installation bestimmter spezifischer Öffnungen wie der „Fledermauskästen“ oder der Installation spezifischer Fliesen und Gesimse, die den Fledermäusen oder Vögeln wie der Schwarzschnalbe und der Schleiereule einen Durchgang ermöglichen, ist es möglich,

---

<sup>23</sup> Wald mit einem Bestand aus gleichaltrigen Bäumen

<sup>24</sup> Vor allem das System Pro Silva



„Kleinstunterkünfte“, abnehmbare Nistkästen oder Insektenhotels zu installieren, um die Ansiedlung bestimmter Arten zu fördern.



Andererseits könnte ein erhöhtes Bewusstsein oder gar ein finanzieller Anreiz es ermöglichen, geeignete Nistplätze an zentralen Orten in der Wallonie zu errichten. Die Erprobung dieser Vorgehensweise in bestimmten öffentlichen Gebäuden könnte interessant sein, denn damit wird gleichzeitig die Vorbildfunktion der Behörden erfüllt. Diese Lebensräume könnten, in direktem Zusammenhang mit anerkannten Jagdgebieten, zu einem integralen Bestandteil des wallonischen Ökosystems werden, indem sie zu bevorzugten Zählungen oder Zählpunkten werden.

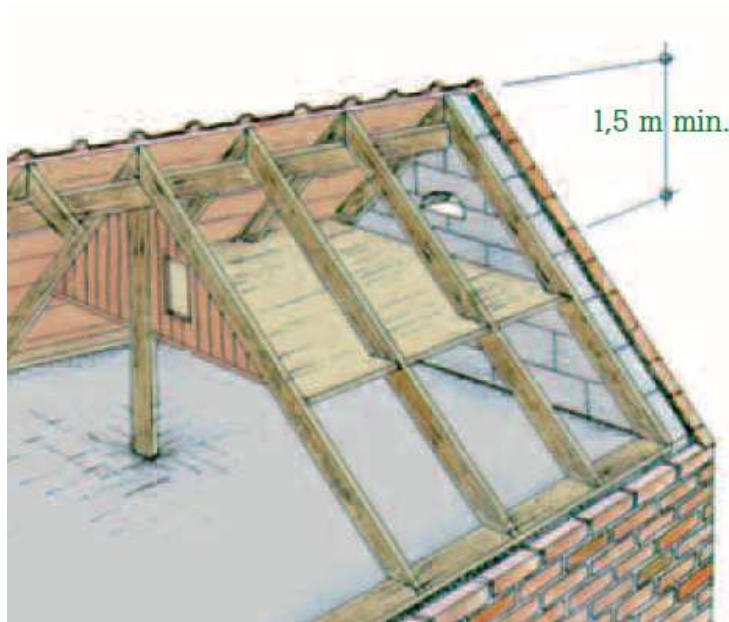


Abbildung 7: Beispiel eines Dachgeschossplans für die Installation von Fledermausgruppen, *Opération Combles et Clochés* (2003)

## Entwicklung der Straßen- und Schieneninfrastruktur sowie der Infrastrukturen in der Nähe von Flughäfen

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Der PACE sieht die Entwicklung bestimmter Mobilitätsinfrastrukturen vor. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Fahrradwege und Park&Ride-Parkplätze, aber potenziell auch um Bahngleise oder sogar neue Straßen oder Auffahrten. Obwohl diese Projekte wahrscheinlich nur einen relativ geringen Umfang haben werden, ist es wichtig, eine Liste mit möglichen Umweltauswirkungen zu erstellen.

Die Entwicklung einer neuen Mobilitätsinfrastruktur führt naturgemäß zur Umstrukturierung und Neugestaltung der betreffenden Gebiete. Diese Situation kann in einigen Fällen der Entwicklung einheimischer Arten förderlich sein, die Pioniere für die offenen Flächen sind. Die Ränder der Bahngleise gelten aufgrund der dynamischen Bewirtschaftung als sehr interessant. Leider wird die so entstandene Fläche oft von verschiedenen invasiven Pflanzenarten besiedelt, die ein viel größeres Ansiedlungspotenzial haben als unsere endemischen Arten. Man denke vor allem an den Japanischen Staudenknöterich (*Fallopia japonica*).

Darüber hinaus führt der Ausbau von Infrastrukturen oft zu einer Denaturierung von Böden und der Zerstörung von Lebensräumen, die für den Aufbau eines tragfähigen und kohärenten ökologischen Netzwerks förderlich sind. Neben dem Verlust von Gebieten und Biotopen ist vor allem die Zerstückelung und Isolierung bestimmter Gebiete von biologischem Interesse problematisch (Bennett und Mulongoy 2006). Unter diesem Gesichtspunkt ist es unerlässlich, an ein Entwicklungsprojekt unter besonderer Berücksichtigung der Biodiversität zu denken. Gegebenenfalls sollten mögliche

Ausgleichsmaßnahmen wie die Schaffung ökologischer Korridore (z. B. Wildbrücken) vorgesehen werden.

## Entwicklung schiffbarer Wasserläufe (Anpassung der Breite durch Ausbaggerung)

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Auch wenn der wallonische Umweltbericht über eine Verringerung der Schadstoffeinleitungen in schiffbare Gewässer berichtet, gilt ihr biologischer Zustand immer noch als beeinträchtigt. Rekultivierte und kanalisierte Wasserstraßen sind in Bezug auf den Verlust der Biodiversität am stärksten betroffen. Die dazugehörigen intensiven industriellen Aktivitäten haben in der Tat eine beträchtliche Menge an toxischen Produkten in ihren Gewässern verteilt (Schwermetalle usw.).

Eine mögliche Ausbaggerung dieser Kanäle läuft Gefahr, die Substanzen, die zum Schluss (zumindest teilweise) innerhalb der Sedimentablagerungen eingeschlossen waren, wieder aufzulösen und freizusetzen. Fauna und Flora können zumindest gelegentlich unter einer Umschichtung von Sedimenten leiden. Die massenweise freigesetzten toxischen Substanzen werden daher wahrscheinlich von den Organismen aufgenommen (Nahrungsaufnahme, Atmung). Die Resuspension von Partikeln kann auch die Lichtmenge reduzieren, die für die Fotosynthese von Wasserpflanzen zur Verfügung steht.

## Auswirkungen auf die Böden

### Einleitung

Die Luftverschmutzung hat negative Auswirkungen auf die Bodenqualität. Schadstoffe, die in die Atmosphäre abgegeben werden (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, NH<sub>3</sub>, Partikel etc.), landen im Wasser (siehe Kapitel Wasserqualität), aber auch im Boden. SO<sub>x</sub>, das durch die Verwendung von schwefelhaltigen Brennstoffen entsteht, und NO<sub>x</sub>, das bei jedem Verbrennungsprozess an der Luft entsteht, sind die Hauptursache für sauren Regen, der bereits in den 1970er-Jahren nordamerikanische und europäische Wälder verwüstete (Pawlowski, Verdier und Lacy 1984). Saurer Regen führt zur Versauerung des Bodens, was dazu führt, dass der Boden einen Teil seiner Fähigkeit verliert, für das Pflanzenwachstum wichtige Elemente freizusetzen (Ca, Mg, K). Ebenso kann die Versauerung des Bodens die Freisetzung von Schwermetallen, die für die Tierwelt und die Zusammensetzung aller Pflanzenarten schädlich sind, erhöhen. Daher wird die im PACE vorgesehene Verringerung der Schadstoffemissionen der Bodenqualität zugute kommen.

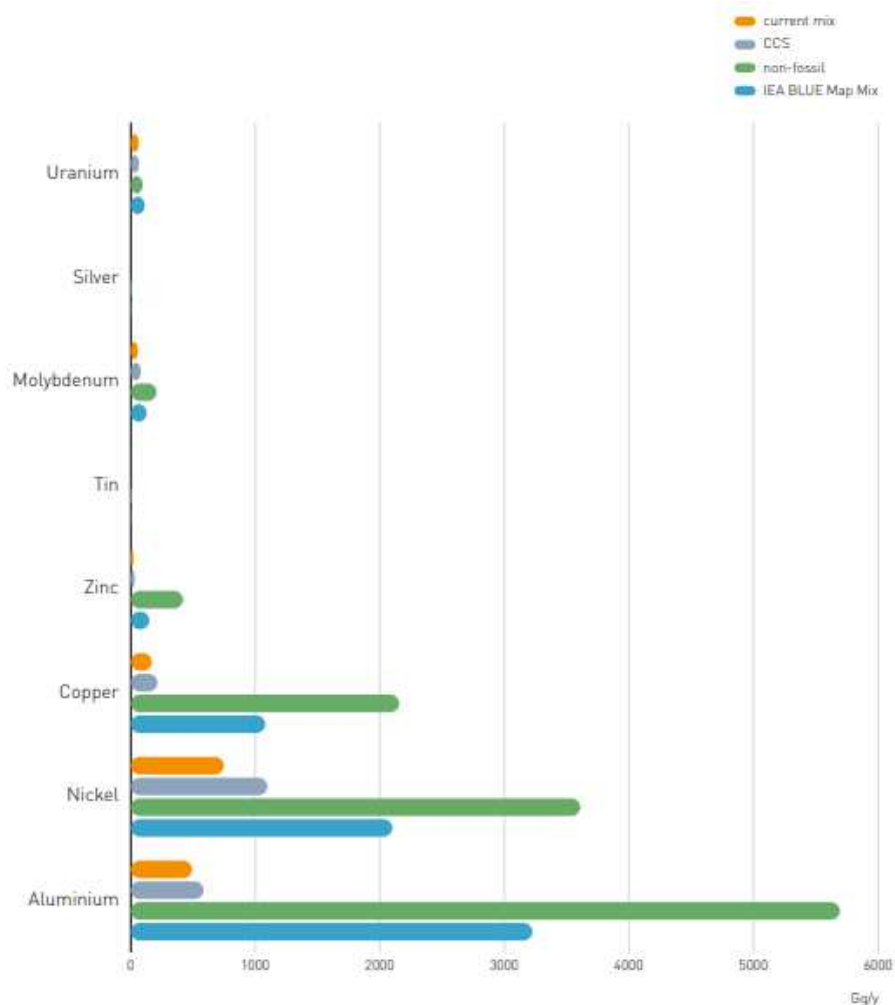
Die Verbrennung von Biomasse wird oft als eine effektive Möglichkeit zur Dekarbonisierung unseres Energiesystems dargestellt, auch wenn ihre Auswirkungen auf die Luftqualität negativ sind (siehe unten). Dieser Begründung liegt die Hypothese zugrunde, dass das bei der Biomasseverbrennung freigesetzte CO<sub>2</sub> von anderen Pflanzen schnell wieder aufgenommen wird und somit nicht in der Atmosphäre verbleibt. Dabei wäre die Klimaneutralität der Biomasseverbrennung gewährleistet. Diese Überzeugung wird jedoch zunehmend von der Wissenschaftsgemeinde infrage gestellt. In einem kürzlich veröffentlichten offenen Brief an das Europäische Parlament äußerten mehrere renommierte Wissenschaftler ihre Besorgnis über die in der neuen Richtlinie über erneuerbare Energien enthaltenen Ziele für die Energieerzeugung aus Biomasse. Ihrer Meinung nach *„wird die Verwendung von Holz, das gezielt für die Verbrennung geschlagen wird, den Kohlenstoff in der Atmosphäre erhöhen und diese über Jahrzehnte oder sogar Jahrhunderte erwärmen“* (Beddington et al. 2018). Im Moment ist die Debatte über dieses Thema nach wie vor lebhaft, aber es ist wichtig, die Entwicklung der wissenschaftlichen Erkenntnisse in diesem Bereich aufmerksam zu verfolgen.

## Entwicklung erneuerbarer Energien und Flexibilisierung des Stromverbrauchs und der Stromerzeugung

Dieser Abschnitt behandelt die Umweltauswirkungen der Maßnahme zur Entwicklung erneuerbarer Energien, mit Ausnahme von Biomasse, und der Maßnahme zur Flexibilisierung des Stromverbrauchs und der Stromerzeugung.

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Der Ausbau der erneuerbaren Energien wird zu einer steigenden Nachfrage nach nicht-metallischen Mineralien und insbesondere nach Lithium und Kobalt (zur Herstellung von Batterien), Kupfer, Nickel, Aluminium aber auch nach seltenen Erden (Neodym, Yttrium etc.) führen. Wir denken dabei insbesondere an die Produktionsmittel (Windkraftanlagen, Fotovoltaikpaneele) und die Energiespeicherung (Lithium-Batterien), aber auch an Technologien im Zusammenhang mit dem Strombedarfsmanagement (Smart Meter, Hausautomation etc.).



**CCS:** current (2007) mix extended with carbon capture and storage on fossil fuel based powerplants

**Non-fossil:** mix of solar, wind and hydropower

**IEA Blue Map:** mix according to Shell Blue Map scenario, including fossil fuels as well as renewable energy sources.

Abbildung 8: Bedarf an gewissen Materialien, die 2007 benötigt wurden, um die Stromerzeugung in verschiedenen Energiemixen zu sichern - Quellen: (van der Voet et al. 2013)

Ein Bericht des UNEP über die zukünftigen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Nutzung mineralischer Ressourcen (van der Voet et al. 2013) hebt den erhöhten Bedarf an Nichteisenmetallen im Energiemix hervor, der auf einem größeren Anteil erneuerbarer Energien basiert (siehe folgende Abbildung). Der im PACE vorgesehene Ausbau der erneuerbaren Energien und die Elektrifizierung der Gesellschaft (insbesondere des Verkehrs) werden daher zu einem erhöhten Verbrauch dieser mineralischen Ressourcen führen, die in den betroffenen Regionen starke Auswirkungen auf die Umwelt haben.

Derzeit gibt es keine Minen mehr, die Nichteisenmetalle aus dem wallonischen Erdreich gewinnen. Folglich wird es keine Umweltauswirkungen bei der Umsetzung des PACE auf wallonischem Boden geben und diese werden im Rahmen dieses Umweltberichts kaum untersucht werden. Dennoch sind sie sehr wohl in den Ländern vertreten, in denen diese Metalle gewonnen werden. Es sei auch daran erinnert, dass jede menschliche Tätigkeit und insbesondere jedes Energiesystem Umweltauswirkungen verursacht, die minimiert werden müssen.

Auch wenn uns die Umweltauswirkungen im Zusammenhang mit der Ausbeutung von Bodenschätzen sehr weit entfernt erscheinen mögen, sei darauf hingewiesen, dass einige Akteure die Wiedereröffnung von Minen in der Wallonie in Betracht ziehen, um Kupfer, Zink oder Blei zu gewinnen. Sollten sich diese Optionen verwirklichen, wären die Umweltauswirkungen eines Mixes, der im Wesentlichen aus erneuerbaren Energie besteht, auf die wallonischen Böden viel bedeutender.

### Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden

Die Überwachung der Nutzung von Bergbauressourcen im Zusammenhang mit dem Energiewandel und den damit verbundenen Umweltauswirkungen könnte im Rahmen der von den regionalen Behörden durchgeführten Materialflussanalyse im Rahmen einer europäischen Berichtspflicht (ÖDW DGO3 2018) erfolgen.

### Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

Auch wenn die mit der Entwicklung erneuerbarer Energien verbundenen mineralischen Ressourcen nicht aus dem wallonischen Boden gewonnen werden, sollte die Entwicklung von Wiederverwendungskreisläufen von Batterien gefördert werden. Batterien, die in mobilen Anwendungen verwendet werden, können, sobald ihre Leistung nicht mehr optimal ist, in stationären Anwendungen wiederverwendet werden.

Zusätzlich zur Wiederverwendung von Batterien wäre es sinnvoll, wenn die Wallonie (genauso wie Belgien und Europa) den Aufbau einer vollständigen Recyclingkette für Batterien fördern würde, um die interessantesten Elemente wie Lithium oder Kobalt zurückzugewinnen. In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, dass Umicore zu einem der weltweit führenden Unternehmen für das Recycling von wiederaufladbaren Batterien geworden ist.

Schließlich kann längerfristig die Forschung zu denjenigen Technologien im Bereich der Energieerzeugung, -speicherung- und -bewirtschaftung, die keine seltenen Erden erfordern, gefördert werden (Larcher und Tarascon 2015). Zu diesem Thema kann auch auf eine Notiz von APERE (APERE o. D.) verwiesen werden.

## Entwicklung der Straßen- und Schieneninfrastruktur sowie der Infrastrukturen in der Nähe von Flughäfen

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Das Kapitel des PACE über Mobilität und Verkehr sieht den Bau von Infrastrukturen wie multimodale Plattformen, Carsharing-Parkplätze, neue Fahrradwege und Einrichtungen der Mobilität von Flughäfen vor. Diese Projekte werden den Anteil an versiegelten Flächen in der Wallonie erhöhen, auch wenn dies ohne Zweifel auf regionaler Ebene wahrscheinlich relativ gering sein wird. Darüber hinaus sind im PACE die Oberflächen dieser neuen Mobilitätsinfrastrukturen nicht genau beschrieben, sodass es nicht möglich ist, ihre Auswirkungen auf den Grad der Bodenversiegelung zu quantifizieren.

2018 machten die Wälder 29,3 % der Fläche aus, gegenüber 28,6 % Ackerland und Dauerkulturen und 23,2 % Grünland und Brachflächen. Versiegelte Flächen bedecken 11 bis 16 % der Oberfläche der Wallonie (IWEPS 2018).

Zwischen 1985 und 2018 wuchsen die versiegelten Flächen um etwa 530 km<sup>2</sup>, das macht etwa 16 km<sup>2</sup>/Jahr. Diese Versiegelung erfolgte hauptsächlich zulasten der landwirtschaftlichen Nutzfläche (IWEPS 2018).

Die Verkehrsinfrastruktur entsprach 2018 68 km<sup>2</sup>, was einem Anstieg von 0,5 km<sup>2</sup>/Jahr seit 1985 entspricht. Bei der Bodenversiegelung ist die Verkehrsinfrastruktur viel weniger beunruhigend als die Veränderungen durch Neubauten, die seit 1985 rund 10,9 km<sup>2</sup>/Jahr beanspruchen (Tabelle 9).

Tabelle 9: Entwicklung der wichtigsten Kategorien der Versiegelung bei der Nutzung des Bodens zwischen 1985 und 2018

| Catégorie principale  | Surface 2018 (km <sup>2</sup> ) | Part de la superficie wallonne 2018 (%) | Evolution 1985-2018 (km <sup>2</sup> ) | Evolution 1985-2018 (%) | Evolution 1985-2018 (km <sup>2</sup> /an) |
|---|---------------------------------|---|--|-------------------------|---|
| Terrains résidentiels   | 1083                            | 6,4                                     | 360,3                                  | 49,8                    | 10,9                                      |
| Terrains occupés par des commerces, bureaux et services                 | 47                              | 0,3                                     | 16,3                                   | 53,2                    | 0,5                                       |
| Terrains occupés par des services publics et équipements communautaires | 183                             | 1,1                                     | 43,0                                   | 30,7                    | 1,3                                       |
| Terrains à usage de loisirs et espaces verts urbains                    | 99                              | 0,6                                     | 12,2                                   | 14,0                    | 0,4                                       |
| Terrains occupés par des bâtiments agricoles                            | 103                             | 0,6                                     | 30,9                                   | 42,9                    | 0,9                                       |
| Terrains à usage industriel et artisanal                                | 175                             | 1,0                                     | 51,7                                   | 41,9                    | 1,6                                       |
| Carrières, décharges et espaces abandonnés                              | 29                              | 0,2                                     | -2,2                                   | -7,0                    | -0,1                                      |
| Infrastructures de transport (sans non cadastré)                        | 68                              | 0,4                                     | 16,6                                   | 32,1                    | 0,5                                       |
| Autres espaces artificialisés   | 2                               | 0,01                                    | 0,8                                    | 51,7                    | 0,0                                       |
| Terrains de nature inconnue (y compris non cadastré)                    | 881                             | 5,2                                     | 95,8                                   | 12,2                    | 2,9                                       |

Source : SPF Finances/AGDP- Base de données Bodem/Sol au 1er janvier 1985, 1990, 1995, 2000 et de 2002 à 2018 ; Nomenclature CPDT-DGO3-IWEPS ; Calculs IWEPS, 2018.

Die negativen Auswirkungen der Bodenversiegelung sind vielfältig: Verlust von natürlichen und landwirtschaftlichen Ressourcen, Abdichtung des Bodens, Störung des natürlichen Wasserkreislaufs und Fragmentierung der natürlichen Lebensräume (ÖDW- DGO3 - DEMNA - DEE 2017).

### Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden

Die Methodik zur Evaluierung der Auswirkungen der Bodenversiegelung wird von vielen Faktoren abhängen, die von Fall zu Fall gemessen werden müssen. Zu den wichtigsten zu berücksichtigenden Elementen gehören:

- Die Gesamtoberfläche, die von dem Projekt betroffen ist
- Ursprüngliche Nutzung des Bodens vor der Umsetzung des Projekts
- Die Bodenart (Bodenqualität gemäß der wallonischen Bodenkarte)

Das Hauptkriterium für die Auswirkungen des Projekts ist natürlich der Ursprungszustand der Bodennutzung im von dem Projekt betroffenen Gebiet. Im Falle von Ackerland oder nicht versiegeltem Land werden die Auswirkungen viel negativer sein als im Falle von bereits versiegeltem Land, das umgewandelt wird. Die Auswirkungen werden umso negativer sein, wenn die Bodenqualität sich für die Landwirtschaft eignet oder wenn das Land für den Naturschutz von Interesse ist.

Hauptkate  
Wohnbau  
Grundstü  
Unterneh  
Dienstleist  
werden  
Grundstü  
öffentliche  
Gemeinsch  
genutzt w  
Erholungs  
städtische  
Flächen,  
landwirtsch  
Gebäuden  
Grundstü  
und handw  
Steinbrüch  
verlassene  
Verkehrsin  
nicht kata  
andere ve  
Gelände  
(auch nich  
BU:  
Finanzen/  
Datengrun  
am 1. Jan  
von 2002  
Horizontal  
Oberfläche  
Anteil  
Oberfläche  
Entwicklun



## Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

Die erste Maßnahme, die zur Verringerung der Bodenversiegelung in Betracht gezogen wird, besteht natürlich darin, diese zu vermeiden, indem man schonend mit dem Gebiet umgeht. Zu diesem Zweck schlägt das RES vor, den Verbrauch von nicht-denaturierten Flächen (0 km<sup>2</sup>/Jahr bis 2050 und 6 km<sup>2</sup>/Jahr bis 2025, d. h. die Hälfte der derzeit verbrauchten Hektar bis 2025) zu reduzieren, das Gebiet wiederaufzubereiten und brachliegende Flächen aufzuwerten sowie Gebäude wiederzuverwenden, Baulücken zu nutzen und, solange diese Baulücken unbesetzt sind, die Verstädterung von Gebieten für die konzertierte kommunale Raumplanung einzufrieren, die gezielte Verdichtung zu fördern, die Verstädterung der Grüngürtel zu stoppen, technische Einrichtungen und Infrastrukturen nicht auf zentrifugale Art und Weise zu erweitern sowie entwicklungsfähige Gebäude und öffentliche Räume zu entwerfen.

Wenn Infrastrukturen wie multimodale Plattformen, Parkplätze, neue Fahrradwege und Einrichtungen der Flughafenmobilität nur auf noch nicht erschlossenen Gebieten gebaut werden können, sollten ihre negativen Auswirkungen möglichst gering gehalten werden, insbesondere, indem man die Auswirkungen in Bezug auf die Versiegelung (Wahl der semipermeablen Oberflächen, Bau von Regenauffangbecken usw.) oder auf den Verlust von landwirtschaftlichen Flächen mit guter Bodenqualität ausgleicht.

## Entwicklung erneuerbarer Energien (Tiefengeothermie)

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Der PACE sieht die Entwicklung der Geothermie zur Erzeugung von erneuerbarer Wärme und in geringerem Maße von erneuerbarer Elektrizität vor. Die Erzeugung von geothermischer Energie kann über Wärmepumpen mit einer thermischen Ressource in geringer Tiefe oder über tiefe Brunnen zur Warmwasserbereitung energetisch genutzt werden, wie es bereits in der Region Mons der Fall ist, wo die Brunnen bis zu 2000 Meter tief sind. Mit der Tiefengeothermie kann auch Strom gewonnen werden, entweder durch direkte Nutzung des im Untergrund vorhandenen Wassers und heißen Dampfes (wie in Italien oder Island) oder über ORC-Zyklen (Organic Rankine Cycle), wenn das Wasser im Erdwärmespeicher nur zu niedrigen Temperaturen verfügbar ist.

Tiefe geothermische Brunnen können Warmwasser nutzen, das direkt verfügbar ist; hier spricht man von einer hydrothermalen Produktion. Sie können auch den Einsatz von hydraulischer Rissbildung (oder *Fracking*) erfordern. In diesem Fall wird das Gestein zunächst gebrochen, um den Kreislauf von Wasser zu ermöglichen, das sich durch den Kontakt mit den heißen Gesteinen erwärmt. Diese werden als petrothermale Projekte oder EGS (Enhanced Geothermal System) bezeichnet. Ein erstes Projekt dieser Art in Europa ist nun in Soultz-sous-Forêt im Elsass mit einer Stromerzeugungskapazität von 1,5 MW, die ins Netz eingespeist wird, in Betrieb. In der Schweiz, in der Region Basel, hingegen verursachte das Projekt EGS Deep Heat Mining 2006 ein Erdbeben der Stärke 3,4 auf der Richterskala, das zur Schließung führte.

Im Rahmen dieses Umweltberichts und in Ermangelung anderer Angaben im PACE gehen wir davon aus, dass alle Tiefgeothermieprojekte in der Wallonie keine hydraulische Frakturierungstechnologie einsetzen werden.

Die Wärmeerzeugung durch Niedertemperaturgeothermie über Wärmepumpen in weniger als 100 Metern Tiefe stellt kein besonderes seismisches Risiko dar (siehe z. B. „Seismisches Risiko - Geothermie“ o. D.). Andererseits kann die Nutzung von geothermischen Lagerstätten in größeren Tiefen (von 1000 bis 5000 Metern Tiefe) seismische Risiken bergen. Obwohl dieses Risiko relativ gering erscheint, weist eine vom ÖDW DGO4 (Ecorem, Vito und Belgischer Geologischer Dienst 2011) in Auftrag gegebene Studie darauf hin, dass die Studien über besondere Auswirkungen im

Zusammenhang mit spezifischen Geothermieprojekten die folgenden über- oder unterirdischen Anlagen berücksichtigen müssen:

- ◉ Anlagen, die ein nukleares Risiko darstellen
- ◉ Seveso klassifizierte Werke (Schwellenwerte 1 und 2)
- ◉ Wichtige Gas- und Wasserleitungen und Pipelines
- ◉ Brücken, Viadukte, Kanäle, Bootslifte etc.
- ◉ Staudämme.

Diese Studie zitiert auch die Probleme, die durch vertikale Bodenbewegungen verursacht werden (man spricht von Absenkung beim Einsturz des Bodens oder Anheben, im gegenteiligen Fall). Die Veränderung des Untergrunddrucks und insbesondere der entnommenen Wassermengen kann zu Absenkungsphänomenen führen. Diese Phänomene sind potenziell von größerer Bedeutung, wenn Wasser nicht wieder in den Boden eingespritzt wird, nachdem es seine Wärmeenergie abgegeben hat. Es sei darauf hingewiesen, dass dies die Situation in der Region Mons ist, wo geothermische Brunnen „Simplets“ sind, während die Mehrheit der weltweit genutzten geothermischen Brunnen „Dubletten“ sind. Dubletten sind Doppelbrunnen, ein erster Brunnen dient der Entnahme von heißem Wasser aus dem Boden, ein zweiter Brunnen der Rückführung von gekühltem Wasser in den Boden. Im Fall Mons scheint die Verwendung eines Simplets kein Problem zu sein, da der geothermische Speicher durch Niederschläge auf natürliche Weise wieder aufgefüllt wird („IDEA - Le Bassin de Mons“ o. D.).

#### Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden

Wie in der Studie über die Hindernisse für die Tiefengeothermie in der Wallonie (Ecorem, Vito und Belgischer Geologischer Dienst 2011) vorgeschlagen, könnte die Seismizität, die durch die Nutzung eines geothermischen Speichers hervorgerufen wird, mit der in El Salvador entwickelten sogenannten „Ampelmethode“ überwacht werden.

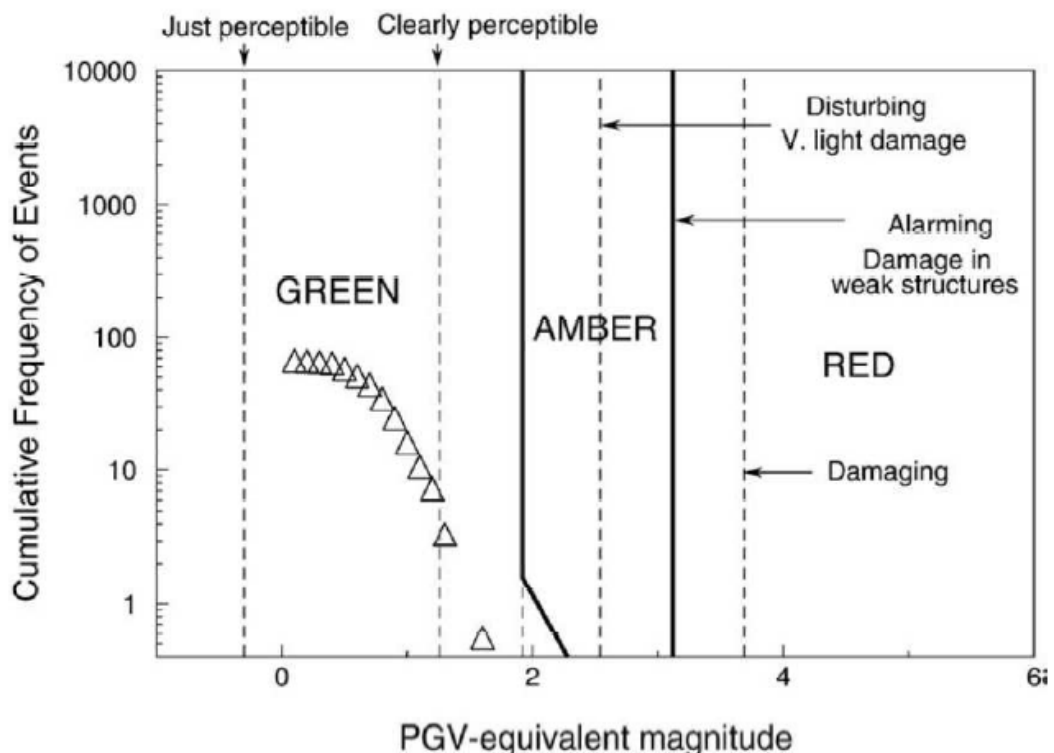


Abbildung 9: Ampeln zur seismischen Überwachung eines geothermischen Betriebs in El Salvador



In dieser Abbildung können wir 3 seismische Bewegungszonen unterscheiden:

- ⦿ die grüne Zone, Bewegungen, die für den Menschen nicht wahrnehmbar sind, erfordern keine besonderen Maßnahmen des Bedieners;
- ⦿ Die gelbe Zone, in der seismische Bewegungen ohne besondere Gefahr deutlich wahrnehmbar werden. Von diesem Bereich aus muss der Betreiber sein System der Warmwasserentnahme/Einspeisung anpassen;
- ⦿ Die rote Zone entspricht einer Stärke, bei der Schäden an benachbarten Gebäuden festgestellt werden.

Es ist auch zu beachten, dass die genaue Abgrenzung der grünen, gelben und roten Zonen der „Ampel“-Methode entsprechend den seismischen Merkmalen der Gebäude, die über den geothermischen Nutzungszonen errichtet wurden, erfolgen muss.

Laut (Ecorem, Vito und dem Belgischen Geologischen Dienst 2011) kann die Überwachung von Senkungsphänomenen entweder durch herkömmliche geodätische Nivellierung oder durch Radarinterferometrie per Satellit erfolgen. Im ersten Fall geht es darum, die Relativbewegung bestimmter Grenzen oder Referenzpunkte in regelmäßigen Abständen genau zu überwachen. Die Radarinterferometrie per Satellit ermöglicht es, Bodenbewegungen über Reflektoren zu überwachen, die auf bestimmten Referenzelementen wie Dächern platziert sind.

#### Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

Wenn die Wallonie beschließt, ihr geothermisches Potenzial zu entwickeln, ist der beste Weg, seismische Risiken so weit wie möglich zu begrenzen, auf die geothermische Dublettentechnik zurückzugreifen und keine hydraulische Frakturierung anzuwenden (es sei darauf hingewiesen, dass Soultz keine seismischen Probleme zu haben scheint => Interesse an der Entwicklung von „weichen“ Stimulationsmethoden siehe (Huenges et al. 2013). Ebenso ist eine regelmäßige Überwachung der induzierten seismischen Aktivität (siehe oben) erforderlich.

### Entwicklung erneuerbarer Energien aus Biomasse

Der PACE prognostiziert einen Anstieg des Verbrauchs von Biomasseenergie in der Wallonie auf etwas mehr als 3.000 GWh. Diese Biomasseenergie kann aus pflanzlichen oder tierischen Abfällen oder aus biogenen Werkstoffen (Holz und Sonderkulturen wie Raps oder Rüben) gewonnen werden. Biogene Werkstoffe benötigen für ihre Herstellung große Flächen. Andererseits kann man davon ausgehen, dass die Auswirkungen der Verwendung organischer Abfälle auf die Raumnutzung sehr begrenzt sind.

Es sei darauf hingewiesen, dass der PACE nicht eindeutig beschreibt, wie hoch die Anteile von Abfall und von biogenen Werkstoffen zur Erreichung dieses Ziels sein werden. In Ermangelung genauerer Informationen gehen wir davon aus, dass die Hälfte des im PACE vorgesehenen Anstiegs der Biomasseenergie aus diesen biogenen Werkstoffen (Land- oder Forstwirtschaft) stammt.

Der Umwandlungsertrag des solaren Stroms in Biomasseenergie ist gering und die für diese Produktion genutzten Flächen sind daher bedeutend. In unseren Breitengraden spricht APERE für einen einfallenden Sonnenstrom von 1000 GWh/km<sup>2</sup>/Jahr von einer Produktion von Primärenergie in Form von Biomasse von 6 GWh/km<sup>2</sup>/Jahr (APERe 2014). Es sei darauf hingewiesen, dass dieser Ertrag je nach Art der Pflanzenproduktion nicht nennenswert variiert. Die Umwandlungseffizienz des Sonnenstroms in Primärenergie durch Fotosynthese entspricht daher 0,6 %. Zum Vergleich: Die Umwandlungseffizienz der Solarenergie durch Fotovoltaikpaneele liegt bei fast 20 % und ist damit 33 mal höher.

Soll diese Primärenergie in Strom umgewandelt werden, muss sie in einem Kessel oder Motor mit einer Effizienz von nahezu 35 % verbrannt werden. Die Stromerzeugung aus primärer Biomasse hat damit eine Gesamteffizienz von rund 0,2 %. Im Falle der Stromerzeugung liegt das Verhältnis zwischen Fotovoltaik und angebaute Biomasse in Bezug auf die Effizienz bei nahezu 100.

Mit diesen Zahlen kann geschätzt werden, dass die Produktion von 1.500 GWh zusätzlicher biogener Primärenergie die Nutzung einer land- und forstwirtschaftlichen Fläche (hierfür vorgesehene Kulturen und Holzproduktion) rund 250 km<sup>2</sup> in der Wallonie oder im Ausland (entspricht 1,5 % der wallonischen Fläche) erfordert. Es sei darauf hingewiesen, dass bei diesen Schätzungen die zusätzlichen landwirtschaftlichen Flächen nicht berücksichtigt werden, die erforderlich sein werden, um das Ziel von 14 % Biokraftstoff für den Straßenverkehr zu erreichen, soweit es sich um eine Maßnahme im Zuständigkeitsbereich der föderalen Ebene handelt.

Dedizierte Kulturen (in Belgien hauptsächlich Raps und Rüben) unterliegen intensiven landwirtschaftlichen Praktiken, die sich negativ auf die Bodenqualität auswirken. Sie bewirken eine Verdichtung und Zerstörung des Bodens, aber auch einen Verlust seiner Fähigkeit, Kohlenstoff zu binden (Prosenole, o. D.).

Darüber hinaus machen intensive Monokulturen die Böden anfälliger für Wassererosion (bei starken Regenfällen und vor allem bei Kulturen, die den Boden schlecht abdecken) (Kathleen Gillijns und Gérard Govers 2005).

Bei Rüben bleibt eine gewisse Menge an Erde an den Wurzeln haften, wenn sie entfernt wird, zusätzlich zu den Erdklumpen, die von den Maschinen aufgenommen werden können. Im Gegensatz zur Erosion durch Wasser und zur Erosion durch die Bearbeitung des Bodens, hängt die Intensität dieses Abbauprozess nicht von der Topografie ab (Kathleen Gillijns und Gérard Govers 2005).

### **Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden**

Um die Auswirkungen der Produktion der extra zu diesem Zweck angebauten Biomasse auf den Boden zu messen, ist es sinnvoll, den verwendeten Mengen der Biomasse und der hierfür benutzten land- und forstwirtschaftlichen Flächen nachzugehen.

Ebenso wird es wichtig sein, die Entwicklung der wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Effizienz der Nutzung von Biomasse – als Energie zur Begrenzung der Treibhausgasemissionen - zu verfolgen. Wie in der Einleitung zu diesem Abschnitt des Umweltberichts erwähnt, wird die Klimaneutralität der Biomasseenergie zunehmend diskutiert, ganz zu schweigen von den Auswirkungen auf die Luftqualität bei der Verbrennung.

### **Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen**

Aufgrund der geringen Energieeffizienz der Fotosynthese ist die hohe Flächennutzung für die Energieerzeugung aus Biomasse ein unüberwindliches Hindernis. Eine der ersten Maßnahmen, die in Betracht gezogen werden sollte, um die Auswirkungen der Energieerzeugung aus Biomasse zu begrenzen, besteht darin, die Verwendung von Abfällen gegenüber biobasierten Rohstoffen zu bevorzugen. Dies ist die Empfehlung der oben genannten Wissenschaftlergruppe in ihrem offenen Brief an das Europäische Parlament. Diese Lösung hängt jedoch natürlich von der Qualität des Ausgangsabfalls, seiner Verarbeitungsmethode (Kompostierung, Biomethanisierung usw.) und davon ab, dass sich in den Rückständen keine potenziell schädlichen Verbindungen befinden.

Über diesen Weg hinaus (Erhöhung des Anteils von Abfall an der insgesamt genutzten Biomasseenergie) können wir uns fragen, welche Bedeutung es hat, so hohe Ziele zur Erhöhung der Biomasseenergie zu verfolgen. Da die Umwandlungseffizienz des Sonnenstroms durch Fotovoltaikmodule 25 bis 30 mal höher ist als die der Fotosynthese, würde die Produktion der 3.000

GWh Energie – die oben erwähnte primäre Biomasse durch Fotovoltaikmodule – 25 bis 30 mal weniger Platz benötigen als Kulturen zur Biomasseerzeugung.

Es sei jedoch daran erinnert, dass Energie aus Biomasse zwei wichtige Vorteile gegenüber anderen Verfahren zur Erzeugung erneuerbarer Energien hat. Einerseits ist sie im Gegensatz zur Solar- und Windenergie leicht zu speichern. Andererseits kann Energie aus Biomasse in bestimmten industriellen Anwendungen genutzt werden, die Flammen mit hoher Temperatur erfordern. Unter diesen Bedingungen ist unsere Empfehlung, den Verbrauch von Biomasse aus Abfall zu fördern und ihn in Anwendungen zu bevorzugen, in denen die beiden oben genannten Vorteile entscheidend sind. Wir denken dabei insbesondere an die Anlagen zur Stromerzeugung, die zur Absicherung des Stromnetzes eingesetzt werden, aber auch an bestimmte industrielle Prozesse, die Flammen mit sehr hohen Temperaturen erfordern.

Bei der Einfuhr von ausländischem aus Biomasse erzeugtem Strom ist es notwendig, die Nachhaltigkeitskriterien für die Erzeugung von Energie aus Biomasse gemäß Artikel 29 der neuen Richtlinie ‚erneuerbare Energien‘ (Europäisches Parlament und Rat 2018) strikt einzuhalten und zumindest unabhängig zu überwachen.

Schließlich wird die Stromerzeugung aus Biomasse mit geeigneten Verfahren und Maschinen durchgeführt, die es ermöglichen, die Störung der Oberflächenschichten des Bodens zu verringern. Ebenso sollte eine exzessive Ausbeutung von Holzschlag vermieden werden, deren natürliche Zersetzung für die Gesundheit der Waldböden und die biologische Vielfalt von wesentlicher Bedeutung ist.

## Auswirkungen auf das Grundwasser und die Oberflächengewässer

### Einleitung

Dieser Abschnitt des Umweltberichts befasst sich mit den Auswirkungen auf Oberflächen- und Grundwasser. Erstere sind definiert als Wasserkörper, die in direktem Kontakt mit der Luft stehen, im Gegensatz zum Grundwasser.

Sowohl die qualitativen als auch die quantitativen Aspekte der Wasserkörper müssen berücksichtigt werden.

*„Ihre Qualität wird beeinflusst durch die Ablagerungen aus der Luft, die Menge und Art der Sedimente sowie die Qualität der Böden oder versiegelte Oberflächen, über die der Niederschlag fließt oder durch die er sickert. Andererseits wird es durch häusliche, landwirtschaftliche und industrielle Einflüsse von organischer Substanz, verschiedenen Nährstoffen (Stickstoff, Phosphor etc.) und mehreren Mikroverunreinigungen (metallische Spurenelemente, Pestizide, Kohlenwasserstoff etc.)“ (ÖDW - DGO3 - DEMNA - DEE 2017) verändert.*

Der Bericht über den Zustand der wallonischen Umwelt (ÖDW - DGO3 - DEMNA - DEE 2017) untersucht die Komponente „Wasser und Wasserumgebung“ auf verschiedenen Ebenen, darunter: Durchflussmenge, biologischer Zustand der Oberflächenwasserkörper, abgegebene Schadstoffbelastungen, Eutrophierung, stickstoffhaltige Stoffe, organische Schadstoffe, Mikroschadstoffe, hydromorphologische Eigenschaften, Schwebstoffe im Oberflächenwasser, Sedimente (in Flüssen und Wasserwegen), Nitrat- und Pestizidgehalt im Grundwasser.

### Reduzierung der SO<sub>x</sub>-, NO<sub>x</sub>-, PM<sub>2,5</sub>- und CO<sub>2</sub>-Emissionen mobiler und ortsfester Quellen

Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Die hier behandelten Maßnahmen gelten der Reduzierung von SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, PM<sub>2,5</sub>, CO<sub>2</sub> und anderen Emissionen, sowohl im Verkehrssektor als auch aus stationären Quellen. Dazu gehören Umweltzonen (Low Emission Zone oder LEZ), das schrittweise Verbot der umweltverschmutzendsten Fahrzeuge, die Ökologisierung des Fuhrparks, Emissionsgrenzwerte für Verbrennungsanlagen von 100 kW bis 1 MW, den Anforderungen in Bezug auf Emissionen in der Industrie.

Die Umweltauswirkungen dieser Maßnahmen auf die Komponente „Wasser“ spiegeln sich in einer Abnahme der atmosphärischen Deposition im Wasser wider. Die Auswirkungen insgesamt dieser Maßnahmen sind daher positiv.

Die Emission von Schwefel- und Stickoxiden trägt zur Bildung von saurem Regen bei. Sie verringern die Wasserqualität und verschmutzen aquatische Ökosysteme. Die Reduzierung dieser Emissionen ermöglicht es daher, diesen Zustand zu verbessern.

Einige Industrieanlagen und Fahrzeuge, wie beispielsweise dieselbetriebene, können Stickstoffverbindungen in die Atmosphäre abgeben. Diese Ablagerungen aus der Luft werden zu den Hauptquellen der Verschmutzung der aquatischen Umwelt (Einleitung von Abwässern, Ausbringung und Abfluss von landwirtschaftlichem Dünger, Veränderungen der Landnutzung) hinzugefügt und tragen zum Problem der Eutrophierung bei. Dieser komplexe Prozess kann bei einigen Wasserpflanzen zu einem abnormalen Wachstum führen. Der Abbau dieser neuen organischen Substanz durch Zersetzung von Organismen führt zu einer Verringerung des Sauerstoffgehalts des Wassers (Episoden von Hypoxie oder sogar Anoxie), was zum Tod vieler Organismen führen kann. In diesen Endstadien beeinflusst der Eutrophierungsprozess grundlegend das Funktionieren aquatischer Ökosysteme. Die Eutrophierung von Gewässern kann auch ihre Nutzungsmöglichkeiten (insbesondere Angeln und Baden) beeinträchtigen (ÖDW - DGO3 - DEMNA - DEE 2017). Die Reduzierung dieser Emissionen durch höhere Auflagen wird sich daher auch unter diesem Gesichtspunkt positiv auswirken. Es ist zu beachten, dass die atmosphärische Deposition von eutrophierendem Stickstoff auch auf den Böden stattfindet.

Die Verringerung des Einsatzes fossiler Brennstoffe führt auch zu geringeren Emissionen insbesondere von Quecksilber, Kadmium und PAK. (EEA 2018b). Jedoch können diese chemischen Verbindungen durch Ablagerung in die Gewässer gelangen und aufgrund ihrer Toxizität die Wasserqualität beeinträchtigen.

## **Reduzierung der NH<sub>3</sub>-Emissionen in der Landwirtschaft**

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Verschiedene Maßnahmen, die sich auf die NH<sub>3</sub>-Emissionen im Agrarsektor auswirken, sind im PACE enthalten. Dazu gehören Emissionen von Mineraldünger, Emissionen aus Viehdung, Emissionen bei Spitzenwerten der Luftverschmutzung und Emissionen aus Stallungen.

NH<sub>3</sub>, das aus verschiedenen Quellen stammt, kann sich in Gewässern wiederfinden, aufgrund starker Niederschläge, direkter Einleitungen oder durch Abflüsse. NH<sub>3</sub> trägt zum sauren Regen und zur Eutrophierung der aquatischen Umwelt bei.

Darüber hinaus kann eine übermäßige Zufuhr von stickstoffhaltigen Düngemitteln dazu führen, dass das Grundwasser nicht mehr trinkbar ist (Überschreitung der Grenze der Nitratkonzentration) (ÖDW - DGO3 - DEMNA - DEE 2017).

Wieder einmal ermöglicht es die Reduzierung dieser Emissionen, diese negativen Auswirkungen (Versauerung, Eutrophierung) auf die Umwelt zu reduzieren.

## **Entwicklung der Straßen- und Schieneninfrastruktur sowie der Infrastrukturen in der Nähe von Flughäfen**



### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Die hier analysierten Maßnahmen beinhalten auch solche, die eine Ausweitung der versiegelten Oberfläche im Bereich von Straßen, Schienen und in der Nähe von Flughäfen vorsehen. Diese Maßnahmen sehen vor allem die Schaffung von neuen Busspuren, Park&Ride-Plätzen, Fahrradwegen sowie die Infrastruktur rund um Flughäfen (neue Verbindungsstraße, zusätzliche Auffahrten) vor.

Diese Bodenversiegelung, kann, selbst wenn sie im Rahmen der PACE-Maßnahmen begrenzt ist, negative Auswirkungen auf die Umwelt haben. Belgien ist jedoch bereits heute eines der EU-Länder mit den höchsten Versiegelungsdichte (ÖDW- DGO3 - DEMNA - DEE 2017). Darüber hinaus ist diese Versiegelung oft über mehrere Generationen hinweg irreversibel (ÖDW (m) - DGO3 - DEMNA - DEE 2017).

Wenn ein Boden wasserdurchlässig ist, erfüllt er viele Funktionen, darunter die Aufnahme von Regenwasser, die Speicherung, die Filterung und ein langsames Abfließen. Dadurch reduziert sich das Risiko von Überschwemmungen und Dürren und reguliert den Wasserfluss (EU-Kommission 2012). Ein solcher Boden verringert das Risiko von Überschwemmungen durch eine verzögerte Rückführung von Regenwasser in die Flüsse (ICEDD, Brussels Environment 2019). Die Versiegelung von Böden reduziert den Anteil des Niederschlagswassers, das in das Grundwasser eindringen und zum Auffüllen des Grundwassers beitragen kann (Brussels Environment 2015b). Wenn abfließendes Wasser auf mit Schadstoffen belastete undurchlässige Oberflächen trifft, kann dieses belastete Wasser schließlich in das Grundwasser gelangen (durch Versickerung auf durchlässigen Böden) (Brussels Environment 2015b).

Folglich kann der Bau dieser neuen versiegelten Oberflächen, in einem ohnehin schon hochgradig versiegelten Gebiet, in dem jedoch die von den Maßnahmen betroffene Fläche begrenzt bleibt, zu negativen Umweltauswirkungen führen.

#### Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

In Bezug auf die Versiegelung (über neue Straßen usw.) gibt es Lösungen zur Ableitung (oder Rückgewinnung) von Abflusswasser und die Auswirkungen der Versiegelung können durch den Einsatz bestimmter durchlässiger Materialien sowie die Entwicklung der Infrastruktur/Grünflächen (ÖDW - DGO3 - DEMNA - DEE 2017) gemildert werden. Es lassen sich drei Hauptkategorien von durchlässigen Belägen unterscheiden: harte Oberflächen (Flächen mit Asphalt-, Beton- oder Asphalt aus pflanzliche Rohstoffen, die durchlässig sein können, wenn die intergranulären Räume zwischen den großen Teilchen nicht mit den kleinsten gefüllt werden können), modulare Beläge (undurchlässig, aber mit Abstand voneinander und mit einer Drainage als Zwischenschicht), lose Beläge (sehr feine Körnigkeit wie z. B. Sand oder Rinde) (ICEDD, Brüsseler Umwelt 2019). So könnten beispielsweise für neue Parkhäuser, für Wabenverbundplatten/-pflaster oder Sand/Kies bevorzugt werden, da sie zusätzliche Vorteile für die einfache Permeabilität (Entwicklung der Flora) bieten.

### **Entwicklung schiffbarer Wasserläufe (Anpassung der Breite durch Ausbaggerung)**

#### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Vorgesehen ist eine Ausbaggerung bis zu den früheren Tiefen und Rändern der insgesamt 450 km Wasserstraßen (auch die Entsorgung von Sedimenten ist eingeplant).

Baggerarbeiten können vergrabene Sedimente, die verunreinigt sein könnten (EEA 2018a), durcheinanderwirbeln, und es scheint unmöglich, sie während dieser Arbeiten vollständig zu räumen. An einigen Orten wurden in der Vergangenheit viele Schadstoffe in Gewässer eingeleitet. Werden die Arbeiten in der entsprechenden Tiefe durchgeführt, können diese alten Schadstoffe wieder ins Wasser gelangen.

Diese Baggerarbeiten können zu einem erhöhten Gehalt an Schwebstoffen in Gewässern führen. Darüber hinaus haben diese Maßnahmen das Ziel, die Binnenschifffahrt zu fördern, was die Menge der Schwebstoffe weiter erhöhen könnte. Diese Partikel können umweltschädlich sein und die Wasserqualität negativ beeinflussen und Ökosysteme stören (ÖDW - DGO3 - DEMNA - DEE 2017).

Laut der Société des parcs industriels Sorel-Tracy 2003, die sich auf die Arbeit von Environment Canada über Methoden und Ausrüstungen bei Ausbaggerungen bezieht, würden zwischen 2 und 25 % der Baggermenge in der Umgebung der Baggerarbeiten freigesetzt (je nach verwendeter Methode). Wenn beispielsweise das Baggerwerkzeug den Boden berührt oder die Sedimente anhebt, kann ein Teil davon freigesetzt werden (Studien- und Beobachtungsgruppe zu Baggerarbeiten und Umwelt 2012). Dies kann auch durch die Ableitung von mit Feinstaub belastetem Wasser (z. B. Überlauf) oder durch anschließende Remobilisierung (Hochwasser) geschehen (Studien- und Beobachtungsgruppe zu Baggerarbeiten und Umwelt 2012).

Darüber hinaus können auch der Transport, die Behandlung und Entsorgung von Baggerschlamm Auswirkungen auf die Wasserqualität haben. Die Maßnahme sieht jedoch vor, dass der Schwerpunkt auf der Verwertung von Baggerschlamm liegt.

#### Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden

Es könnten Messungen der in das Wasser freigesetzten Sedimentmengen, der Schwebstoffe und der Wasserqualität in der Nähe von Baggerarbeiten durchgeführt werden.

#### Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

Im Hinblick auf die Baggerarbeiten sollte man idealerweise eine Methode wählen, die so wenig Sedimente wie möglich in das Wasser einleitet, und die eine ganze Reihe bewährter Verfahren berücksichtigt, bei denen der Umgang mit Baggerschlamm geringe Auswirkungen auf die Wasserqualität hat. Dies kann insbesondere durch die strikte Einhaltung der Schlammkategorien erfolgen (A und B in Bezug auf die Konzentration von Mikroverunreinigungen und den höchstzulässigen Gehalt (MAC) und den Sicherheitsgehalt (SG), wie sie in der Verordnung der wallonischen Regierung vom 30. November 1995 über den Umgang mit Materialien, die infolge von Baggerarbeiten aus dem Bett und den Ufern von Flüssen und Gewässern entfernt wurden, definiert sind). Zudem sollte man auf die Art und Weise, in der der Schlamm behandelt und transportiert wird, achten und auch das Recycling fördern. Es sei darauf hingewiesen, dass dies in der Maßnahme vorgesehen ist.

## **Entwicklung erneuerbarer Energien, außer solcher aus Biomasse**

#### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Es ist klar zu unterscheiden zwischen tiefer Geothermie und anderen geothermischen Anwendungen (geothermische Wärmepumpen). Für die Installation von Wärmepumpen gibt es im Wesentlichen zwei Möglichkeiten: Eine Wärmeträgerflüssigkeit verwenden, die einen Teil des thermischen Inhalts aus dem Erdreich entnimmt, oder das Wasser direkt aus dem Erdreich pumpen.

Der Einsatz von Erdwärmepumpen hat positive Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen und damit auf den Klimawandel und seine Folgen (und damit auch auf die Auswirkungen der globalen Erwärmung der Wasservorkommen). Sie hat auch positive Auswirkungen auf die Luftqualität, da weniger fossile Brennstoffe verbraucht werden. Allerdings kann die Installation solcher Systeme einige direkte negative Auswirkungen auf die Umwelt haben.

Erdwärmepumpensysteme verändern die Grundwassertemperatur und die Sauerstoffkonzentration und führen so zur Ansammlung von Eisen und zur Mineralisierung des Wassers (Zhu et al. 2017). Temperaturanomalien können die chemischen, physikalischen und mikrobiologischen Eigenschaften



des Grundwasserleiters verändern (Zhu et al. 2017). Auch die Bohrarbeiten und die verwendete Wärmeträgerflüssigkeit können zu einer Wasserkontamination führen (Zhu et al. 2017).



Die Verdrängung von Wassermassen, vor allem für die Tiefengeothermie, kann zu einer Verschmutzung führen, weil sich Grundwasser an der Oberfläche befindet und umgekehrt. Für die Tiefengeothermie können Wasserkörper zahlreiche Mineralien, Sulfate und eventuelle Schadstoffe enthalten.

Die tiefe Geothermie birgt daher gewisse Risiken der Wasserverschmutzung. Die für den Bau und Betrieb einer Anlage benötigten Wassermengen sind erheblich, aber die Auswirkungen werden voraussichtlich nicht schwerwiegend sein. Es muss jedoch sichergestellt sein, dass die Mengen verfügbar sind und den anderen Wasserbedarf in der Region nicht beeinträchtigen ((Institut national de la recherche scientifique (Québec) - Centre Eau Terre Environnement 2015)). Was die Wasserqualität betrifft, so benötigen Bohr- und Bauarbeiten erstens möglicherweise bestimmte Chemikalien, Säuren, die ins Wasser gelangen könnten (z. B. Verschüttungen Transport, Handhabung und Gebrauch); zweitens kann geothermisches Wasser während der Betriebsphase mit Oberflächenwasser in Berührung kommen (nun kann aber geothermisches Wasser viele potenziell umweltschädliche Stoffe enthalten); drittens können Ausrüstungen brechen oder Ummantelungen undicht werden, was eine Wasserkontamination zur Folge hätte (Institut national de la recherche scientifique (Québec) - Centre Eau Terre Environnement 2015). Das Bohren kann auch zu Veränderungen in der Verbindung zwischen den Grundwasserschichten und Druckänderungen führen. Bei verkarsteten Kalksteinen besteht zudem das besondere Risiko der Freisetzung von Beton, was für die Grundwasserleiter schädlich wäre.

#### Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden

In Bezug auf Wärmepumpen könnte eine Stichprobe von Anlagen analysiert werden (Sauerstoffkonzentration, Eisenansammlung, Wassermineralisierung, thermische Verschmutzung und allgemein Veränderungen der chemischen, physikalischen und mikrobiologischen Eigenschaften des Grundwasserleiters und deren Folgen).

Für die Tiefengeothermie könnten beispielsweise Analysen zum Gehalt an Schadstoffen in Oberflächengewässern durchgeführt werden. Die Säurekonzentration im Wasser während der Bauphase konnte ebenfalls gemessen werden.

#### Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

Im Bereich der Geothermie können Maßnahmen zur Reduzierung der genannten Auswirkungen ergriffen werden. Gute Planung, Überwachung und beispielhafte Verfahren für das Flüssigkeitsmanagement können umgesetzt werden (Institut national de la recherche scientifique (Québec) - Centre Eau Terre Environnement 2015). Ebenso können bei Wärmepumpen bestimmte Auswirkungen (im Bereich der Bohrung und der Wärmeträgerflüssigkeiten) durch den richtigen Umgang damit vermieden werden.

Bei der Geothermie sind „Dubleiten-Systeme“ a priori den „Simplet-Systemen“ vorzuziehen, da das gleiche Wasser dann im Kreislauf bleibt und nicht an der Oberfläche abgeleitet wird.

## Entwicklung erneuerbarer Energien aus Biomasse

#### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Die heimische Holzheizung verursacht Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOCs) und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAKs). Diese PAK gehören jedoch zu den Mikroverunreinigungen, die in der Studie über den Zustand der wallonischen Umwelt identifiziert

wurden, in der eine Überschreitung (in Bezug auf UQN, Umweltqualitätsnormen) im Wasser festgestellt wurde (ÖDW - DGO3 - DEMNA - DEE 2017). Darüber hinaus haben diese Mikroverunreinigungen negative Auswirkungen auf Wasserorganismen in niedrigen Konzentrationen (ÖDW - DGO3 - DEMNA - DEE 2017).

Die Verbrennung von Holzenergie führt auch zu NO<sub>x</sub>-Emissionen und sehr geringen Mengen an SO<sub>x</sub>. Diese Emissionen tragen daher zu den gleichen oben bereits erwähnten Problemen bei (z. B. saurer Regen).

Die SO<sub>x</sub>-Emissionen sind jedoch viel geringer als die bei der Verbrennung von Heizöl (in g/GJ pro Einheit der zugeführten Energie), während die NO<sub>x</sub>-Emissionen höher sind (ADEME 2007; N. ALLEMAND, CITEPA 2003). Die folgenden Tabellen zeigen diese Unterschiede im Detail:

Tabelle 10: Biomasse-Emissionen/fossile Brennstoffe. Quelle: (ADEME, 2007; N. ALLEMAND, CITEPA, 2003)

**Tableau 2.** Comparaison des émissions de polluants ramenées à l'unité d'énergie entrante dans les petites installations du secteur domestique (Source : CITEPA, 2003)

|                         | Charbon | Fuel lourd | Fuel domestique | Gaz naturel | Bois    |
|-------------------------|---------|------------|-----------------|-------------|---------|
| SO <sub>2</sub> (g/GJ)  | 623     | 885        | 95              | 0,5         | 20      |
| NO <sub>x</sub> (g/GJ)  | 50      | 170        | 50              | 50          | 50      |
| COVNM (g/GJ)            | 15      | 3          | 3               | 2,5         | 1522    |
| CO (g/GJ)               | 500     | 15         | 40              | 25          | 6417    |
| Poussières (g/GJ)       | 150     | 24         | 15              | 0           | 358     |
| Dioxines (ng i-TEQ /GJ) | 385     | 5          | 0               | 0           | 100     |
| HAP (µg/GJ)             | 1150    | 5          | 0               | 0           | 328 000 |

**Tableau 3.** Comparaison des émissions de polluants ramenées à l'unité d'énergie entrante dans les installations de combustion de puissance inférieure à 50 MW du secteur industriel ou du chauffage collectif (Source : CITEPA, 2003)

|                         | Charbon | Fuel lourd | Fuel domestique | Gaz naturel | Bois |
|-------------------------|---------|------------|-----------------|-------------|------|
| SO <sub>2</sub> (g/GJ)  | 618     | 819        | 95              | 0,5         | 20   |
| NO <sub>x</sub> (g/GJ)  | 160     | 170        | 100             | 60          | 200  |
| COVNM (g/GJ)            | 15      | 3          | 1,5             | 4           | 4,8  |
| CO (g/GJ)               | 200     | 15         | 15              | 19          | 250  |
| Poussières (g/GJ)       | 100     | 48         | 3               | 0           | 100  |
| Dioxines (ng i-TEQ /GJ) | 3,85    | 2,5        | 0               | 0           | 40   |
| HAP (µg/GJ)             | 1920    | 5          | 0               | 0           | 8000 |

Allerdings erklärt ADEME im Fall von Frankreich, dass der Anteil von SO<sub>x</sub> und NO<sub>x</sub> (Emissionen aus der Biomasseverbrennung) sehr gering ist (im Vergleich zu den Gesamtemissionen dieser Elemente), das aber andererseits der Anteil der PAK-Emissionen sehr hoch ist (ADEME 2007).

Die vorangegangenen Tabellen verdeutlichen auch die Bedeutung der Errichtung moderner Anlagen für den Ausstoß geringerer Mengen von Luftschadstoffen.

Sensibilisierung, Unterstützung bei der Erneuerung von Anlagen und der Wunsch, die Kontrolle der Emissionen von Biomasseheizungen zu verstärken, gehen in Richtung Verbesserung dieser schädlichen Emissionen. Allerdings ist die Förderung der Nutzung von Biomasse jedoch ein Schritt zur Erhöhung dieser Emissionen und hat möglicherweise größere Auswirkungen auf die Wasserqualität. Andererseits werden diese Anlagen mit höheren Leistungen a priori weniger ausstoßen (bei einer bestimmten Energiemenge).

Vergleich der i  
zurückgeführten  
Schadstoffemis  
privaten Anlage

Vergleich der i  
zurückgeführten  
Schadstoffemis  
Verbrennungsa  
Leistung von v  
der Industrie o  
(Quelle...

Horizontal Tab  
Kohle Schwer  
Gas

### Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden

Bei Anlagen, die Biomasse verwenden, können Emissionsmessungen durchgeführt werden, insbesondere für PAK sowie auch für kleine häusliche Anlagen.

### Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

Bei der Verbrennung von Biomasse sollten die Emissionen von Anlagen (insbesondere bei häuslichen Anlagen) und insbesondere von PAK berücksichtigt werden; und folglich sollte vorrangig die Installation moderner (weniger umweltschädlicher) Geräte gefördert werden. Die PACE-Maßnahme für kleine Holzheizungsanlagen sieht die Einführung eines „Green Deal“ vor, um insbesondere den Ersatz alter Heizungsanlagen durch neue leistungsfähige Anlagen zu fördern.

## Auswirkungen auf Sachgüter und das Kulturerbe

Die Gesamtheit der Gebäude, Straßenverkehrsinstallationen, Straßenbeläge, Statuen usw. stellen materielle Güter und ein kulturelles Erbe dar.

Dieser Abschnitt beschreibt den Einfluss von Klima- und Luftverschmutzung auf den physikalischen Zustand von materiellen Gütern. Wie im Folgenden erläutert, beeinflusst die Zusammensetzung der Außenluft den Zustand eines Materials.

Es sei erwähnt, dass man zwischen der Zusammensetzung der Außenluft, die das Gut umgibt, und der Zusammensetzung der Luft im Inneren des Gebäudes unterscheiden kann. Es sind auch Auswirkungen von Schadstoffpartikeln auf Güter und Kulturgüter innerhalb eines Gebäudes zu beobachten. Zum Beispiel auf Gemälden, die sich in Museen befinden. Die Luftdichtheit des Gebäudes ist wichtig, um das Phänomen zu kontrollieren und zu quantifizieren.

Verschiedene Luftschadstoffe beeinflussen den Zustand und die Erhaltung von Gebäuden und können sich auf den Immobilienwert auswirken, da die Renovierungskosten in der Regel sehr hoch sind.

Eine weitere Art von Auswirkungen kann der potenzielle Verlust des Wertes einer Immobilie im Zusammenhang mit der Entwicklung bestimmter Infrastrukturen sein. So kann beispielsweise die Installation einer Windturbine in der Nähe einer Immobilie zu einer Veränderung ihres Immobilienwertes (visueller und akustischer Nachteil etc.) führen (ICEDD et al. 2013).

### Einleitung

Die Empfindlichkeit eines materiellen Gutes und die Risiken seiner Verschlechterung hängen von der Art des Materials, seiner Porosität und dem Zustand seiner Oberfläche ab. Das Material wird durch die Zusammensetzung der umgebenden Luft und des Wassers, mit dem es durch Niederschläge (Abfluss und Aufspritzen) oder durch Wasser, das aus dem Boden aufsteigt, in Kontakt kommt, beeinflusst. Die Luftverschmutzung gilt als eine der Hauptursachen für die Zerstörung der Steine. Es können chemische Reaktionen wie Karbonisierung oder Sulfatierung auftreten. Partikel können sich auf dem Gebäude ablagern. Diese partikulären Schadstoffe können anthropogenen Ursprungs sein (Transport, Industrie, Heizung), aber auch natürlichen Ursprungs (Vulkanismus etc.). Bodennahes Ozon trägt auch zum Abbau von Materialien wie Metallen und Gestein (Oxidation) bei.

Dadurch ist eine Zu- oder Abnahme von Masse, eine Schwärzung oder ein Verlust an Transparenz (bei Glas der Fall) zu beobachten. Um diese Auswirkungen zu quantifizieren, sind mehrere Faktoren beteiligt:

- ◉ die Dauer der Exposition gegenüber der Verschmutzung,
- ◉ die Konzentration von Gas und Partikeln,
- ◉ Wetterbedingungen (durchschnittliche Temperatur und Luftfeuchtigkeit),
- ◉ die Höhe und den Säuregehalt der Regenfälle.

Der Einfluss bestimmter Arten von Verunreinigungen kann sich ungleichmäßig auf die Oberfläche des Gegenstands auswirken. Es können helle und dunkle Bereiche auftreten. Die dunklen Bereiche sind die vom Regen abgewandten Oberflächen, auf denen sich Partikel absetzen können (Rußschichten, Sulfate, Karbonate...). Abhängig von der Dauer der Exposition kann die Schicht der Ablagerungen dick sein. Dunkle Bereiche befinden sich oft am Fuße von Gebäuden, da sie weniger vom Regen betroffen und stärker dem Verkehr ausgesetzt sind. Auch der Anstieg von Wasser vom Boden aus ist zu beobachten. Die hellen Bereiche sind diejenigen, die dem Regen ausgesetzt sind und über die Wasser fließt, hauptsächlich die oberen Teile von Gebäuden. Das blanke Material, das nicht durch Ablagerungen geschützt ist, wird gewaschen und allmählich erodiert.

Die hauptsächlichsten Schadstoffe, die die Materialien beeinflussen, sind SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> (und HNO<sub>3</sub>), VOC, PM<sub>2,5</sub> und 10, NH<sub>3</sub>, O<sub>3</sub> und CO<sub>2</sub>. Die Konzentration dieser Schadstoffe variiert je nach Art der Umgebung, in der man sich befindet (Industrie, Stadt, Land). Urbanes Kulturerbe ist der Luftverschmutzung stärker ausgesetzt.

SO<sub>x</sub> verursacht das Phänomen der Sulfatierung. Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) wird umgewandelt und reagiert an der Schnittstelle von Material und Atmosphäre. Je nach Empfindlichkeit und Porosität des Materials kann das Phänomen in der Tiefe auftreten. Wasser (Regen und Feuchtigkeit) spielt auch eine Rolle, es bildet in der Reaktion mit Wasserstoff eine Säure.

Die Beweglichkeit der Elemente innerhalb des Materials hat ebenfalls einen Einfluss. Durch ihre Reaktion können sie das Material makroskopisch zerstören und Brüche verursachen, Ablösungen von Plaque etc. Alle Materialien sind davon betroffen: Kalk- oder Kieselgestein, Zement, Mörtel, Beton, Ziegel, Keramik, Glas, Glasmalerei, Metalle, Holz, Kunststoffe, Farben usw. Schließlich wird das Phänomen der Sulfatierung durch die Verbrennung von Kohle und Schweröl beeinflusst. Das heißt, die emittierten Aschen und Partikel werden mit Schwefel und mit Katalysatoren der Sulfatierung geladen: Vanadium, Nickel, Eisen etc.

Das gleiche Phänomen der Versauerung tritt bei Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) in Reaktion mit Wasserstoff auf.

Kohlenoxide (CO und CO<sub>2</sub>) bilden Carbonsäuren (schwache und instabile Säuren), die stark mit Karbonaten zu löslichen Bikarbonaten reagieren und so die Auflösung von Kalksteinen ermöglichen.

Die Versauerung von Niederschlägen beschleunigt das Phänomen der natürlichen Erosion von Gebäuden. Wie bereits erwähnt, sind Kalksteingesteine (Marmor, Tuffsteine) besonders empfindlich gegen sie. Sie verursachen auch die Korrosion bestimmter Metalle. Einige Materialien wie z. B. Buntglas können durch Auslaugen, selektives Auswaschen von Alkalien und Erdalkaliemetalle und eine relative Anreicherung mit hydratisierter Kieselsäure verändert werden. Die Durchsichtigkeit des Glases wird beeinträchtigt. Insbesondere die chemische Zusammensetzung alter Gläser (kaliumreich und natriumarm) macht sie empfindlicher gegen Witterungseinflüsse (PEPA 2015) (siehe Kapitel Luftqualität).

Einige Materialien sind empfindlich gegenüber Ozongas, das in Wasser gelöst ist, wie z. B. Stahl, Zink, Eisen, Kupfer, Gummi etc. Diese Materialien werden durch Oxidation abgebaut.

Feine Partikel (PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub>) setzen sich an Gebäuden ab und schwärzen sie (PEPA 2015).

Die nachfolgend dargestellten PACE-Maßnahmen haben zum großen Teil eine positive Auswirkung auf die Gebäude, denn sie zielen darauf ab, die Emissionen der oben genannten Schadstoffe zu reduzieren und einen positiven Einfluss auf die Luftqualität zu nehmen, die das Hauptkriterium dafür ist, dass Gebäude beschädigt werden. Daher bezieht sich die Methodik zur Evaluierung der Auswirkungen der in diesem Abschnitt genannten Maßnahmen auf die Methodik zur Bewertung der Luftqualität.

## **Reduzierung von SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, PM<sub>2,5</sub> und CO<sub>2</sub>-Emissionen aus mobilen und stationären Quellen**

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Der Verkehr verursacht Emissionen von Luftschadstoffen, im Wesentlichen zweierlei Art:

- Über Abgase (NO<sub>x</sub>, Feinstaub, SO<sub>x</sub>, CO, N<sub>2</sub>O);
- Durch Abrieb von Reifen, Bremsen oder des Straßenbelags (Emissionen von Feinstaub und Schwermetallen).

Maßnahmen zur Verringerung des Verkehrs mit umweltverschmutzenden Fahrzeugen auf der einen Seite und zur Verringerung des Schadstoffausstoßes von Fahrzeugen im Verkehr auf der anderen Seite werden sich daher positiv auf die Luftqualität auswirken und damit die Schädigung der materiellen Güter in der direkten Umgebung verringern.

Dieser Effekt muss per Geolokalisierung beobachtet werden, wie in Gebieten mit niedrigen Emissionen, in denen es interessant sein könnte, den Zustand von für das Gebiet spezifischen Gebäuden zu überwachen.

Darüber hinaus wird die Reduzierung der Emissionen von SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, VOCs und PM<sub>2,5</sub> aus stationären Quellen den gleichen Effekt haben wie die Reduzierung der Emissionen im Verkehrssektor.

### Beschreibung der vorgesehenen Bewertungsmethoden

Für den gesamten Abschnitt „Sachgüter und kulturelles Erbe“ wurden folgende Hauptindikatoren ermittelt:

- Die Luftqualität (Schadstoffkonzentrationen in der Luft), die direkte Auswirkungen auf die Belastung von Gebäuden durch Umweltverschmutzung hat;
- Die Entwicklung des Immobilienwertes eines Gebäudes: Die Auswirkungen einer Maßnahme auf den Immobilienwert eines Gebäudes müssen in kleinen geografischen Maßstäben bewertet werden (z. B. Überwachung des Immobilienwertes in einer Umweltzone).

### Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

Die Wahl der Standorte für die Entwicklung neuer Infrastrukturen muss unter weitestgehender Vermeidung von Sicht- und Lärmbelästigung erfolgen.

Unterstützungsprämien und die Entwicklung von Priorisierungs-Tools und Ratschläge für die Fassadenpflege müssen entwickelt werden. Die Verwendung von Materialien, die weniger empfindlich auf Verschmutzung reagieren, kann vorangebracht werden. Einige Materialien haben auch eine geringere Auswirkung auf die Umwelt als andere. Sensibilisierung und Information über Materialien (Auswirkungen auf die Raumluftqualität in Gebäuden)

## **Reduzierung der NH<sub>3</sub>-Emissionen in der Landwirtschaft**

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Die Verringerung der NH<sub>3</sub>-Emissionen in der Landwirtschaft und die Begrenzung des NH<sub>3</sub>-Ausstoßes (bei Spitzenwerten der Umweltverschmutzung) wird dazu beitragen, das Phänomen des sauren Regens zu verringern, der, wie vorstehend erläutert, Gebäude erodiert und mit einigen von ihnen interagiert (Erosion von Oberflächen aus Metall - Kupfer, Zink etc., Verfall bestimmter Gesteine) (AWAC 2019b). Diese Emissionen stammen hauptsächlich aus Gülle und Stickstoff, der als Düngemittel verwendet wird.

## **Straßen- und Schieneninfrastrukturentwicklung und Infrastrukturentwicklung in der Nähe von Flughäfen**

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Im Rahmen der Vision der wallonischen Regierung FAST – Mobilität 2030, deren Maßnahmen in den PACE integriert sind, ist geplant, unterschiedliche Infrastrukturen zu entwickeln, um die Multimodalität in den Dienst der wirtschaftlichen Entwicklung zu stellen und eine Verkehrsverlagerung einzuleiten (TEC, BHNS, Fahrräder). Die Entwicklung solcher Infrastrukturen kann aufgrund der von ihnen verursachten Belastungen (Lärm, Verkehr, Frequenz, Störungen während der Bauarbeiten etc.) einen potenziellen Wertverlust der Immobilie darstellen. Darüber hinaus ist der Schienenverkehr für eine eher lokale Schwermetallbelastung verantwortlich. Dies kann zur Abwertung eines Gebäudes oder Grundstücks beitragen. Es sei auch darauf hingewiesen, dass die Entwicklung neuer Infrastrukturen manchmal den Abbruch bestimmter Gebäude erfordert.

Ebenso sieht der FAST-Plan die Entwicklung unterschiedlicher Infrastrukturen zur Verbesserung der Mobilität und der Zufahrten rund um die Flughäfen vor. Diese Gebiete sind bereits stark von den Belästigungen durch den Luftverkehr betroffen. Die Entwicklung neuer Infrastrukturen in der Umgebung kann den Abbruch einiger Gebäude erfordern und kann für die in der Umgebung verbliebenen Gebäude einen Werteverlust darstellen.

Allerdings könnte durch eine verbesserte Zugänglichkeit auch ein positiver Effekt beobachtet werden. In ländlichen Gebieten könnten die Auswirkungen positiv sein, mit neuen Möglichkeiten für den Zugang zu Kommunikationsmitteln. Ebenso können städtische Gebiete, die zu Fußgängerzonen werden, attraktiver werden (lokale Verbesserung der Luftqualität, Reduzierung der Lärmbelastung etc.) und damit Auswirkungen auf die Immobilien haben.

## **Entwicklung erneuerbarer Energien**

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

In der Nähe von Infrastrukturen zur Erzeugung erneuerbarer Energien (Bohrungen für Geothermie- und Windkraftanlagen, Biomethanisierungsanlagen usw.) kann der Immobilienwert eines Gebäudes sinken (Lärmbelastung und optische Auswirkungen).

Andererseits wird die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien (Fördermaßnahmen für die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien, Regulierungsmaßnahmen für Strom aus erneuerbaren Energien und Förderung von grüner Wärme) auf einer größeren geografischen und zeitlichen Ebene die Schadstoffemissionen aus der Energieerzeugung verringern und sich somit positiv auf die Beeinträchtigung von Gebäuden durch Luftverschmutzung auswirken.

## Senkung des Energieverbrauchs und Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Gebäuden und der Luftverschmutzung durch ortsfeste Quellen

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Die Strategien zur Gebäudesanierung, die darauf abzielen, den Energieverbrauch und damit die Emissionen von CO<sub>2</sub>, Treibhausgasen und Luftschadstoffen aus fossilen Brennstoffen zu reduzieren, zielen darauf ab, den Zustand des Gebäudebestandes zu verbessern und den Immobilienwert zu steigern.

Es können sich jedoch einige Einschränkungen ergeben. Erstens kann es aus finanzieller Sicht schwierig sein, das für die optimale Sanierung notwendige Budget zu mobilisieren. Zweitens können städtebauliche Einschränkungen im Allgemeinen und bei denkmalgeschützten Gebäuden im Speziellen eine Einschränkung bei der Durchführung von Renovierungsmaßnahmen darstellen.

### Beschreibung der vorgesehenen Evaluierungsmethoden

Die Zertifizierung GEE ermöglicht es, die Energieeffizienz eines Gebäudes zu bewerten. Dies ist ein Indikator für die Qualität der Renovierung. Diese Zertifizierung ist jedoch noch nicht für den gesamten Gebäudepark verfügbar und ist keine jedes Jahr für den gesamten Fuhrpark aktualisierte Größe.

## Auswirkungen auf die Landschaft

### Einleitung

Die Umsetzung des PACE umfasst auch den Bau von Infrastrukturen zur Energieerzeugung- und -übertragung, die Auswirkungen auf die Landschaft haben werden. Daher ist es wichtig, zu versuchen, diese Auswirkungen zu vermeiden, zu reduzieren oder zu kompensieren, und zwar auf die gleiche Art und Weise wie bei anderen negativen Umweltauswirkungen.

Die Europäische Landschaftskonvention definiert Landschaften als „einen Teil des Territoriums, so wie es von der Bevölkerung wahrgenommen wird, dessen Charakter sich aus der Wirkung natürlicher und/oder menschlicher Faktoren und ihrer Wechselbeziehungen ergibt“ („Europäische Landschaftskonvention“ 2000). Diese Konvention wurde in der Wallonie mit dem Landschaftsdekret übernommen (Wallonische Region 2001). Durch Artikel 5 des Dekrets hat die Wallonie sich dafür eingesetzt, „Landschaften als wesentlichen Bestandteil des Lebensraums der Menschen, als Ausdruck der Vielfalt ihres gemeinsamen Kultur- und Naturerbes und als Grundstein ihrer Identität rechtlich anzuerkennen“.

Wenn es bei der Landschaft um die Wahrnehmung des Ineinandergreifens von Natur und menschlichen Gesellschaften geht, sollte man bedenken, dass es in Belgien keine „natürliche“ Landschaft mehr gibt. Alle Landschaften tragen Spuren von menschlichen Aktivitäten. Die Landschaften entwickeln sich ständig weiter, was auf die Flurbereinigung der landwirtschaftlichen Flächen, die zunehmende Urbanisierung und die Zersiedelung, aber auch auf Veränderungen in der Verkehrsinfrastruktur sowie in der Industrie- und Energieerzeugung zurückzuführen ist. Zu diesen klassischen Beispielen der Veränderung von Landschaften kommen unter anderem die Allgegenwart der Kondensstreifen von Flugzeugtriebwerken oder die Lichtverschmutzung des Nachthimmels hinzu. Unter diesem Gesichtspunkt ist daran zu erinnern, dass einige alte Formen der Energieerzeugung heute zu Elementen der Landschaftsqualität und Authentizität geworden sind. Man denke dabei insbesondere an Wind- oder Wassermühlen.

## Entwicklung erneuerbarer Energien

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Der PACE schätzt, dass erneuerbare Energien im Jahr 2030 23,5 % des Bruttoendgasverbrauchs ausmachen werden. PACE gibt jedoch nicht an, welches die Energieformen sind, die zur Erreichung dieser Ziele entwickelt werden. Die Auswirkungen auf die Landschaft können daher sehr unterschiedlich sein, je nachdem, auf welche Branche man sich bezieht.

Eines der Merkmale der erneuerbaren Energien ist ihre hohe Auflösung. Alle Energieformen, mit der bemerkenswerten Ausnahme der Geothermie, haben ihren Ursprung in der Sonnenaktivität. Die Erzeugung erneuerbarer Energien, sei es Wind-, Fotovoltaik-, Wasserkraft- oder Biomasseenergie, entspricht daher der Erfassung eines Teils des diffusen Energieaustauschs der Sonnenenergie, welche die Erde dauerhaft umgibt. Infolgedessen wird die Erzeugung dieser Formen erneuerbarer Energien die Mobilisierung bedeutender Landteile erfordern (siehe Kapitel in Bezug auf die Böden) und potenziell erhebliche Auswirkungen auf die Landschaft haben. Allerdings sind nicht alle Formen der Produktion erneuerbarer Energie in Bezug auf Raumnutzung und Veränderungen der Landschaft gleich.

Die Fotovoltaikproduktion bietet den besten Umwandlungsgrad der Sonnenenergie mit Werten von nahezu 20 %. Diese Technologie kann problemlos auf bereits urbanisierten Flächen (Dächern) eingesetzt werden. Solarmodule werden in der Regel auf Dächern oder manchmal auch auf Feldern installiert und sind aufgrund ihrer geringen vertikalen Höhe aus der Ferne wenig sichtbar. In der Wallonie erfordert diese Technologie noch keine Versiegelung neuer Bodenflächen. In Zukunft kann es jedoch, je nach den Zielen der erneuerbaren Produktion, notwendig sein, fotovoltaische Produktionsfelder in landwirtschaftlichen Gebieten zu installieren. In diesem Fall könnten die Auswirkungen auf die Landschaft sich verstärken. Neben der Tatsache, dass das Erscheinungsbild der mobilisierten landwirtschaftlichen Flächen grundlegend verändert wird, kann die Reflexion der Lichtstrahlen auf Fotovoltaikmodulen zu Blendungsrisiken führen, die von Weitem sichtbar sind (Chiabrando, Fabrizio und Garnero 2009).

Ein Windrad kann Energie in einer Größenordnung von etwa 2 bis 4 %, verglichen mit der Sonnenenergie, umwandeln (APERe 2014). Windräder haben zwar einen erheblichen Einfluss auf die Landschaft, sie haben aber den Vorteil, dass sie große Räume zwischen den Anlagen lassen, die dann für die landwirtschaftliche Produktion genutzt werden können. Große Windkraftanlagen<sup>25</sup> sind industrielle Anlagen, die einen erheblichen Einfluss auf die Landschaft haben. Durch ihren vertikalen Aufbau ist es unmöglich, ihre Anwesenheit in einer Landschaft zu kaschieren. Zudem werden Windkraftanlagen, um das Windaufkommen optimal zu nutzen, vorzugsweise in offenen Gebieten installiert, in denen die Auswirkungen auf die Landschaft noch größer sind. Schließlich sollte daran erinnert werden, dass die Hersteller nach höheren Anlagen suchen, die stärkere Winde erfassen und damit die Stromproduktion pro Windrad erhöhen können.

Die meisten Windturbinen werden in ländlichen Gebieten installiert, wo ein weniger dichter Lebensraum ihre gesundheitlichen Auswirkungen (Lärm, Stroboskop-Effekte) in Grenzen hält. Folglich sind einige der Ansicht, dass diese industriellen Produktionsanlagen zur Energieerzeugung in Landschaften, die traditionell der Land- und Forstwirtschaft gewidmet sind, keinen Platz haben.

Die Produktion von Biomasse-Energie durch extra hierfür angebaute Pflanzen erfordert ihrerseits zwangsläufig große land- und forstwirtschaftliche Flächen. Tatsächlich ist der Umwandlungsgrad der Sonneneinstrahlung in Primärenergie mit rund 0,6 % gering (siehe Abschnitt 0). Die landschaftlichen

---

<sup>25</sup> Von einer Stärke pro Windrad größer als 0.5 MW





Auswirkungen dieser extra angebauten Kulturen werden jedoch gering sein, da sie allenfalls andere landwirtschaftliche Kulturen ersetzen werden.

## Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

Die Fotovoltaikproduktion stellt heute keine großen Landschaftsprobleme mehr dar. Die meisten Produktionseinheiten sind auf den Dächern von Häusern und Gebäuden aus dem Tertiär- und Industriesektor installiert. Es ist jedoch möglich, dass die Entwicklung erneuerbarer Energien zur Mobilisierung weiterer landwirtschaftlicher Flächen für die Installation von „Fotovoltaik-Freiflächen“ führen kann (siehe oben). Diese Entwicklungen könnten Ablehnung hervorrufen, wie sie bei großen Windparks beobachtet werden.

Unter diesem Gesichtspunkt ist auch festzustellen, dass derzeit ein großes Fotovoltaikprojekt auf der Hochebene von Larzac auf Widerstand bei den betroffenen Anwohnern stößt (**Reporterre 2019**). Für die Entwicklung der Fotovoltaikbranche ist es daher wünschenswert, der Nutzung vorhandener künstlicher Flächen so weit wie möglich Vorrang einzuräumen und, wenn es sich als notwendig erweist, Großprojekte in land- oder forstwirtschaftlichen Gebieten zu bauen, deren Landschaftsauswirkungen sorgfältig zu analysieren.

Wie schon gesagt, ist es unmöglich die Auswirkungen von Windrädern auf die Landschaft in den Gebieten, in denen sie stehen, zu beseitigen. Es wird dann besser sein, sie nicht in bestimmten schützenswerten Landschaften zu installieren. Ein früherer Umweltverträglichkeitsbericht befasst sich ausführlich mit diesem Thema (**ULg - GemblouxAgroBioTech und ICEDD 2013**).

Zusätzlich zur Vermeidung von Gebieten von landschaftlichem Interesse wird es im Allgemeinen vorzuziehen sein, große Windkraftanlagen in der Nähe anderer Industrieanlagen oder Verkehrsinfrastrukturen zu errichten (**Nadaï und van der Horst 2010**). Um die Türme von Windkraftanlagen weniger sichtbar zu machen, wird auch empfohlen, sie in Farbverläufen zu streichen, die sich in die Landschaft einfügen, anstatt in einer Uni-Farbe (**Roth et al. 2018**).

Um die verfügbare Windenergie zu erhöhen, ohne neue Landschaften zu stören, ist es unter bestimmten Bedingungen auch möglich, bestehende Standorte für den Bau leistungsfähigerer Windturbinen wiederzuverwenden. In diesem Fall sprechen wir vom Repowering. Die ersten großen Windturbinen, die in den frühen 2000er Jahren in der Wallonie installiert wurden, entwickelten eine Leistung von rund 0,5 MW, während die durchschnittliche Leistung neuer Windturbinen heute rund 3 MW beträgt. Dieser Vorgang kann jedoch eine Vergrößerung der Abstände zwischen den Windrädern erfordern und zu höheren Türmen führen.

## Flexibilisierung des Verbrauchs und der Erzeugung von Elektrizität

### Identifizierung und Beschreibung der erwarteten Auswirkungen

Es ist nicht die Flexibilität der Nachfrage und der Produktion von Strom, die Auswirkungen auf die wallonischen Landschaften hat, sondern die mögliche Entwicklung neuer Stromübertragungs- und -verteilungsleitungen, die damit einhergehen könnten. Schon heute wird Belgien von vielen Stromübertragungs- und -verteilungsleitungen unterschiedlicher Spannungsebenen durchzogen. Die unten stehende Netzkarte von Elia zeigt das gesamte belgische Netzwerk.

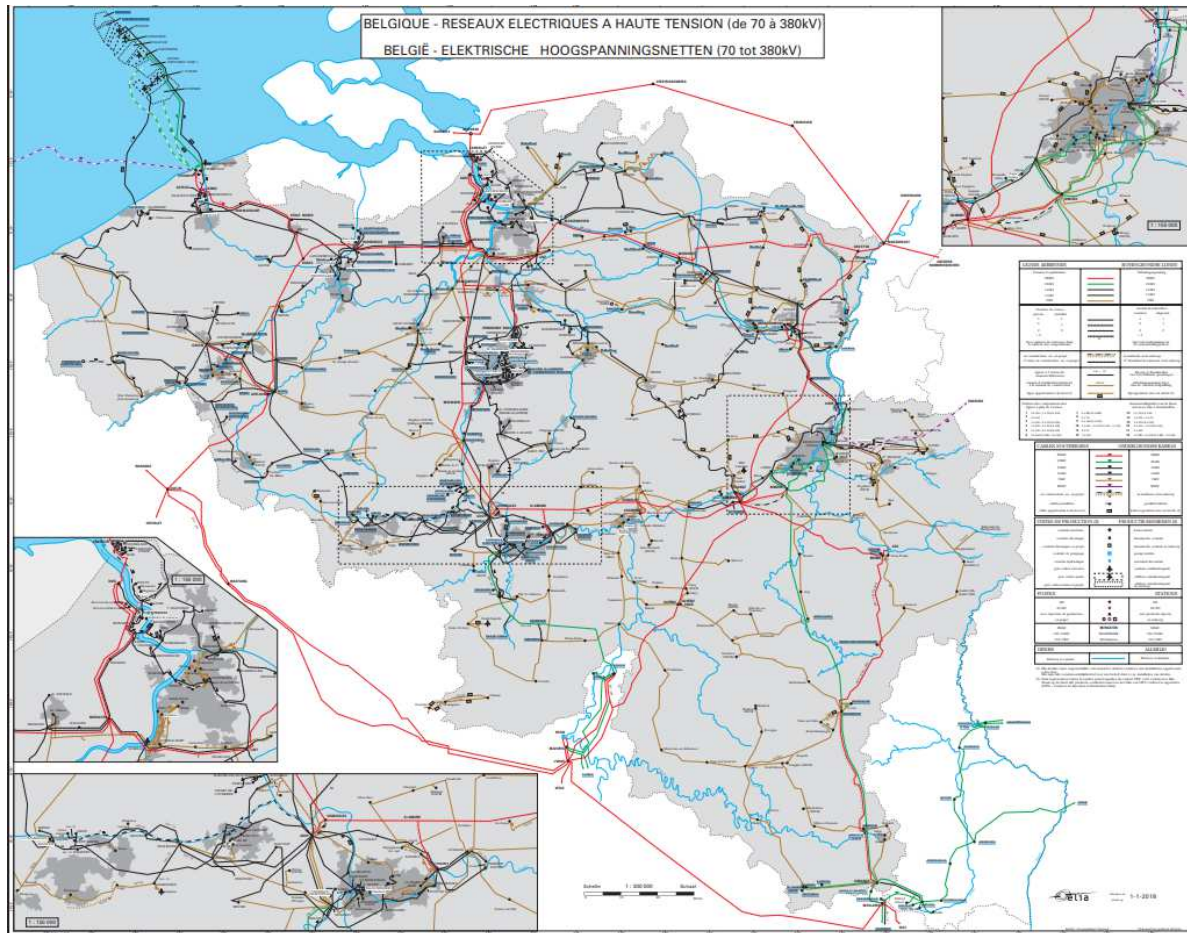


Abbildung10: Karte des belgischen Hochspannungsnetzes im Jahr 2017

Quelle: <https://www.elia.be/fr/a-propos-elia/publications/cartes>

## Geplante Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder zum Ausgleich aller negativen Auswirkungen

Wenn die Maßnahmen zur Flexibilisierung des Strombedarfs und der Stromproduktion den Bau neuer Hochspannungsleitungen erfordern, besteht eine erste Lösung darin, nach Möglichkeit die bestehenden Türme wiederzuverwerten und dort einen zusätzlichen Stromkreis einzubauen.

Über diese Lösung hinaus kann es notwendig sein, neue Hoch- und Mittelspannungsleitungen zu bauen. In diesem Fall wird es möglich sein, die landschaftlichen Auswirkungen der Leitungen vollständig zu beseitigen, indem sie unterirdisch verlegt werden. Dieser Vorgang ist machbar, aber er ist teurer als der Bau von Überlandleitungen. Neben diesen wirtschaftlichen Aspekten ist auch zu beachten, dass die Ableitung der durch die Stromübertragung erzeugten Wärme bei unterirdischen Leitungen schwieriger ist.

Heutzutage verlegen die Betreiber von Übertragungs- und Verteilungsnetzen regelmäßig Leitungen mit einer Spannung unter 36 kV (Kilovolt) unterirdisch. Bis zu 150 kV können Hochspannungsleitungen unterirdisch verlegt werden. Über 150 kV verursachen unterirdische Leitungen sehr hohe Mehrkosten, die letztlich von den Verbrauchern getragen werden (Elia, o. D.).



## TEIL F: Nicht-technische Zusammenfassung

Der vorliegende Umweltbericht enthält eine Analyse der Umweltauswirkungen des Luft-Klima-Energie-Plans (PACE - Plan Air Climat Energie) bis 2030. Der Anwendungsbereich dieses PACE ist zweigeteilt: Er zielt auf die Verringerung der Treibhausgasemissionen bei gleichzeitiger Verbesserung der Luftqualität ab.

## Ziele des PACE

Die folgenden beiden Tabellen fassen die Hauptziele des Plans zusammen.

Tabelle 11: Hauptziele für 2030 in Bezug auf die Treibhausgasemissionen (ÖDW Energie und AWAC 2019)

| Themen                       | Zielvorgaben  |
|------------------------------|---|
| <b>Dekarbonisierung</b>      | -37 % (*) Nicht-EHS-Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 2005   |
| <b>Erneuerbare Energie</b>   | 23,5 % (*) des Bruttoendenergieverbrauchs im Jahr 2030  |
| <b>Energieeffizienz</b>      | 23 % des Endverbrauchs im Vergleich zu 2005<br>36 % des Primärverbrauchs im Vergleich zu 2005 <sup>26</sup> |
| <b>Marktintegration</b>      | Erhöhung der lokalen Flexibilität. Verbraucherschutz.   |
| <b>Forschung, Innovation</b> | % F&E-Budget<br>Direkt Energie-Klima: 4 %<br>Integriert: 11 %   |

(\*) Die Verringerung der Emissionen und des Anteils erneuerbarer Energien basiert auf einer realen Beimischungsrate von 14 % für Biokraftstoffe.

Tabelle 12 : Reduzierungsziele für 2030 in Bezug auf Schadstoffemissionen

| Schadstoffe       | Zielvorgaben für die Reduzierung BE 2030 | Wallonische Zielvorgaben für die Reduzierung 2030 | Wallonische Höchstwerte 2030 in kt | Prognosen 2030 für die Wallonie in kt | Geschätzte Reduzierung für 2030 gegenüber 2005 ( % ) |
|-------------------|--|---|------------------------------------|---------------------------------------|--|
| SO <sub>2</sub>   | 66 %                                     | 65 %  | 15,4                               | 10,76                                 | 75,8 %   |
| NO <sub>x</sub>   | 59 %                                     | 60 %  | 49,4                               | 41,72 *                               | 66 %   |
| VOC               | 35 %                                     | 31 %  | 32,1                               | 29,88 *                               | 37 %   |
| PM <sub>2,5</sub> | 39 %                                     | 43 %  | 8,8                                | 8,3                                   | 45,4   |
| NH <sub>3</sub>   | 13 %                                     | 14 %  | 27,0                               | 24,23                                 | 23 %   |

<sup>26</sup> Der Primärverbrauch ist abhängig vom Stromerzeugungspark. Das hier beschriebene Bestreben setzt den Ausstieg aus der Atomkraft nach dem bisher geplanten Zeitplan sowie eine Begrenzung der wallonischen Importe auf 1.600 GWh voraus. (ÖDW Energie und AWAC 2019).

## 2. Verbindungen zu anderen Plänen und Programmen

Auf internationaler Ebene steht der PACE im Einklang mit den COP21-Zielen für Treibhausgasemissionen einerseits und dem integrierten und überarbeiteten Protokoll von Göteborg für Luftschadstoffemissionen andererseits.

In Europa teilen sich diese Zielvorgaben ebenfalls in zwei Bereiche. Für die Treibhausgase äußern sie sich in einem Programm „Clean energy for all Europeans“, in dessen Rahmen jeder Mitgliedstaat einen nationalen Energie-Klima-Plan (NEKP) vorlegen muss. Für Luftschadstoffe schreibt die im „Clean Air Policy Package“ enthaltene NEC-Richtlinie auch einen „Luft-Plan“ vonseiten jedes einzelnen Mitgliedstaats vor.

Angesichts der Ähnlichkeit der Emissionsquellen und der Synergie zwischen den Politiken zur Reduzierung hat sich die Wallonie dafür entschieden, die Energie-Klima-Komponenten einerseits und Luft andererseits im PACE 2030 zusammenzufassen. Mit diesem PACE wird der vorherige Plan, der PACE 2016-2022, fortgesetzt und beteiligt sich an der Umsetzung des Klimaerlasses vom 19. Februar 2014 (geändert durch den Programmerrlass vom 17. Juli 2018). Darüber hinaus hat der PACE die Ziele, die in dem Beschluss des wallonischen Parlaments zur Umsetzung einer wallonischen Klimapolitik von 2017 festgelegt sind, einzuhalten, nämlich eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 95 % im Jahr 2050 gegenüber 1990 und 100 % erneuerbare Energien bei der Stromerzeugung im Jahr 2050.

Darüber hinaus ist der PACE 2030 angelehnt an viele bestehende Pläne in der Wallonischen Region, darunter:

- ◉ Das Gesetzbuch über die räumliche Entwicklung (GRE)
- ◉ Das Raumentwicklungsschema der Wallonie (RES)
- ◉ Die wallonische Strategie zur nachhaltigen energetischen Gebäuderenovierung
- ◉ Der ENVieS-Plan (Plan Umwelt-Gesundheit)
- ◉ Der Plan zur Armutsbekämpfung
- ◉ Industrievereinbarungen und Branchen-Roadmaps
- ◉ Die Wallonische Strategie für nachhaltige Entwicklung
- ◉ Der Plan Wallonie Cyclable
- ◉ Der Regionale Mobilitätsplan (RMP) und die Vision FAST – Mobilität 2030
- ◉ Das Wallonische Programm für ländliche Entwicklung 2014-2020
- ◉ Der Plan für nachhaltige Stickstoffbewirtschaftung

Der Umweltbericht möchte auch die Ziele für 2030 im Hinblick auf den Kurs für 2050 perspektivisch betrachten. Insbesondere der wallonische Klimarat warnt davor, dass die jährlichen Emissionsreduzierungen nach 2030 deutlich höher sein müssen, um das in dem Beschluss des wallonischen Parlaments für 2050 festgelegte Ziel zu erreichen. Tatsächlich würde, wenn man das in den PACE aufgenommene Ziel für Nicht-ETS und das Anwendungsziel für die ETS-Branche berücksichtigte, eine Reduzierung von (durchschnittlich) nur 271 ktCO<sub>2</sub>e erfolgen, während im Anschluss eine Reduzierung von mehr als 1400 ktCO<sub>2</sub>e/Jahr notwendig wäre (um -95 % zu erzielen). Die folgende Grafik veranschaulicht dies:

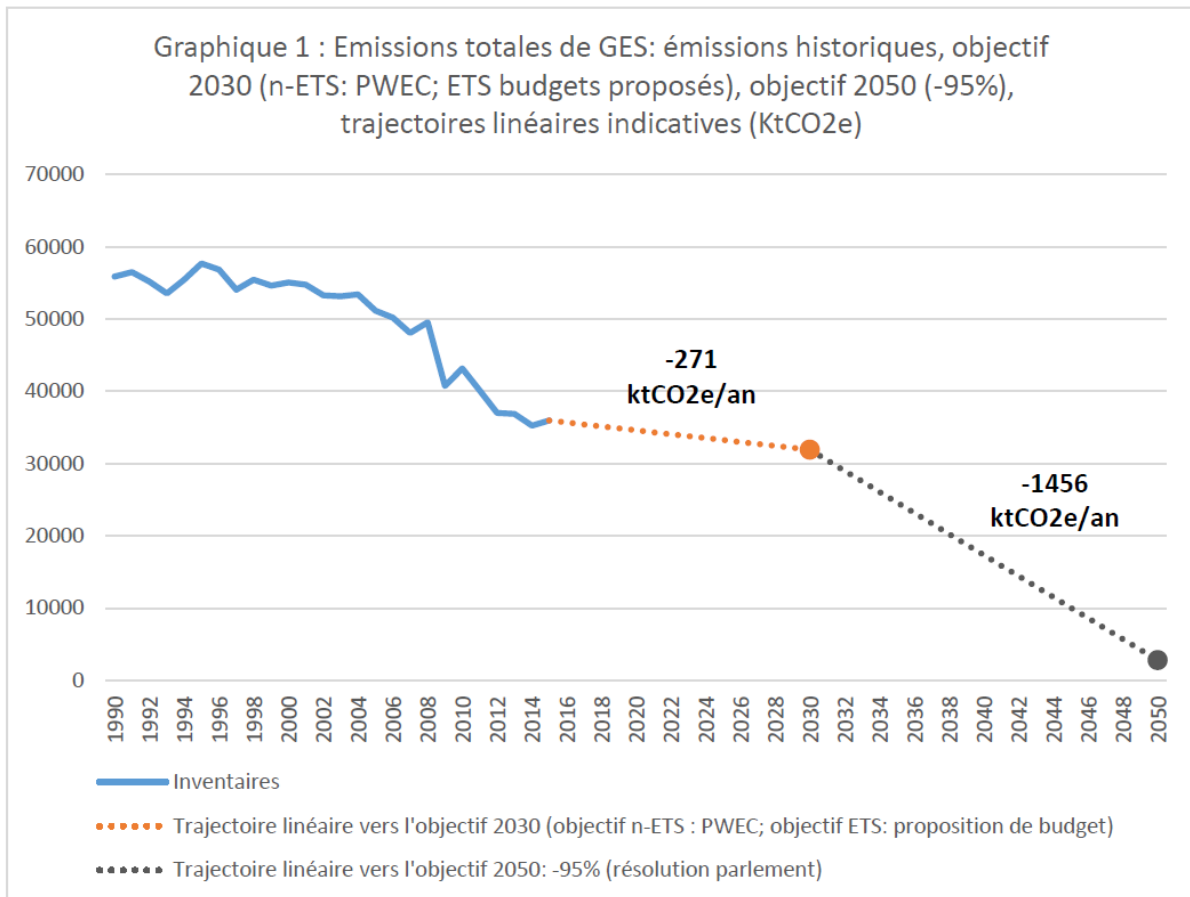


Abbildung 111: Treibhausgas-Emissionen gesamt: historische Emissionen, Ziel 2030, Ziel 2050, indikativer linearer Kurs (Wallonischer Klimarat 2019)

### 3. Alternativen zum PACE

Es versteht sich von selbst, dass, wenn der PACE nicht umgesetzt wird, die Auswirkungen auf die Klimaänderung und die Luftverschmutzung sehr groß sein werden. Gerade im Hinblick auf das Klima sind die Folgen dieser Phänomene unzählig: Einige lassen sich bereits beobachten, und ihre Verschlechterung birgt die Gefahr von „Eskalationseffekten“, und damit von schwer kontrollierbaren und größtenteils irreversiblen Folgen. Im Hinblick auf die Luftqualität wird die Verschlechterung die vorzeitige Sterblichkeit empfindlicher Menschen und die Schädigung von Ökosystemen verschärfen.

Um diese Phänomene zu vermeiden, werden manchmal Alternativen zum PACE erwähnt, insbesondere die Verlängerung der Lebensdauer von Kernkraftwerken (oder sogar ihre Erneuerung), der massive Import von erneuerbarem Strom, der Einsatz von Geo-Engineering usw. Aus Gründen der technischen, wirtschaftlichen, geopolitischen Machbarkeit sowie der Gesundheits- und Sicherheitsrisiken sind einige dieser Alternativen umstritten.

Ziel des folgenden Teils ist es, die Auswirkungen der Umsetzung des PACE zu ermitteln, und zwar in Bezug auf die Auswirkungen auf Luft, Boden, Grundwasser und Oberflächenwasser, auf die biologische

Vielfalt, die Fauna und Flora, die Bevölkerung und die menschliche Gesundheit, auf Sachwerte und das kulturelle Erbe sowie schließlich auf die Landschaft.

## 4. Auswirkungen auf die Luftqualität

Insgesamt wird die Umsetzung des PACE die Luftqualität verbessern, was übrigens eines der Hauptziele des PACE ist. Jedoch können einige Maßnahmen negative Begleiterscheinungen haben, die berücksichtigt werden müssen.

Maßnahmen zur Förderung der Entwicklung der Verbrennung von Biomasse-Energie können, über die Debatte über die Klimaneutralität hinaus, negative Auswirkungen auf die Luftqualität haben. In der Tat werden bei der Verbrennung von Biomasse feine Partikel sowie VOCs, NH<sub>3</sub> und NO<sub>x</sub> sowie PAH ausgestoßen, und dies insbesondere in leistungsschwachen Kraftwerken, in denen die Emissionskontrolle sich als komplexer erweisen kann. Die Menge dieser Emissionen hängt von der Qualität der Biomasse (Feuchtigkeitsgehalt und Holzarten), den Eigenschaften der Anlage (Art und Alter) und der Verwendung der dazugehörigen Geräte (Betriebsgeschwindigkeit, Zünd- und Lademethode, Wartung) ab.

Zum jetzigen Zeitpunkt gibt der PACE nicht an, welche Art von Biomasse verwendet wird (Grünabfall, Abfälle aus der Landwirtschaft, Holzpellets, zur Stromerzeugung angebaute Biomasse, Restmüll aus der Holzindustrie, importierte Holzbiomasse usw.). Allerdings sind die Umweltauswirkungen und die Luftqualität damit eng verbunden.

Daher wird die Verwendung von Pelletöfen weithin empfohlen, da sie weniger emittieren als ihre mit Holz gespeisten Pendanten. Ebenso können größere zentralisierte Anlagen (z. B. als Wärmenetz) im Hinblick auf die Luftqualität als vorzuziehen erachtet werden, da sie leichter mit Hochleistungstechnologien kombiniert werden können, die die Emissionen begrenzen.

Bei der Strategie zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden müssen auch Fragen der Qualität der Raumluft berücksichtigt werden. Tatsächlich kann die Wärmedämmung und Abdichtung von Wohn- und Arbeitsräumen das Gebäude in eine echte „Thermoskanne“ verwandeln, die ohne Ventilation oder einem System der Lüfterneuerung zu einem Anstieg der Luftfeuchtigkeit und der Schadstoffe in der Raumluft führt.

Die Entwicklung der Infrastruktur um die Flughäfen herum zielt darauf ab, die Mobilität um sie herum zu verbessern, führt aber auch zur Entwicklung der Flughäfen als solche und damit zu mehr Luftverkehr. Daher wird sich diese Maßnahme negativ auf die Luftqualität in der Umgebung von Flughäfen auswirken. Tatsächlich verursachen die Aktivitäten eines Flughafens Luftverschmutzung, vor allem VOCs, Partikel, NO<sub>x</sub>, ohne die erheblichen negativen Auswirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen mitzuzählen.



## 5. Auswirkungen auf die Bevölkerung und die menschliche Gesundheit

Insgesamt werden sich Maßnahmen zur Verringerung der Emissionen von SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, PM<sub>2,5</sub> sowie CO<sub>2</sub> oder NH<sub>3</sub> aufgrund ihrer positiven Auswirkungen auf die Luftqualität positiv auf die Gesundheit auswirken, insbesondere auf die vorzeitige Sterblichkeit.

Was die Auswirkungen auf die Bevölkerung betrifft, so sollte der FAST-Plan einen generell positiven Einfluss auf den Zugang der Bevölkerung zur Mobilität haben, da er genau auf die Ziele von Flüssigkeit des Verkehrs, Zugänglichkeit, Sicherheit und Gesundheit sowie Verlagerung auf alternative Verkehrsträger ausgerichtet ist. Zu diesem Zweck sollte der Plan darauf abzielen, das Gebiet so zu strukturieren, dass ein besserer Zugang zu Dienstleistungen und Einrichtungen für die gesamte Bevölkerung gewährleistet ist und somit die Durchmischung gestärkt wird. Ein heikler Punkt ist hier, glaubwürdige und zugängliche Alternativen zur Nutzung von Autos anzubieten, wobei letztere anschließend eingeschränkt oder sogar verboten werden. Darüber hinaus sollten Subsidien und Steuermaßnahmen bei Fahrzeugen so konzipiert sein, dass sie ihre regressiven Auswirkungen begrenzen (d. h. die soziale Ungleichheiten verstärken).

Die Entwicklung der Straßen- und Schieneninfrastruktur, wenn sie die zusätzliche Nutzung von „aktiven“ Verkehrsträgern ermöglicht, kann sich positiv auf die Gesundheit auswirken, indem sie die damit verbundene körperliche Aktivität erhöht. Gleichwohl müssen die Entscheidungen zur Konzeption dieser Infrastrukturen diese „aktiven Nutzer“ mitberücksichtigen, um ihre Sicherheit zu gewährleisten. Außerdem kann der Ausbau der Infrastruktur von Straßen oder der Umgebung von Flughäfen auch neue Belästigungen und Belastungen (Lärm, Luft, Sicht) für die Anwohner mit sich bringen.

Die Entwicklung erneuerbarer Energien kann, auch wenn diese zu einer visuellen und möglicherweise auch zu einer Lärmbelastung führen können, angesichts der Verringerung der bei der Energieerzeugung entstehenden Emissionen zu einer Verbesserung der Auswirkungen auf die Gesundheit beitragen. Allerdings wird ein heikler Punkt in Bezug auf Biomasse und die gesundheitlichen Auswirkungen der bei der Verbrennung entstehenden Feinstaubemissionen erwähnt (siehe Abschnitt Luftqualität).

Es wird ebenfalls das Risiko eines regressiven Effekts der finanziellen Unterstützung für grüne Heizungsanlagen in Wohngebäuden erwähnt.

Die Strategie zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden hat, durch ihre Auswirkungen auf die Außenluftqualität, insgesamt positive Auswirkungen auf die Gesundheit. Die Bemerkung zur Raumluftqualität bei fehlender Lüfterneuerung hat wohlgekannt Auswirkungen auf die Gesundheit der Raumnutzer. Diese Strategie hat auch positive Auswirkungen auf die Bevölkerung, indem sie den Zugang zu sauberem Wohnraum und Strom (weil sie zur Senkung der Energiekosten führt) verbessert. Die vorgesehene Begleitung bei der Umsetzung dieser Strategie kann sich auch positiv auswirken, indem sie kollektive Ansätze zur Unterstützung des Wandels, wie z. B. lokale, kollektive und Vereinsprojekte, die Tätigkeit der Akteure vor Ort, im Bereich des lebenslangen Lernens usw., fördert. Schließlich zielen die vorgeschlagenen Begleitmaßnahmen darauf ab, die regressive Wirkung des geplanten Prämiensystems für die Renovierung einzuschränken.

Maßnahmen zur Entwicklung der lokalen Dynamik (POLLEC) wirken sich, durch den diesem Programm vorgeschlagenen Rahmen für gemeinschaftliche Ansätze positiv auf die Bevölkerung aus.

Die gleichen positiven Auswirkungen sind auch von Maßnahmen zur Flexibilisierung des Stromverbrauchs und der Stromerzeugung zu erwarten, da sie darauf abzielen, „das kollektive Wohlbefinden zu maximieren, insbesondere durch Programme des Eigenverbrauchs, kollektiven und lokalen Eigenverbrauch und die Entwicklung von Mikro-Netzen“. „Diese Flexibilitätsmaßnahmen können jedoch negative Auswirkungen auf die Bevölkerung haben, was den Zugang zu Energie und regressive Effekte betrifft. Tatsächlich erschwert die dynamische Preisgestaltung das Management der Haushalte, von denen einige nicht in der Lage sein werden, auf das gesendete Preissignal zu reagieren. Darüber hinaus würde der Einsatz intelligenter Zähler den größten Verbrauchern Vorteile bringen, während die Kosten für gefährdete Haushalte höher sein könnten als die erreichbare Spanne für die Verbrauchsreduzierung. Schließlich verlangt das Preissystem, dass bei der Gestaltung Aspekte der sozialen Gerechtigkeit berücksichtigt werden, da sonst die Netzwerkkosten ungerecht auf die Bevölkerung verteilt werden können. Was schließlich die Gesundheit betrifft, so könnte der Einsatz von Technologien, die diese Flexibilität ermöglichen, die Menge der elektromagnetischen Wellen in der Umwelt erhöhen, deren Auswirkungen auf die Gesundheit noch diskutiert werden.

## **Auswirkungen auf die biologische Vielfalt, die Fauna und Flora (einschließlich Vogelschutz- und FFH-Richtlinie)**

Insgesamt haben die Maßnahmen zur Reduzierung der SO<sub>x</sub>-, NO<sub>x</sub>-, VOC-, PM<sub>2,5</sub>- und NH<sub>3</sub>-Emissionen positive Auswirkungen auf die Biodiversität und die wallonischen Ökosysteme. Bei der Ersetzung eines Stoffes durch einen anderen (z. B. im Falle von Lösungsmittel) ist darauf zu achten, dass die Alternativen selbst auch das Gleichgewicht der Ökosysteme respektieren. Alle Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen zielen auf die Begrenzung des Klimawandels ab, dessen negative Auswirkungen auf die Biodiversität bekannt sind. Der PACE wird sich daher insgesamt positiv auf den Schutz der Biodiversität vor Klimagefahren auswirken.

Andererseits können Maßnahmen zur Entwicklung erneuerbarer Energien, durch den Aufbau und das Vorhandensein von Infrastrukturen zur Erzeugung erneuerbarer Energien (z. B. Windkraftanlagen oder bodennahe Fotovoltaikfelder) in einem Naturgebiet, Störungen von Biotopen verursachen. Um dieses Risiko zu begrenzen, sagt die Gesetzgebung, dass solche Infrastrukturen in Gebieten mit hohem biologischen Wert nicht zulässig sind.

Bei Windkraftanlagen können Kollisionen mit beweglichen Rotorblättern auftreten, dies betrifft vor allem bestimmte Vogelarten (in einer Anzahl von 0 bis 30 Kollisionen pro Jahr und Turm) und Fledermäuse. Die Gefahr von Kollisionen besteht ebenfalls bei der Entwicklung von Freileitungen, die den Einsatz erneuerbarer Energien und die Erhöhung der Flexibilität des Energiebedarfs begleiten könnten.

Im Falle von Wasserturbinen müssen eine Reihe von Bedingungen erfüllt sein, um keine Schäden im aquatischen Biotop zu verursachen (Änderung der Wasserströmung oder Sedimentströmungen).

Im Falle des Anbaus von Biomasse für Energiezwecke ist es wichtig, sich über den Platzbedarf für spezielle Kulturen (Sojabohnen, Rüben, Holzenergie) im Klaren zu sein. Der Wirkungsgrad bei der Umwandlung von Sonnenenergie in Biomasseenergie ist sehr mager. Es wird daher besser sein, sich auf die Verwendung organischer Abfälle zu konzentrieren, als auf die Verwendung von Pflanzen, die speziell für die Energieerzeugung bestimmt sind. Es ist trotz allem festzustellen, dass die Entwicklung der Holzenergie unter bestimmten Bedingungen für die Biodiversität interessant sein könnte. Wir denken hier an die Kleinproduktion zur Verbesserung der lokalen Produktion unter Berücksichtigung der natürlichen Vegetationszyklen.

Die Strategie zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden könnte durch Renovierungsmaßnahmen (Isolierung von Fassaden, Dächern, Abdichtung der Gebäudehülle) den Verlust von ökologischen Nischen verstärken, was insbesondere die Populationen von Fledermäusen,

bestimmten Arten von Fledertieren, überwinternden Schmetterlingen, Vögeln oder kleinen Säugetieren, wie dem Gartenschläfer, treffen würde.

Darüber hinaus führt der Ausbau der Straßen- oder Schieneninfrastruktur oft zur Versiegelung von Böden, zur Zerstörung von Lebensräumen und zur Isolierung bestimmter Bereiche von biologischem Interesse. Auch wenn diese Situation in einigen Fällen der Entwicklung einheimischer Arten förderlich sein kann, die die Wegbereiter von offenen Lebensräumen sind, ist es wichtig, jedes Entwicklungsprojekt unter besonderer Berücksichtigung der lokalen Biodiversität zu betrachten.

Die Ausbaggerung von Wasserwegen könnte die toxischen Substanzen, die letztendlich (zumindest teilweise) innerhalb der Sedimentablagerungen eingeschlossen waren, wieder auflösen und loslösen. Die massenweise freigesetzten toxischen Substanzen werden daher wahrscheinlich von den Organismen aufgenommen. Die Resuspension von Partikeln kann auch die Lichtmenge reduzieren, die für die Fotosynthese von Wasserpflanzen zur Verfügung steht.

## Auswirkungen auf die Böden

Die Luftverschmutzung hat negative Auswirkungen auf die Bodenqualität. In die Atmosphäre abgegebene Schadstoffe (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, NH<sub>3</sub>, Feinstaub usw.) gelangen ins Wasser und ins Erdreich (z. B. durch sauren Regen, der zur Versauerung des Bodens führt). Daher wird die im PACE vorgesehene Verringerung der Schadstoffemissionen der Bodenqualität insgesamt zugute kommen.

Die Entwicklung erneuerbarer Energien, von Speichersystemen und Technologien der Nachfragesteuerung wird dagegen zu einer steigenden Nachfrage nach Mineralien führen, insbesondere nach Lithium und Kobalt, Kupfer, Nickel, Aluminium, aber auch nach seltenen Erden (Neodym, Yttrium etc.), die in den betroffenen Regionen zu erheblichen Auswirkungen auf die Umwelt führen. Es stimmt zwar, dass die Gewinnung derzeit außerhalb des wallonischen Territoriums stattfindet, dies ist jedoch nicht immer der Fall, und es erscheint auf jeden Fall notwendig, bei einer Umweltverträglichkeitsprüfung über territoriale Aspekte hinauszugehen.

Vor Ort wird der Ausbau der Straßen- oder Schieneninfrastruktur den Grad der Versiegelung von Böden in der Wallonie erhöhen, was zum Verlust natürlicher und landwirtschaftlicher Ressourcen, zur Bodenversiegelung, zur Störung des natürlichen Wasserkreislaufs und zur Fragmentierung der natürlichen Lebensräume führt.

Die Maßnahmen zur Steigerung der Erzeugung von erneuerbarer Wärme schließen die Entwicklung der Geothermie mit ein. Dabei dürfte es sich vor allem um Niedertemperatur-Geothermie unter Einsatz von Wärmepumpen handeln und somit kein signifikantes Risiko für die Bodenqualität und die seismischen Aktivitäten darstellen. Andererseits könnte die Nutzung von geothermischen Vorkommen in größeren Tiefen (von 1000 bis 5000 Metern Tiefe) seismische Risiken oder andere Risiken durch vertikale Bodenbewegungen (Senkungen oder Erhebungen) mit sich bringen, weshalb jedes Projekt einzeln bewertet werden sollte.

Der Einsatz von Biomasseenergie wird zur Verwendung von pflanzlichen (oder tierischen) Abfällen oder biobasierten Rohstoffen (Holz oder spezieller Anbau von Pflanzen wie Raps oder Rüben) führen. Der spezielle Anbau von Pflanzen erfordert die Nutzung sehr großer land- und forstwirtschaftlicher Flächen. Tatsächlich ist der Umwandlungswirkungsgrad der Solarenergie durch Biomasse besonders niedrig (0,6 % im Vergleich zu 20 % eines Fotovoltaikpaneels). Unter diesem Gesichtspunkt wird es vorzuziehen sein, die Nutzung von Biomasse-Energie in Form von pflanzlichen (oder sogar tierischen) Abfällen gegenüber der Verwendung von speziellen Pflanzen zu bevorzugen. Ebenso sollte der Nutzung von Biomasseenergie nur in Anwendungsbereichen, in denen dies unbedingt erforderlich ist, Vorrang eingeräumt werden. Unter diesen Bedingungen ist es besser, die Verwendung von Biomasse zur Gebäudeheizung (ob Pellets, Hackschnitzel oder Rundholz) nicht zu fördern. Es sei auch darauf hingewiesen, dass Spezialkulturen zu intensiven landwirtschaftlichen Praktiken führen können, die sich



negativ auf die Bodenqualität auswirken. Sie führen zu einer Verdichtung und Zerstörung des Bodens, aber auch zum Verlust seiner Fähigkeit, Kohlenstoff zurückzuhalten. Darüber hinaus machen intensive Monokulturen die Böden anfälliger für Wassererosion.

## Auswirkungen auf das Grund- und Oberflächenwasser

Die Maßnahmen zur Reduzierung von SO<sub>x</sub>-, NO<sub>x</sub>-, VOC-, PM<sub>2,5</sub>- sowie CO<sub>2</sub>-Emissionen führen zu einer Verringerung von Ablagerung aus der Luft im Wasser. Die Auswirkungen insgesamt dieser Maßnahmen sind daher positiv.

Insbesondere die Reduzierung der Emissionen von Schwefel- und Stickoxiden wirkt sich positiv auf die Wasserqualität aus und, denn dies reduziert das Risiko von saurem Regen. Ebenso erlaubt es die Reduzierung der Emissionen von Stickstoffverbindungen, das Phänomen der Eutrophierung zu reduzieren, welches die Ursache für abnormales Algenwachstum ist, das zu einer Verringerung des Sauerstoffgehalts im Wasser und zu einer Störung der Wassersysteme führt, was für bestimmte Arten gefährlich sein könnte.

Verschiedene PACE-Maßnahmen zielen auf die Reduzierung der NH<sub>3</sub>-Emissionen im Agrarsektor ab. Diese Verbindung kommt in Gewässern nach starken Niederschlägen vor und trägt zum sauren Regen und zur Eutrophierung der Gewässer bei. Darüber hinaus kann eine übermäßige Zufuhr von stickstoffhaltigen Düngemitteln dazu führen, dass das Grundwasser nicht mehr trinkbar ist (Überschreitung der Grenze der Nitratkonzentration). Die Reduzierung dieser Emissionen ermöglicht es daher, diese negativen Auswirkungen auf die aquatische Umwelt zu reduzieren.

Der Ausbau der Straßen- und Schieneninfrastruktur vergrößert das Ausmaß versiegelter Oberflächen und damit der Undurchlässigkeit von Böden. Dies wirkt sich negativ auf das Wasser aus und verhindert, dass der Boden seine Funktionen der Absorption, Speicherung, Filterung und des langsamen Abfließens vollständig erfüllt. Die induzierten Auswirkungen sind somit die Gefahr von Überschwemmungen oder Dürren, der Deregulierung des Durchflusses von Wasser (insbesondere Hochwasser), der Verringerung der Grundwasserneubildung und möglicherweise des Eindringens von Wasser, das durch den Abfluss auf verseuchten und undurchlässigen Oberflächen verseucht wurde.

Das Ausbaggern von Wasserstraßen könnte dazu führen, dass vergrabene Sedimente, die in der Vergangenheit verseucht gewesen sein könnten, in die Gewässer zurückgeführt werden. Diese Partikel können umweltschädlich sein und die Wasserqualität negativ beeinflussen.

Die Entwicklung erneuerbarer Wärme durch Geothermie erfordert eine Unterscheidung zwischen tiefer und flacher Geothermie (z. B. Wärmepumpen). Bei der Tiefengeothermie kann die Verdrängung von Wassermassen zu Risiken der Wasserverschmutzung führen, und zwar auf mehreren Prozessstufen. Außerdem sollte sichergestellt werden, dass die Wassermengen verfügbar sind und andere Bedarfe in der Umgebung nicht gefährden.

Die Emissionen von Luftschadstoffen im Zusammenhang mit der Entwicklung von erneuerbarer Wärme durch Biomasseverbrennung können sowohl dazu führen, dass die Konzentration von Mikroverunreinigungen (VOC und PAK etc.) im Wasser überschritten wird, als auch zu saurem Regen (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> etc.). Die Bedeutung der Eigenschaften der Verbrennungsanlage und die Art der Anwendung dieser Instrumente werden daher noch einmal betont.

## Auswirkungen auf Sachgüter und das Kulturerbe

Die Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen von SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, PM<sub>2,5</sub> und CO<sub>2</sub> im Verkehrssektor, die aus stationären Quellen stammen (Industrie, Tertiär und Wohnen) werden sich positiv auf die Luftqualität auswirken und damit die Schädigung der materiellen Güter in der Umgebung verringern. Dieser Effekt wird sowohl durch geringere Emissionen im Verkehr als auch durch stationäre Quellen, die im Allgemeinen geolokalisiert wirken, wie bei Gebieten mit niedrigen Emissionen, zu beobachten sein.

Die Verringerung der NH<sub>3</sub>-Emissionen in der Landwirtschaft sollte auch dazu beitragen, den sauren Regen zu reduzieren, welcher die Gebäude erodiert und zum Verfall bestimmter Gesteinsarten führen kann.

Der Ausbau der Straßen- und Schieneninfrastruktur und der Ausbau der Infrastruktur in der Nähe von Flughäfen könnte aufgrund der von ihnen verursachten Belastungen (Lärm, Verkehr, Frequenz, Störungen während der Bauarbeiten etc.) einen potenziellen Wertverlust der Immobilie darstellen. Es sei auch darauf hingewiesen, dass die Entwicklung neuer Infrastrukturen manchmal den Abbruch bestimmter Gebäude erfordert. Allerdings könnte durch eine verbesserte Zugänglichkeit bestimmter Wohngebiete auch ein positiver Effekt beobachtet werden, der sich auch auf die Immobilien auswirkt.

Die Entwicklung erneuerbarer Energien kann sich angesichts der dadurch verursachten Verringerung der Schadstoffemissionen positiv auswirken, indem sie die Beschädigungen von Gebäuden verringert. Hingegen könnte auf lokaler Ebene die Nähe zu Infrastrukturen zur Erzeugung erneuerbarer Energien den Immobilienwert eines Gebäudes verringern.

Die Strategie zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden, wenn diese den allgemeinen Immobilienwert des renovierten Gebäudes steigert, wirft allerdings einige Fragen zu den unter Denkmalschutz stehenden Gebäuden auf.

## Auswirkungen auf die Landschaften

Die Europäische Landschaftskonvention definiert Landschaften als „einen Teil des Territoriums, dessen Charakter, so wie es von der Bevölkerung wahrgenommen wird, sich aus der Wirkung natürlicher und/oder menschlicher Faktoren und ihrer Wechselbeziehungen ergibt“. Es sei darauf hingewiesen, dass es in Belgien keine Landschaft mehr gibt, die frei von jeglichem menschlichen Eingriff ist. Unser Land und unsere Wälder bilden da keine Ausnahme. Ebenso ist Landschaft ein dynamisches Konzept, das sich ständig weiterentwickelt, wenn sich die Organisation der Gesellschaft verändert.

Die Entwicklung der erneuerbaren Energien erfordert die Mobilisierung wesentlicher Teile des Territoriums und damit die Beeinflussung der Landschaften, sei es durch den Einsatz von Fotovoltaik, Windkraft oder in geringerem Maße von Biomasse, bei der land- und/oder forstwirtschaftliche Flächen bereitgestellt würden.

Was die Maßnahmen der Flexibilisierung der Stromerzeugung und des Stromverbrauchs betrifft, so wird diese Flexibilisierung keine großen Auswirkungen auf die wallonischen Landschaften haben, wohl aber die mögliche Entwicklung neuer Stromübertragungs- und -verteilungsleitungen, die damit einhergehen könnten.



## TEIL G: Literaturverzeichnis

- ADEME. 2007. „Les émissions atmosphériques de la combustion de biomasse“.
- Afac. 2016. „Détermination de facteurs d'émission de polluants des foyers domestiques alimentés au bois“. Einreichung des Projekts CORTEA, Afac. ADEME.
- APERe. 2014. „Energies renouvelables“. Text. APERe asbl. 14. August 2014. <https://www.apere.org/fr/energies-renouvelables>.
- . o. D. „L'énergie durable se développera sans « terres rares » | Renouvelle“. Abgerufen am 18. Februar 2019. <https://www.renouvelle.be/fr/debats/lenergie-durable-se-developpera-sans-terres-rares>.
- Archer, David und und Victor Brovkin. 2008. „The millennial atmospheric lifetime of anthropogenic CO<sub>2</sub>“. *Climatic Change* 90 (3): 283-97. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9413-1>.
- Arnett, Edward B. und Erin F. Baerwald. 2013. „Impacts of Wind Energy Development on Bats: Implications for Conservation“. In *Bat Evolution, Ecology, and Conservation*, herausgegeben von Rick A. Adams und Scott C. Pedersen, 435-56. New York, NY: Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7397-8\\_21](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7397-8_21).
- AWAC. 2017. „Emissions GES WAL 1990-2015“. [http://www.awac.be/images/Pierre/Inventaires\\_GES/AWAC-AG-Emissions%20GES%20WAL%201990-2015%20110517\\_2.pdf](http://www.awac.be/images/Pierre/Inventaires_GES/AWAC-AG-Emissions%20GES%20WAL%201990-2015%20110517_2.pdf).
- . 2019a. „Conséquences de la qualité de l'air sur la santé humaine“. 2019. <http://www.awac.be/index.php/thematiques/qualite-de-l-air/les-consequences/effet-sur-la-sante-humaine#exposition-a-la-bact%C3%A9rie-legionella>.
- . 2019b. „Conséquences de la qualité de l'air sur les biens et sur l'économie.“ 2019. <http://awac.be/index.php/thematiques/qualite-de-l-air/les-consequences/effet-sur-les-biens-et-sur-l-economie>.
- . o. D. „Qualité de l'air“. <http://www.awac.be/index.php/thematiques>.
- Beddington, John, Steven Berry, Ken Caldeira, Wolfgang Cramer, Felix Crutzig, Eric Lambin und Jean-Pascal Van Ypersele. 2018. „Lettre des scientifiques au Parlement européen concernant la biomasse forestière“, Januar 2018.
- Bellard, Céline, Cleo Bertelsmeier, Paul Leadley, Wilfried Thuiller und Franck Courchamp. 2012. „Impacts of Climate Change on the Future of Biodiversity“. *Ecology Letters* 15 (4): 365-77. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x>.
- Bennett, G. und und K.J. Mulongoy. 2006. „Review of Experience with Ecological Networks Corridors and Buffer Zones“, März, 103.
- Bond Beter Leefmilieu, Inter-Environnement Wallonie, WWF und Greenpeace auf Grundlage einer Analyse von 3E. 2016. „Notre avenir énergétique: en route pour un système énergétique belge axé sur le renouvelable“. [http://www.iew.be/IMG/pdf/our\\_energy\\_future\\_2016\\_fr\\_pdf.pdf](http://www.iew.be/IMG/pdf/our_energy_future_2016_fr_pdf.pdf).
- Brignon, Jean-Marc. 2003. „Les effets environnementaux des particules“. *Pollution atmosphérique*, n° N°177. <https://doi.org/10.4267/pollution-atmospherique.1905>.
- Bruxelles Environnement. 2015a. „Les effets du Black Carbon sur santé“. 2015. <https://environnement.brussels/etat-de-lenvironnement/synthese-2011-2012/environnement-et-sante/les-effets-de-black-carbon-sur-la>.
- . 2015b. „RIE DE L'AVANT-PROJET DE PLAN RÉGIONAL AIR-CLIMAT-ÉNERGIE Rapport sur les incidences environnementales de l'avant-projet de Plan Régional Air-Climat-Energie“.
- . 2019. „Influence de la mobilité sur la qualité de l'air“. 2019. <https://environnement.brussels/thematiques/air-climat/qualite-de-lair/influence-de-la-mobilite>.
- „Cadre de référence pour l'implantation d'éoliennes en Région wallonne“. o. D. Site énergie du Service Public de Wallonie. Zuletzt abgerufen am 25. Februar 2019.



- <https://energie.wallonie.be/fr/cadre-de-referance-pour-l-implantation-d-eoliennes-en-region-wallonne.html?IDD=11176&IDC=6170>.
- CE. 2012. „Lignes directrices concernant les meilleures pratiques pour limiter, atténuer ou compenser l'imperméabilisation des sols“.
- Chatzivasileiadis, S., D. Ernst und G. Andersson. 2013. „The global grid“. *Renewable Energy: An International Journal*, 57, pp 372-383.
- Chiabrando, Roberto, Enrico Fabrizio und Gabriele Garnero. 2009. „The Territorial and Landscape Impacts of Photovoltaic Systems: Definition of Impacts and Assessment of the Glare Risk“. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (9): 2441-51. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.06.008>.
- Claeys, Grégory, Gustav Fredriksson und Georg Zachmann. 2018. „The Distributional Effects of Climate Policies | Bruegel“. 14. November 2018. <http://bruegel.org/2018/11/distributional-effects-of-climate-policies/>.
- „CoDT - Code du développement territorial“. o. D. Zuletzt abgerufen am 25. Februar 2019. [http://lampspw.wallonie.be/dgo4/site\\_amenagement/juridique/codt](http://lampspw.wallonie.be/dgo4/site_amenagement/juridique/codt).
- Collet, Serge, Isaline Fraboulet und Jean Poulleau. 2018. „Synthèses des études à l'émission réalisées par l'INERIS sur la combustion du bois en foyers domestiques“. Synthèses des études à l'émission réalisées par l'INERIS sur la combustion du bois en foyers domestiques. INERIS. <https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/DRC-17-164787-10342A.pdf>.
- Comité wallon d'experts sur le climat. 2019. „Avis du Comité wallon d'experts sur le climat sur l'ambition générale du projet de Plan Wallon Energie Climat 2030“. [http://www.awac.be/images/Pierre/Actualit%C3%A9s/comite\\_expert/2018\\_02\\_22\\_-\\_Avis\\_no5\\_PWEC.pdf](http://www.awac.be/images/Pierre/Actualit%C3%A9s/comite_expert/2018_02_22_-_Avis_no5_PWEC.pdf).
- Commission européenne. 2015. „Climate change, factsheet.“
- . 2016a. „Factsheet on the Commission's proposal on binding greenhouse gas emission reductions for Member States (2021-2030)“. [http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-16-2499\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-16-2499_en.htm).
- . 2016b. „Les Effets Du Changement Climatique“. Action Pour Le Climat - European Commission. 23 novembre 2016. [https://ec.europa.eu/clima/change/consequences\\_fr](https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_fr).
- Committee on Climate Change. 2015. „Fifth Carbon Budget Report“. <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2015/11/Committee-on-Climate-Change-Fifth-Carbon-Budget-Report.pdf>.
- . 2018. „Biomass in a low-carbon economy“. <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2018/11/Biomass-in-a-low-carbon-economy-CCC-2018.pdf>.
- „Convention européenne du paysage“. 2000. 20 octobre 2000. <http://environnement.wallonie.be/legis/international/convention023.htm>.
- Cuéllar-Franca, Rosa M. und Adisa Azapagic. 2015. „Carbon capture, storage and utilisation technologies: A critical analysis and comparison of their life cycle environmental impacts“. *Journal of CO2 Utilization* 9: 82-102. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2014.12.001>.
- Derouaux, Antoine, Joris Everaert, Nicolas Brackx, Gerald Driessens, Martin Gil und Jean-Yves Paquet. o. D. „Reducing Bird Mortality Caused by High- and Very-High-Voltage Power Lines in Belgium“, 55.
- Devogelaer, D., J. Duerinck, D. Gusbin, Y. Marenne, W. Nijs, M. Orsini und M. Pairon. 2012. „Towards 100% Renewable Energy in Belgium by 2050“.
- DGO4. 2019. *Code du Développement territorial Mise à jour au 22 janvier 2019*. [http://lampspw.wallonie.be/dgo4/tinymvc/apps/amenagement/views/documents/juridique/codt/CoDT\\_Fr.pdf](http://lampspw.wallonie.be/dgo4/tinymvc/apps/amenagement/views/documents/juridique/codt/CoDT_Fr.pdf).

- Doumont, Dominique und Ségolène Malengreaux. 2017. „Lorsque les ondes électromagnétiques s’invitent à l’école : les effets sur la santé ?“ Service universitaire de promotion de la santé. Bruxelles Woluwé: UCL.
- Drewitt, Allan L. und Rowena H. W. Langston. 2006. „Assessing the Impacts of Wind Farms on Birds“. *Ibis* 148 (s1): 29-42. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00516.x>.
- ECOFYS, Fraunhofer und Copenhagen Economics. 2017. „Healthy Homes Barometer 2017“.
- Ecorem, Vito und Service géologique de Belgique. 2011. „Etude des obstacles à la géothermie profonde (basse et haute énergie)“. <https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/rapport-final-obstacles-a-la-geothermie-profonde-rw-dgo4.pdf?ID=30510>.
- EEA. 2018a. „Chemicals in European waters“.
- . 2018b. „European waters Assessment of status and pressures“.
- Elia. o. D. „La pose de liaisons souterraines pour le transport de l’électricité à haute tension“. [https://www.elia.be/~media/files/Elia/publications-2/brochures/Brochure-Cable\\_pose-des-liaisons-souterraines\\_FR.pdf](https://www.elia.be/~media/files/Elia/publications-2/brochures/Brochure-Cable_pose-des-liaisons-souterraines_FR.pdf).
- „EMF Electric and Magnetic Fields Associated with the Use of Electric Power“. o. D., 65.
- Etat fédéral et régions. 2017. *Pacte énergétique Interfédéral Belge, Une vision commune pour la transition*.
- „EUR-Lex - 31979L0409 - EN - EUR-Lex“. o. D. Zuletzt aufgerufen: März 2019. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX%3A31979L0409>.
- „EUR-Lex - 31992L0043 - EN - EUR-Lex“. o. D. Zuletzt aufgerufen: 7. März 2019. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX%3A31992L0043>.
- „EUR-Lex - 32009L0147 - EN - EUR-Lex“. o. D. Zuletzt aufgerufen: 7. März 2019. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0147>.
- European Commission. 2017. „Clean Air Programme“. [http://ec.europa.eu/environment/air/clean\\_air/index.htm](http://ec.europa.eu/environment/air/clean_air/index.htm).
- . 2019. „Particules fines“. 2019. <http://archive.wikiwix.com/cache/?url=http%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Fhealth%2Fopinions%2Ffr%2Fpollution-air-interieur%2Fglossaire%2Fpqr%2Fparticules-fines.htm>.
- . o. D. „2030 climate & energy framework“. [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_en#tab-0-0](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en#tab-0-0).
- European Environment Agency. 2017. „Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016 – Last Update July 2017“. GUIDEBOOK. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016 – Last Update July 2017. European Environment Agency.
- . 2018. „Air quality in Europe - 2018 report“. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018>.
- Favez, Oliver, Alexandre Albinet und Robin Aujay. 2015. „Impact de la combustion de biomasse sur les concentrations de PM10 dans 10 agglomération du programme CARA au cours de l’hiver 2014 - 2015“. LCSQA/INERIS.
- Fondation Roi Baudouin. 2011. „Politiques d’atténuation du changement climatique et justice sociale en Belgique“.
- Fondation Roi Baudouin. 2011. „Politiques d’atténuation Du Changement Climatique et Justice Sociale En Belgique“. [http://igeat.ulb.ac.be/fileadmin/media/publications/CEDD/KBF-CCMPsj-rapport\\_final\\_phase2.pdf](http://igeat.ulb.ac.be/fileadmin/media/publications/CEDD/KBF-CCMPsj-rapport_final_phase2.pdf).
- García-Gómez, Héctor, Gina Mills, Jürgen Bender, Elke Bergmann, Ignacio González, Giacomo Gerosa, Victoria Bermejo et al. 2013. „Impacts of ozone in biodiversity.“ In , 31-42
- George Marshall. 2017. „Le syndrome de l’autruche“. Actes Sud.

- GIEC. 2014. „Changements climatiques, rapport de synthèse, résumé à l’intention des décideurs“. [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_SPM\\_fr.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM_fr.pdf).
- Groupe d’Etude et d’Observation sur le Dragage et l’Environnement. 2012.
- Guerreiro, Cristina, Alberto González Ortiz, Frank de Leeuw, Mar Viana, Augustin Colette und European Environment Agency. 2018. *Air Quality in Europe - 2018 Report*. [https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018/at\\_download/file](https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018/at_download/file).
- Hadley, Odelle L. und Thomas W. Kirchstetter. 2012. „Black-Carbon Reduction of Snow Albedo“. *Nature Climate Change* 2 (6): 437-40. <https://doi.org/10.1038/nclimate1433>.
- Huenges, Ernst, Thomas Kohl, Olaf Kolditz, Judith Bremer, Magdalena Scheck-Wenderoth und Thomas Vienken. 2013. „Geothermal Energy Systems: Research Perspective for Domestic Energy Provision“. *Environmental Earth Sciences* 70 (8): 3927-33. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2881-2>.
- ICEDD. 2014. „L’identification et l’évaluation des coûts de l’inaction face au changement climatique en Wallonie Partie 1 – Les coûts de l’inaction“, 372.
- ICEDD, Bruxelles Environnement. 2019. „Guide gestion écologique des espaces verts en cours de rédaction“.
- ICEDD, Université de Liège, Unité de Gestion des Ressources forestières et des Milieux naturels und Gembloux Agro bio tech. 2013. „Rapport sur les incidences environnementales (RIE) de la carte positive de référence traduisant le cadre de référence actualisé relatif au grand éolien en region wallonne“.
- „IDEA - Le Bassin de Mons“. o. D. Consulté le 15 février 2019. <http://www.idea.be/fr/geothermie/les-ressources-naturelles-regionales/le-bassin-de-mons.html>.
- Institut national de la recherche scientifique (Québec) - Centre Eau Terre Environnement. 2015. „Impacts environnementaux potentiels liés à la géothermie profonde“.
- International Civil Aviation Organization. 2011. „Airport Air Quality Manual\_Doc 9889“. [https://www.icao.int/publications/Documents/9889\\_cons\\_en.pdf](https://www.icao.int/publications/Documents/9889_cons_en.pdf).
- IPCC. 2018. „Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp“.
- IRCELINE. 2017. „Journée sans voiture en ville dimanche 17 septembre 2017“. 2017. <http://www.irceline.be/fr/nouvelles/journee-sans-voiture-en-ville-dimanche-17-septembre-2017>.
- IRENA. 2016. „The power to change: solar and wind cost reduction potential to 2025“. <http://www.irena.org/publications/2016/Jun/The-Power-to-Change-Solar-and-Wind-Cost-Reduction-Potential-to-2025>.
- IWEPS. 2018. „L’utilisation et l’artificialisation du sol“. [https://www.iweps.be/wp-content/uploads/2018/12/Fiche-2\\_UtilSol\\_vnov18.pdf](https://www.iweps.be/wp-content/uploads/2018/12/Fiche-2_UtilSol_vnov18.pdf).
- IWEPS, ICEDD, SONECOM und Fédération Wallonie-Bruxelles. 2018. „Evaluation des réformes récentes du système de primes et prêts “Energie & Logement”: Résultats intermédiaires.“
- Janss, Guyonne F. E. und Miguel Ferrer. 1998. „Rate of Bird Collision with Power Lines: Effects of Conductor-Marking and Static Wire-Marking (Tasa de Choques por Parte

- de Aves con Líneas del Tendido Eléctrico: Efecto de Marcadores de Conducción y Marcadores de Estática“. *Journal of Field Ornithology* 69 (1): 8-17.
- Kathleen Gillijns und Gérard Govers. 2005. „Erosion des sols en Belgique“. <http://www.giser.be/wp-content/uploads/2011/11/erosion-des-sols-en-Belgique-2005.pdf>.
- Knopf, Brigitte, Yen-Heng Henry Chen, Enrica De Cian, Hannah Förster, Amit Kanudia, Ioanna Karkatsouli, Ilkka Keppo, Tiina Koljonen, Katja Schumacher und Detlef P. Van Vuuren. 2013. „Beyond 2020 — strategies and costs for transforming the european energy system“. *Climate Change Economics* 04 (supp01): 38. <https://doi.org/10.1142/S2010007813400010>.
- KULeuven. 2019. „KU Leuven Scientists Crack the Code for Affordable, Eco-Friendly Hydrogen Gas“. 26 février 2019. <https://nieuws.kuleuven.be/en/content/2019/belgian-scientists-crack-the-code-for-affordable-eco-friendly-hydrogen-gas>.
- Kuvlesky, William P., Leonard A. Brennan, Michael L. Morrison, Kathy K. Boydston, Bart M. Ballard und Fred C. Bryant. 2007. „Wind Energy Development and Wildlife Conservation: Challenges and Opportunities“. *Journal of Wildlife Management* 71 (8): 2487-98. <https://doi.org/10.2193/2007-248>.
- Larcher, D. und J.-M. Tarascon. 2015. „Towards Greener and More Sustainable Batteries for Electrical Energy Storage“. *Nature Chemistry* 7 (1): 19-29. <https://doi.org/10.1038/nchem.2085>.
- L’Echo. 2019. „Deux projets flamands pour capturer le CO2“. L’Echo. 28 mars 2019. <https://www.lecho.be/dossier/climat/deux-projets-flamands-pour-capturer-le-co2/10111889.html>.
- „Life Elia · Le projet“. o. D. Consulté le 8 mars 2019. <http://www.life-elia.eu/fr/Le-projet>.
- Likens, G. E., C. T. Driscoll und D. C. Buso. 1996. „Long-Term Effects of Acid Rain: Response and Recovery of a Forest Ecosystem“. *Science* 272 (5259): 244-46. <https://doi.org/10.1126/science.272.5259.244>.
- Liliana, Masdrag. 2006. „Activité et sélectivité de catalyseurs de stockage-réduction des NOx pour la dépollution automobile. Influence de la nature des réducteurs présents“, 241.
- Lucas, Manuela de, Guyonne F.E. Janss und Miguel Ferrer. 2004. „The Effects of a Wind Farm on Birds in a Migration Point: The Strait of Gibraltar“. *Biodiversity & Conservation* 13 (2): 395-407. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000006507.22024.93>.
- May, R., O. Reitan, K. Bevanger, S. -H. Lorentsen und T. Nygård. 2015. „Mitigating wind-turbine induced avian mortality: Sensory, aerodynamic and cognitive constraints and options“. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 42 (Februar): 170-81. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.002>.
- N. ALLEMAND, CITEPA. 2003. „Estimation des émissions de polluants liées à la combustion du bois en France“.
- Nadaï, Alain und Dan van der Horst. 2010. „Wind power planning, landscapes and publics“. *Land Use Policy, Forest transitions*, 27 (2): 181-84. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.09.009>.
- „Natura 2000 en Wallonie | La biodiversité en Wallonie“. o. D. Consulté le 7 mars 2019. <http://biodiversite.wallonie.be/fr/natura-2000.html?IDC=829>.
- „normes.pdf“. o. D. Zuletzt abgerufen am 1. März 2019. <http://environnement.wallonie.be/publi/dnf/normes.pdf>.
- Nuyttens, Nina. 2017. „Statistiques d’accidents de la route - IBSR“. [https://mobilit.belgium.be/sites/default/files/2.\\_ibsr-bivv.pdf](https://mobilit.belgium.be/sites/default/files/2._ibsr-bivv.pdf).
- „Opération Combles & clochers Réseau Wallonie Nat.pdf“. o. D.
- Parlement européen. 2018. „RÈGLEMENT (UE) 2018/841 (LULUCF)“.

- Parlement européen et Conseil. 2018. *Directive 2018/2001 du Parlement européen et du Conseil du 11 décembre 2018 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables (refonte)*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>.
- Parlement Wallon. 2014. „Décret climat (M.B. 10.03.2014)“. 2014. <http://environnement.wallonie.be/legis/air/air074.html>.
- Parlement wallon. 2017. *Résolution relative à la mise en œuvre d'une politique wallonne du climat*.
- Pawlowski, L., A. J. Verdier und W. J. Lacy. 1984. „The State of the Environment – Report of UNEP“. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166111608712159?via%3Dihub>.
- PEPA. 2015. „Les principaux polluants et leurs effets sur la santé“. *Perturbateurs Endocriniens Pollution Air*, novembre. <http://www.pepafree.be/articles/principaux-polluants-leurs-effets-sante/?print=pdf>.
- „Pollution avion : pollution atmosphérique avions et activités aéroportuaires“. o. D. Acnusa. Zuletzt abgerufen am 8. Februar 2019. <https://www.acnusa.fr/fr/la-pollution-de-lair/pollution-atmospherique-et-activites-aeroportuaires/113>.
- Pozzer, Andrea, Klaus Klingmüller, Ulrich Pöschl, Jos Lelieveld, Mohammed Fnais, Andreas Daiber und Thomas Münzel. 2019. „Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions“, mars. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz135>.
- Prosenols. o. D. „Le tassement des sols agricoles. Prévenir et remédier“. [https://www.vlm.be/nl/SiteCollectionDocuments/VLM%20West-Vlaanderen/Projecten/PROSENSOLS/PROSENSOLS\\_FR\\_web.pdf](https://www.vlm.be/nl/SiteCollectionDocuments/VLM%20West-Vlaanderen/Projecten/PROSENSOLS/PROSENSOLS_FR_web.pdf).
- Région wallonne. 2001. „Décret portant assentiment à la Convention européenne du paysage“. 20 décembre 2001. <http://environnement.wallonie.be/legis/international/decret035.htm>.
- Région Wallonne. 2010. „Plan Wallonie cyclable“. [http://mobilite.wallonie.be/files/eDocsMobilite/politiques%20de%20mobilit%C3%A9/wallonie%20cyclable/Introduction\\_Plan\\_Wallonie\\_cyclable.pdf](http://mobilite.wallonie.be/files/eDocsMobilite/politiques%20de%20mobilit%C3%A9/wallonie%20cyclable/Introduction_Plan_Wallonie_cyclable.pdf).
- . 2015. *Plan Wallon de lutte contre la pauvreté, synthèse*. <http://luttepauvrete.valid.wallonie.be/sites/default/files/Synthese-PLCP.pdf>.
- . 2016. „Deuxième stratégie de développement durable“. [http://developpementdurable.wallonie.be/sites/default/files/2017-08/Strat%C3%A9gie%20wallonne%20de%20d%C3%A9veloppement%20durable\\_0.pdf](http://developpementdurable.wallonie.be/sites/default/files/2017-08/Strat%C3%A9gie%20wallonne%20de%20d%C3%A9veloppement%20durable_0.pdf).
- . 2018a. *Schéma de Développement du Territoire Projet adopté par le Gouvernement wallon le 12 juillet 2018*. <http://lampspw.wallonie.be/dgo4/tinymce/apps/amenagement/views/documents/amenagement/regional/sdt/projet-sdt-FR.pdf>.
- . 2018b. „Accords de branche « Energie/CO2 » avec les secteurs industriels wallons Rapport public concernant les roadmaps 2050 sectorielles“. <https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/180419-rapport-global-roadmaps-2050.pdf?ID=50743>.
- Reimers, Eigil, Bjørn Dahle, Sindre Eftestøl, Jonathan E. Colman und Eldar Gaare. 2007. „Effects of a power line on migration and range use of wild reindeer“. *Biological Conservation* 134 (4): 484-94. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.08.034>.
- Reporterre. 2019. „Le Larzac se lève contre un projet géant de centrale solaire“. Reporterre, le quotidien de l'écologie. 13 mars 2019. <https://reporterre.net/Le-Larzac-se-leve-contre-un-projet-geant-de-centrale-solaire>.

- Riahi, Keywan, Elmar Kriegler, Nils Johnson, Christoph Bertram, Michel den Elzen, Jiyong Eom, Michiel Schaeffer und al. 2015. „Locked into Copenhagen pledges — Implications of short-term emission targets for the cost and feasibility of long-term climate goals“. *Technological Forecasting and Social Change* 90 (Part A): 8-23. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.09.016>.
- „Risque sismique – Geothermie“. o. D. Zuletzt abgerufen am 15. Februar 2019. <https://geothermie-schweiz.ch/geothermie/erdbebenrisiko/?lang=fr>.
- Roth, Michael, Sebastian Eiter, Sina Röhner, Alexandra Kruse, Schmitz Serge, Bohumil Frantal, Csaba Centeri und al. 2018. „Renewable Energy and Landscape Quality - JOVIS Publishers“. avril 2018. <https://www.jovis.de/en/books/product/renewable-energy-and-landscape-quality.html>.
- RWADE. 2017. „Contribution du RWADE à l’analyse du Plan d’action energie/climat 2030“.
- SAWERYSYN, Jean-Pierre. 2012. „La combustion du bois et ses impacts sur la qualité de l’air“. *Air pur* 81.
- „sectorielle eoliennes“. o. D. Zuletzt abgerufen am 25. Februar 2019. <http://environnement.wallonie.be/legis/pe/pesect074.html>.
- Société des parcs industriels Sorel-Tracy. 2003. „Étude d’impacts sur l’environnement – Dragage dans l’embouchure de la rivière Richelieu“.
- Sørensen, Peter Birch, Jørgen Elmeskov, Pia Frederiksen, Jette Bredahl Jacobsen, Niels Buus Kristensen, Poul Erik Morthorst und Katherine Richardson. 2017. „Transition Towards 2030, Building Blocks for a Low-Carbon Society, Main Conclusions“, 28.
- SPAQUE. 2016. „SPAQuE installe 3.844 panneaux photovoltaïques sur le site SAFEA à La Louvière - SPAQuE“. 17 mai 2016. <http://www.spaque.be/0114/fr/1213/La-Louviere-SPAQuE-installe-3.844-panneaux-photovoltaïques-sur-le-site-SAFEA?Archive=0&TownID=6>.
- SPF Environnement, Climact, en collaboration avec Prof. Th. Bréchet (UCL) und Bureau fédéral du Plan et Oxford Economics. 2016. „Les impacts macroéconomiques de la transition bas carbone en Belgique: Principaux résultats“.
- SPW - DGO3 - DEMNA - DEE. 2017. „Rapport sur l’état de l’environnement wallon 2017. SPW Éditions : Jambes, Belgique. En ligne. <http://etat.environnement.wallonie.be>“.
- SPW DGO3. 2018. „Indicateurs de flux de matières“. 11 janvier 2018. <http://etat.environnement.wallonie.be/contents/indicatorsheets/RESS%201.html>.
- SPW DGO4, CLIMACT, 3E und BPIE. 2017. „Stratégie Wallonne de Rénovation Énergétique à Long Terme Du Bâtiment“. <https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/strategie-wallonne-a-long-terme-pour-la-renovation-energetique-des-batiment.pdf?ID=47301>.
- SPW Energie et AWAC. 2019. „Plan Air Climat Energie à l’horizon 2030, version 08 du 18 février 2019“.
- Steffen, Will, Johan Rockström, Katherine Richardson, Timothy M. Lenton, Carl Folke, Diana Liverman, Colin P. Summerhayes und al. 2018. „Trajectories of the Earth System in the Anthropocene“. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115 (33): 8252-59. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>.
- Trieb, Franz, Christoph Schillings, Thomas Pregger und Marlene O’Sullivan. 2012. „Solar electricity imports from the Middle East and North Africa to Europe“. *Energy Policy* 42: 341-53. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.091>.
- UK Government. 2016. „The Carbon Budget Order 2016“, 2.
- ULg - GemblouxAgroBioTech und ICEDD. 2013. „Rapport sur les incidences environnementales de la carte positive de référence traduisant le cadre de référence actualisé relatif au grand éolien en région wallonne“.



- Voet, E. van der, R. Salminen, M. Eckelman, T. Norgate, G. Mudd, R. Hisschier und A. de Koning. 2013. „Environmental challenges of anthropogenic metals flows and cycles. United Nations Environment Programme.“  
[http://orbit.dtu.dk/files/54666484/Environmental\\_Challenges\\_Metals\\_Full\\_Report.pdf](http://orbit.dtu.dk/files/54666484/Environmental_Challenges_Metals_Full_Report.pdf)
- World health Organisation. 2015. „Residential heating with wood and coal : health impacts and policy options in Europe and North America“.
- World Health Organization. 2014. *Quantitative Risk Assessment of the Effects of Climate Change on Selected Causes of Death, 2030s and 2050s*.  
[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/134014/1/9789241507691\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/134014/1/9789241507691_eng.pdf).
- Zhu, Ke, Liang Fang, Nairen Diao und Zhaohong Fang. 2017. „Potential Underground Environmental Risk Caused by GSHP Systems“. *Procedia Engineering* 205: 1477-83.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.371>.



# Anlage





# Anlage 1

---

## Liste der Abkürzungen

BAT: Best Available Technologies

CCNUCC: Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques/Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (englisch: UNFCCC)

CCC: Committee on Climate Change (Klimarat)

CCS: Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (carbon capture and sequestration)

CCU: Kohlenstoffabscheidung und -nutzung (carbon capture and utilisation)

GRE: Gesetzbuch für territoriale Entwicklung

COP: Conference Of the Parties (Vertragsstaatenkonferenz)

VOC: Flüchtige organische Verbindungen

CSP: Concentrated Solar Power (Konzentrierte Solarenergie)

ETS: Emission Trading System (Emissionshandel-System)

THG: Treibhausgas

GIEC: Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat - Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimafragen

GW: Gigawatt (Leistungseinheit) =  $10^6$  kW

GWh: Gigawattstunde(Energieeinheit) =  $10^6$  kWh

PAK: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

IBSR: Institut Belge de la Sécurité Routière - Belgisches Institut für die Straßenverkehrssicherheit

kW: Kilowatt (Leistungseinheit)

kWh: Kilowattstunde(Energieeinheit)

LRTAP: Long-range Transboundary Air Pollution

LULUCF: Land Use, Land Use Change & Forestry

TSS: Schwebstoffe

MW: Megawatt (Leistungseinheit) =  $10^3$  kW

MWh: Megawattstunde (Energieeinheit) = 103 kWh

PACE: Plan Air Climat Energie - Luft-Klima-Energie-Plan

PM: Particule Matters (Feinstaub)

PNEC: Nationaler Energie-Klima-Plan

PWEC: Plan Wallon Energie Climat - Wallonischer Energie-Klima-Plan

RIE: Umweltbericht

F&E: Forschung und Entwicklung





## **Forschungs- und Beratungsinstitut für nachhaltige Entwicklung**

Boulevard Frère Orban 4  
B-5000 NAMUR  
00 32 81 25 04 80  
[www.icedd.be](http://www.icedd.be)  
[icedd@icedd.be](mailto:icedd@icedd.be)

Handelsregisternummer : k. A.  
USt-Nr : BE0407.573.214  
Vertreten durch : Gauthier Keutgen, Generalsekretär  
Kontoverbindung : BE59 5230 4208 3426 / BIC TRIOBEBB